1. INTERNATIONAL ORDU

MODERN SCIENTIFIC RESEARCH CONGRESS

April 13-14, 2026 - ORDU, TÜRKİYE





EDITORS

Prof. Dr. Tuğrul ÖZCAN

Prof. Dr. Kemal SAYLAN

ISBN: 979-8-89695-406-4

FULL TEXTS BOOK

VOLUME - II

1. INTERNATIONAL ORDU SCIENTIFIC RESEARCH CONGRESS

April 13-14, 2026 - Ordu University, Türkiye

15.05.2026

Liberty Publishing House

Water Street Corridor New York, NY 10038

www.libertyacademicbooks.com

+1 (314) 597-0372

ALL RIGHTS RESERVED NO PART OF THIS BOOK MAY BE REPRODUCED IN ANY FORM, BY PHOTOCOPYING OR BY ANY ELECTRONIC OR MECHANICAL MEANS, INCLUDING INFORMATION STORAGE OR RETRIEVAL SYSTEMS, WITHOUT PERMISSION IN WRITING FROM BOTH THE COPYRIGHT OWNER AND THE PUBLISHER OF THIS BOOK.

© Liberty Academic Publishers 2026

The digital PDF version of this title is available Open Access and distributed under the terms of the Creative Commons Attribution-Non-Commercial 4.0 license (http://creativecommons. org/licenses/by-nc/4.0/) which permits adaptation, alteration, reproduction and distribution for noncommercial use, without further permission provided the original work is attributed. The derivative works do not need to be licensed on the same terms.

adopted by Mariam Rasulan

FULL TEXTS BOOK

ISBN: 979-8-89695-406-4

CONGRESS ID

CONGRESS TITLE

1st INTERNATIONAL ORDU SCIENTIFIC RESEARCH CONGRESS

DATE AND PLACE

April 13-14, 2026 / Ordu University, Türkiye

ORGANIZATION

ORDU UNIVERSITY

İKSAD INSTITUTE

ORDU METROPOLITAN MUNICIPALITY

EDITORS

Prof. Dr. Tuğrul ÖZCAN

Prof. Dr. Kemal SAYLAN

COORDINATOR

Samet KUŞKIRAN

PARTICIPANTS COUNTRY (35 countries)

TÜRKİYE, UZBEKISTAN, VIETNAM, AZERBAIJAN, NIGERIA, USA, HUNGARY, UNITED ARAB EMIRATES, GEORGIA, INDIA, MOROCCO, BANGLADESH, KOSOVO, SAUDI ARABIA, GUINEA, MALAYSIA, AUSTRALIA, MOLDOVA, BULGARIA, ALGERIA, ROMANIA, RUSSIA, UKRAINE, ITALY, SERBIA, IRAQ, INDONESIA, KAZAKHSTAN, KOREA, CAMEROON, NORTH MACEDONIA, PORTUGAL, PHILIPPINES, GERMANY, BRASIL

Total Accepted Article: 577

Total Rejected Papers: 81

Accepted Article (Türkiye): 276

Accepted Article (Other Countries): 301

ISBN: 979-8-89695-406-4

1st INTERNATIONAL ORDU SCIENTIFIC RESEARCH CONGRESS

April 13-14, 2026 / Ordu University, Ordu, Türkiye

15.05.2026

REF: Akademik Teşvik

İlgili makama;

1. Uluslararası Ordu Modern Bilimsel Araştırmalar Kongresi, 13-14 Nisan 2026 tarihleri arasında Ordu'da 35 farklı ülkenin (Türkiye 276 bildiri- Diğer ülkeler 301 bildiri) akademisyen/araştırmacılarının katılımıyla gerçekleşmiştir

Kongre 16 Ocak 2020 Akademik Teşvik Ödeneği Yönetmeliğine getirilen "Tebliğlerin sunulduğu yurt içinde veya yurt dışındaki etkinliğin uluslararası olarak nitelendirilebilmesi için Türkiye dışında en az beş farklı ülkeden sözlü tebliğ sunan konuşmacının katılım sağlaması ve tebliğlerin yarıdan fazlasının Türkiye dışından katılımcılar tarafından sunulması esastır." değişikliğine uygun düzenlenmiştir.

Bilgilerinize arz edilir,

Saygılarımla

Prof. Dr. Nilgün ULUTAŞDEMİR
CONGRESS PRESIDENT

T.C.
ORDU ÜNİVERSİTESİ REKTÖRLÜĞÜ
Tıp Fakültesi Dekanlığı

Tarih: 09/04/2026 11:10
Sayı: E-90994112-900-1271711
Tıp Fakültesi Dekanlığı
0001271711

Sayı : E-90994112-900-1271711 09.04.2026
Konu : Akademik Temsilci Görevlendirmesi
(Prof. Dr. Nilgün ULUTAŞDEMİR)

Sayın Prof. Dr. Nilgün ULUTAŞDEMİR
Öğretim Üyesi

İlgi : 08.04.2026 tarihli ve E.1271416 sayılı dilekçeniz.

İlgi'de kayıtlı dilekçe ile talep edilen; "1. Uluslararası Modern Bilimsel Araştırmalar Kongresi"nde akademik temsilci olarak görev almanız Dekanlığımızca uygun bulunmuştur.

Bilgilerini ve gereğini rica ederim.

Prof. Dr. Hakan TİMUR
Dekan

Bu belge, güvenli elektronik imza ile imzalanmıştır.

Belge Doğrulama Kodu: 2C25180D-9EE2-46DE-9796-693746146833 Belge Doğrulama Adresi: https://www.turkiye.gov.tr/ordu-universitesi-ebys

Adres: Cumhuriyet Yerleşkesi Tıp Fakültesi
Ayrıntılı bilgi için: Elif Büşra YEŞİLTEPE
Telefon:04522265214 / Faks: 04522265228
Unvan: Sürekli İşçi
e-posta: elifbusrayesiltepe@odu.edu.tr Elektronik Ağ: http://www.odu.edu.tr/ KEP : ordunuversitesi@hs01.kep.tr

Evrakın elektronik imzalı suretine https://www.turkiye.gov.tr/ordu-universitesi-ebys adresinden 2c25180d-9ee2-46de-9796-693746146833 kodu ile ulaşabilirsiniz.
Bu belge 5070 sayılı kanuna göre güvenli elektronik imza ile imzalanmıştır.

CONGRESS HONORARY PRESIDENT

Prof. Dr. Orhan BAŞ

Rector of Ordu University, Türkiye

CONGRESS PRESIDENT

Prof. Dr. Nilgün ULUTAŞDEMİR

Faculty of Medicine, Ordu University, Türkiye

ORGANIZING COMMITTEE PRESIDENT

Prof. Dr. Hakan TİMUR

Dean of Faculty of Medicine, Ordu University, Türkiye

ORGANIZING COMMITTEE MEMBER

Prof. Dr. Ananda Majumdar
University of Alberta, Canada

Prof. Dr. Cristina Raluca Gh. Popescu
University of Bucharest, Romanıa

Prof. Dr. Taoufiq KADRI
Abdelmalek Essaadi University, Morocco

Prof. Dr. Abdellah MOUSTAGHFIR
Mohammed V University, Morocco

Prof. Dr. Fatih ÖNER
Ordu University, Türkiye

Prof. Dr. Selahattin MADEN
Ordu University, Türkiye

Prof. Dr. Ufuk UĞUR
Ordu University, Türkiye

Prof. Dr. Saime ŞAHİNÖZ
Ordu University, Türkiye

Prof. Dr. Tuğrul ÖZCAN
Ordu University, Türkiye

Prof. Dr. Kemal SAYLAN
Ordu University, Türkiye

Prof. Dr. Taşkın KILIÇ
Ordu University, Türkiye

Prof. Assoc. Dr. Jonida Bushi (Gjuzi)
Tirana University, Albania

Assoc. Prof. Dr. Mücahit SEÇME
Ordu University, Türkiye

Assoc. Prof. Dr. Burkay CEVAHİRCİOĞLU
Ordu University, Türkiye

Assoc. Prof. Dr. Damla TORUL
Ordu University, Türkiye

Assoc. Prof. Dr. Nevin GÜNAYDIN
Ordu University, Türkiye

Assist. Prof. Dr. Elza Bitsadze
Akaki Tsereteli State University, Georgia

Assist. Prof. Dr. Tuba GÜL
Ordu University, Türkiye

Assist. Prof. Dr. Hatice HANCI KARA
Ordu University, Türkiye

Assist. Prof. Dr. YELİZ KAŞKO ARICI
Ordu University, Türkiye

Assist. Prof. Dr. Yusuf DEMİRTAŞ
Ordu University, Türkiye

Assist. Prof. Dr. Türkan Mutlu YAR
Ordu University, Türkiye

Dr. Ivan Pavlovic
Scientific Institute of Veterinary Medicine of Serbia, Serbia

Dr. Moses Adeolu Agoi
College of Information and Technology Education, Nıgeria

Dr. Alan Reed LIBERT
University of Newcastle, Australıa

Specialist Dr. Emrah ÇELENK
Ordu Provincial Health Directorate, Türkiye

SCIENTIFIC ADVISORY COMMITTEE

Prof. Dr. Ananda Majumdar
University of Alberta, Canada

Prof. Dr. Cristina Raluca Gh. Popescu
University of Bucharest, Romanıa

Prof. Dr. Taoufiq KADRI
Abdelmalek Essaadi University, Morocco

Prof. Dr. Ahmet Tevfik SÜNTER
Ondokuz Mayıs University, Türkiye

Prof. Dr. Ferdi TANIR
Çukurova University, Türkiye

Prof. Dr. Duygu VEFİKULUÇAY YILMAZ
Mersin University, Türkiye

Prof. Dr. Özlem KARABULUTLU
Kafkas University, Türkiye

Prof. Dr. Afşin Ahmet KAYA
Ondokuz Mayıs University, Türkiye

Prof. Dr. Cavit YAVUZ
Ordu University, Türkiye

Prof. (Assoc.) Antanas Juostas
Vytautas Magnus University, Lithuania

Assoc. Prof. Eng. Nadezhda Petkova
University of Food Technologies, Bulgaria

Assoc. Prof. Dr. Aşkın Keskin KAPLAN
Altınbaş University, Türkiye

Assoc. Prof. Dr. Vasfiye BAYRAM DEĞER
Mardin Artuklu University, Türkiye

Assoc. Prof. Dr. Halil AY
Gaziantep University, Türkiye

Assoc. Prof. Dr. Ceren VARER AKPINAR
Giresun University, Türkiye

Assoc. Prof. Dr. Hacı Ali ÇAKICI
Ordu University, Türkiye

Assoc. Prof. Dr. Erdal ARI
Ordu University, Türkiye

Assoc. Prof. Dr. Yılmaz SEZGİN
Trabzon University, Türkiye

Assoc. Prof. Dr. Emel BAHADIR
Giresun University, Türkiye

Assoc. Prof. Dr. Yeşim BAYRAKDAROĞLU
Gümüşhane University, Türkiye

Assoc. Prof. Dr. Gizem YILDIZ
Gümüşhane University, Türkiye

Assoc. Prof. Dr. Gülhan YİĞİTALP
Dicle University, Türkiye

Assoc. Prof. Dr. Ebru ÖZTÜRK ÇOPUR
Kilis 7 Aralık University, Türkiye

Assoc. Prof. Dr. Çağla YIĞITBAŞ
Giresun University, Türkiye

Assist. Prof. Dr. Farhana NAZ
Lahore College for Women University, Pakistan

Assist. Prof. Dr. Elza Bitsadze
Akaki Tsereteli State University, Georgia

Assist. Prof. Dr. Süreyya RENÇBER YİĞİTALP
Batman University, Türkiye

Assist. Prof. Dr.Esra ERTEMÜR
Kastamonu University, Türkiye

Assist. Prof. Dr.Yusuf DEMİRTAŞ
Ordu University, Türkiye

Assist. Prof. Dr. Nurşen KULAKAÇ
Gümüşhane University, Türkiye

Assist. Prof. Dr.Cemile AKTUĞ
Gümüşhane University, Türkiye

Dr. Vera ABRAMENKOVA
Russian Institute of Family Studies, Russia

Dr. Duong To Quoc Thai
Dong Thap University, Vietnam

Dr. Zekirja Shabani
Albanology Institute – Prishtina

Dr. Ivan Pavlovic
Scientific Institute of Veterinary Medicine of Serbia, Serbia

Dr. Moses Adeolu Agoi
College of Information and Technology Education, Nıgeria

Dr. Alan Reed LIBERT
University of Newcastle, Australıa

Dr. Anastasia Romanova
Academy of Economic Studies of Moldova, Moldova

Dr. Daniel Tchorkpa Yokossi
University of Abomey-Calavi Benın

Dr. Bela Kovacs
The University of Miskolc Hungary

Lect. PhD Irina-Ana Drobot
Technical University of Civil Engineering Bucharest Romanıa

Lect. Emmanuel Ugochukwu ANASO
Yakubu Gowon University, Nıgeria

PHOTO GALLERY





PHOTO GALLERY





PHOTO GALLERY





PHOTO GALLERY





PHOTO GALLERY



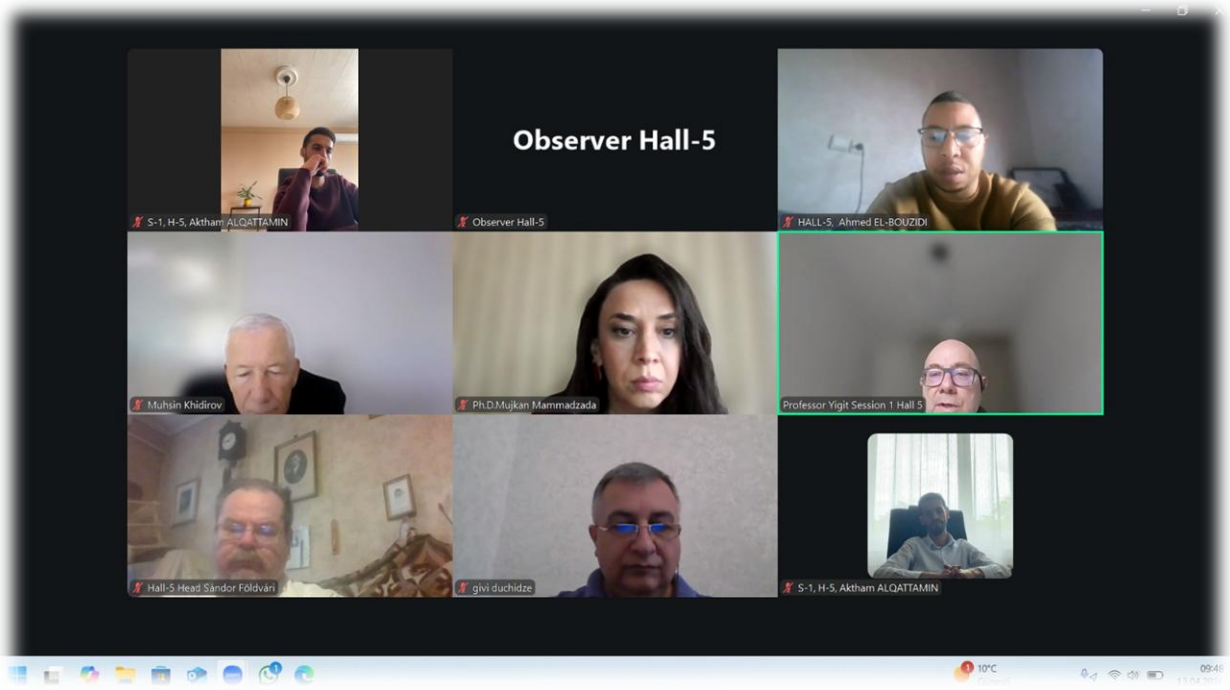


PHOTO GALLERY





PHOTO GALLERY



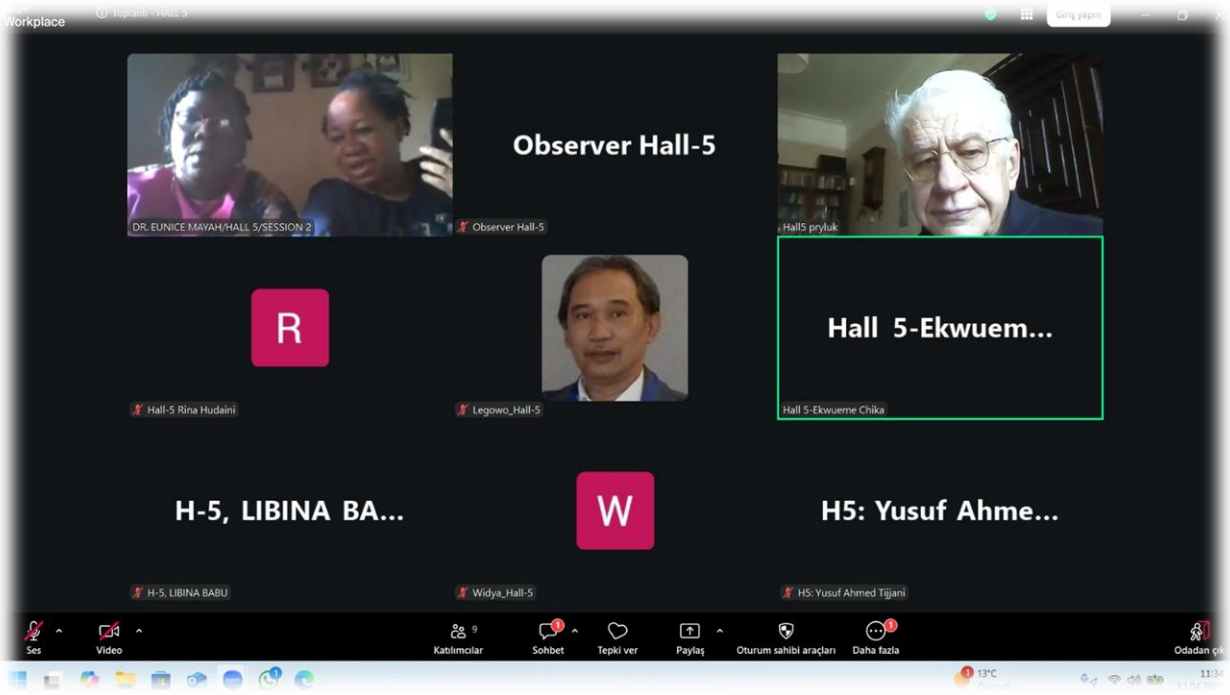
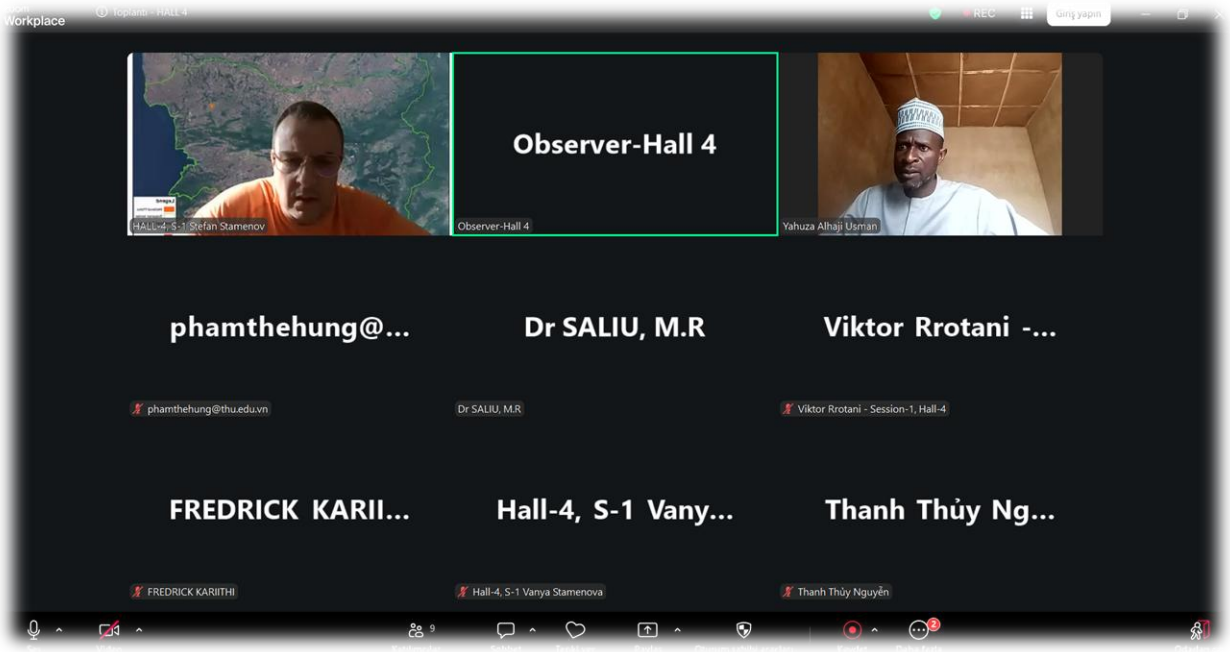


PHOTO GALLERY



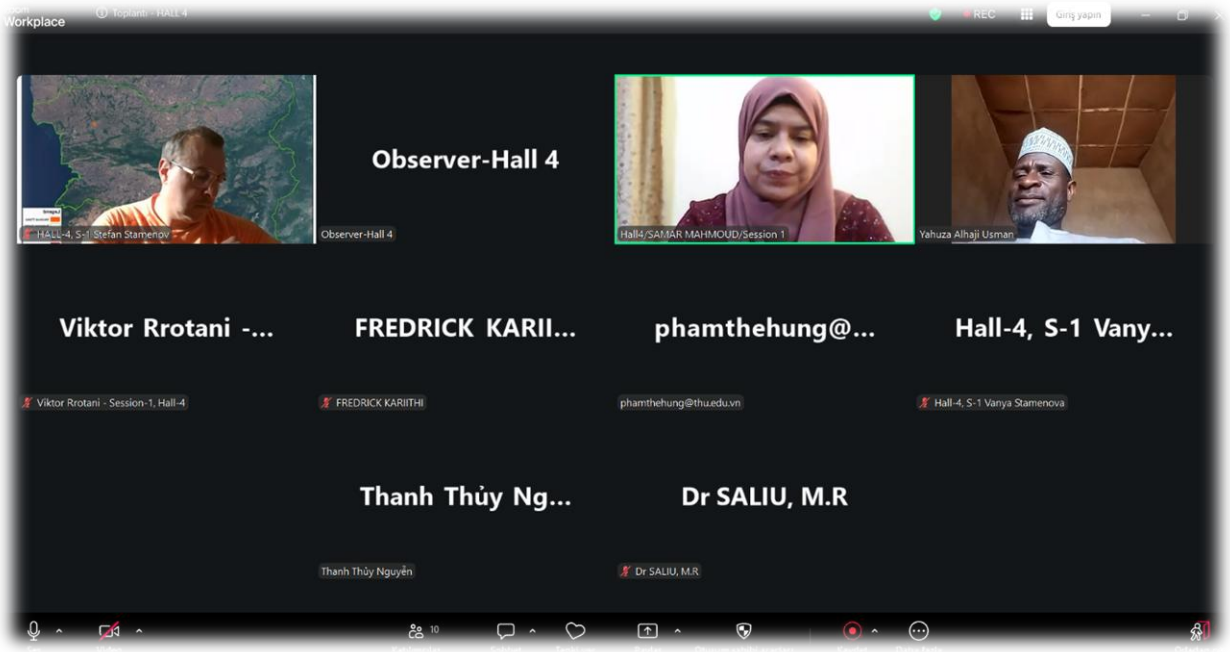
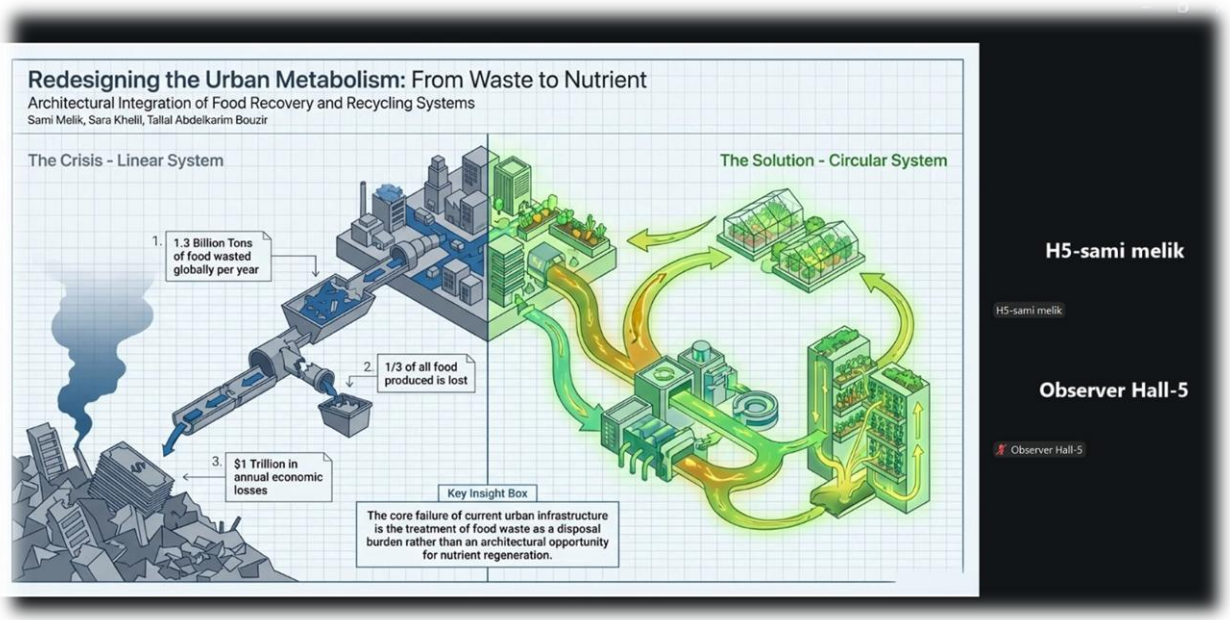


PHOTO GALLERY



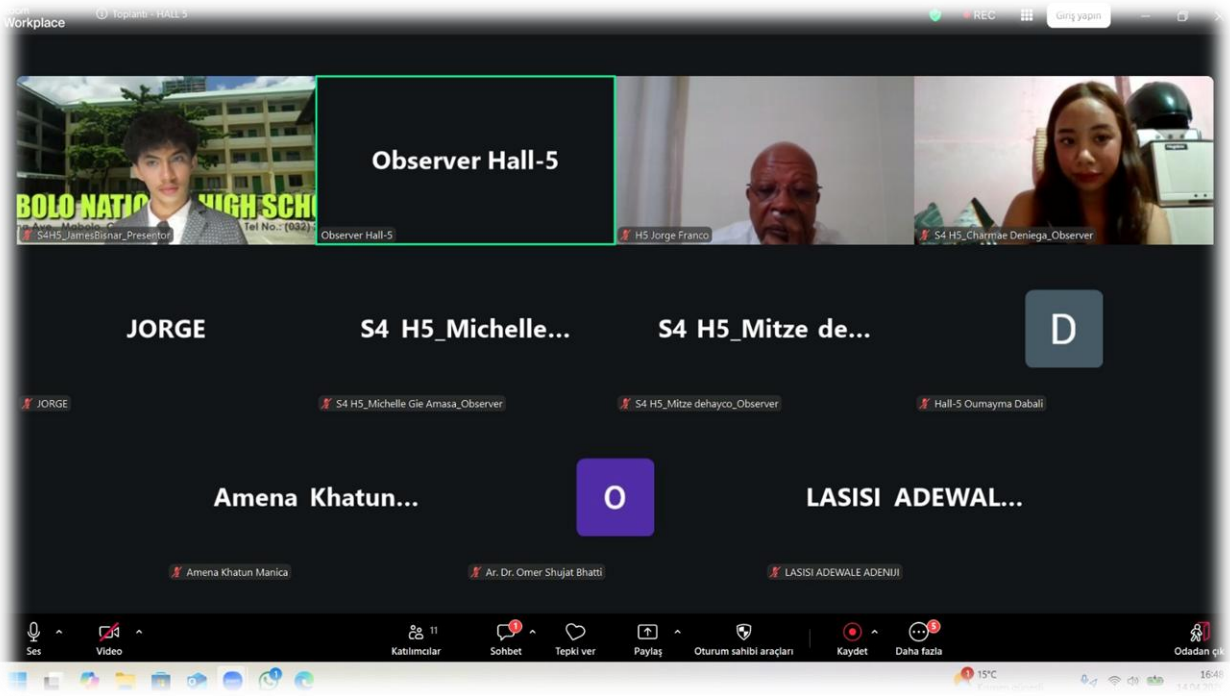


PHOTO GALLERY





PHOTO GALLERY

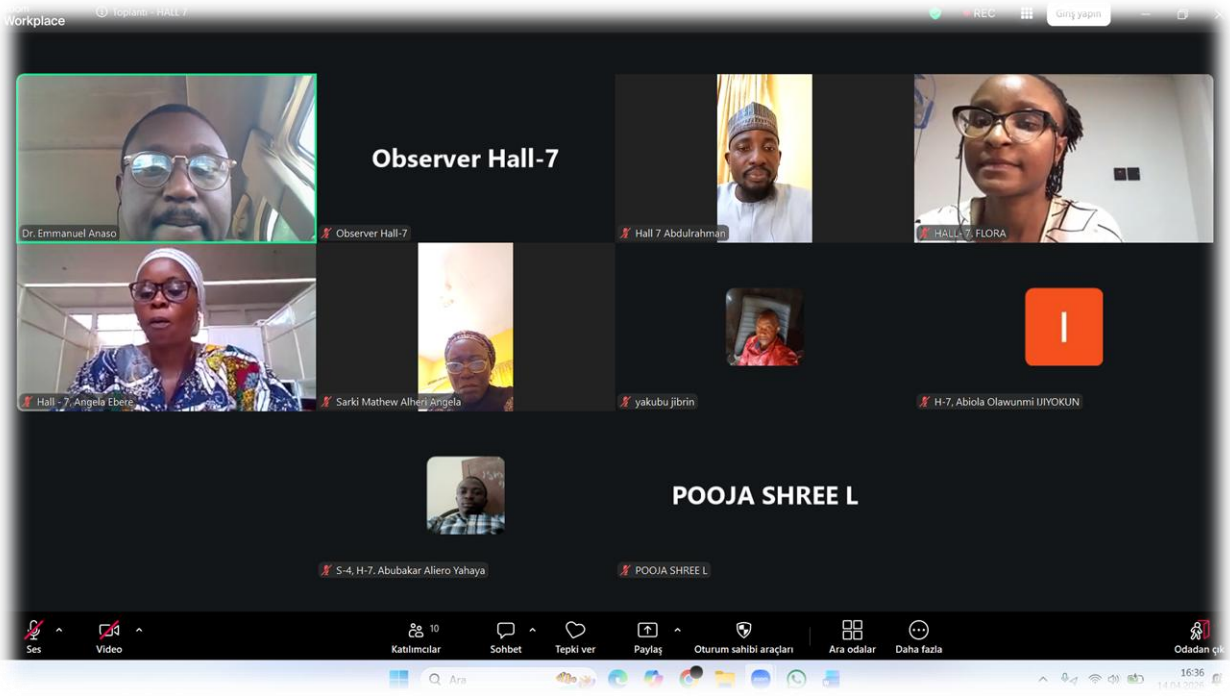
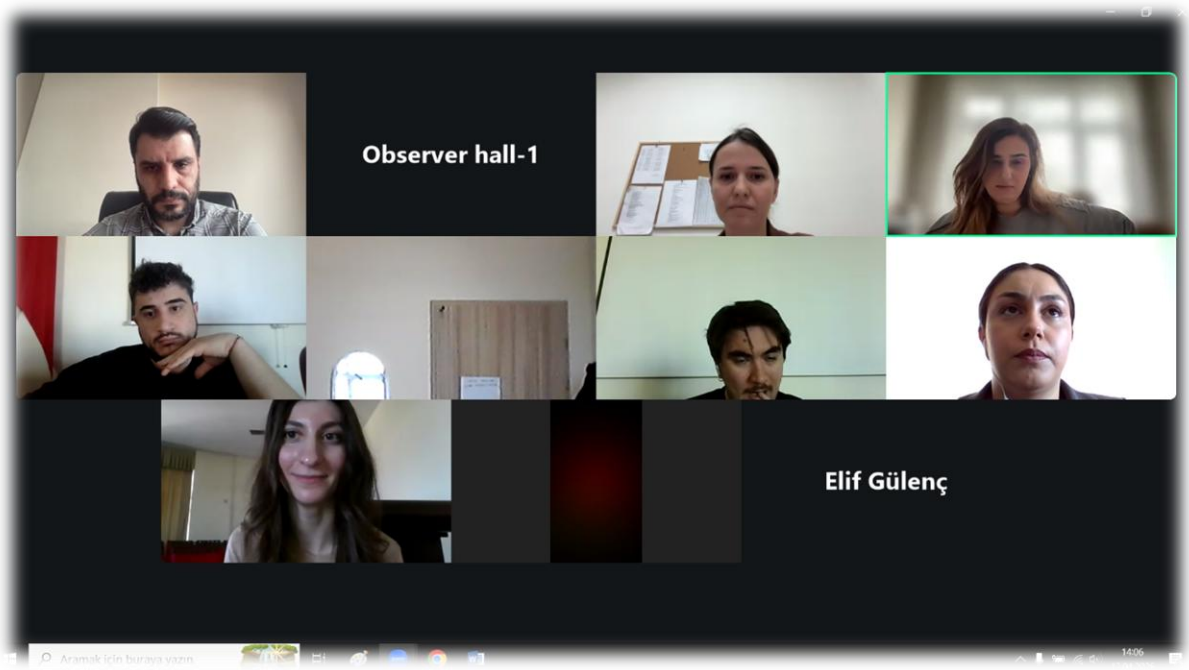




PHOTO GALLERY



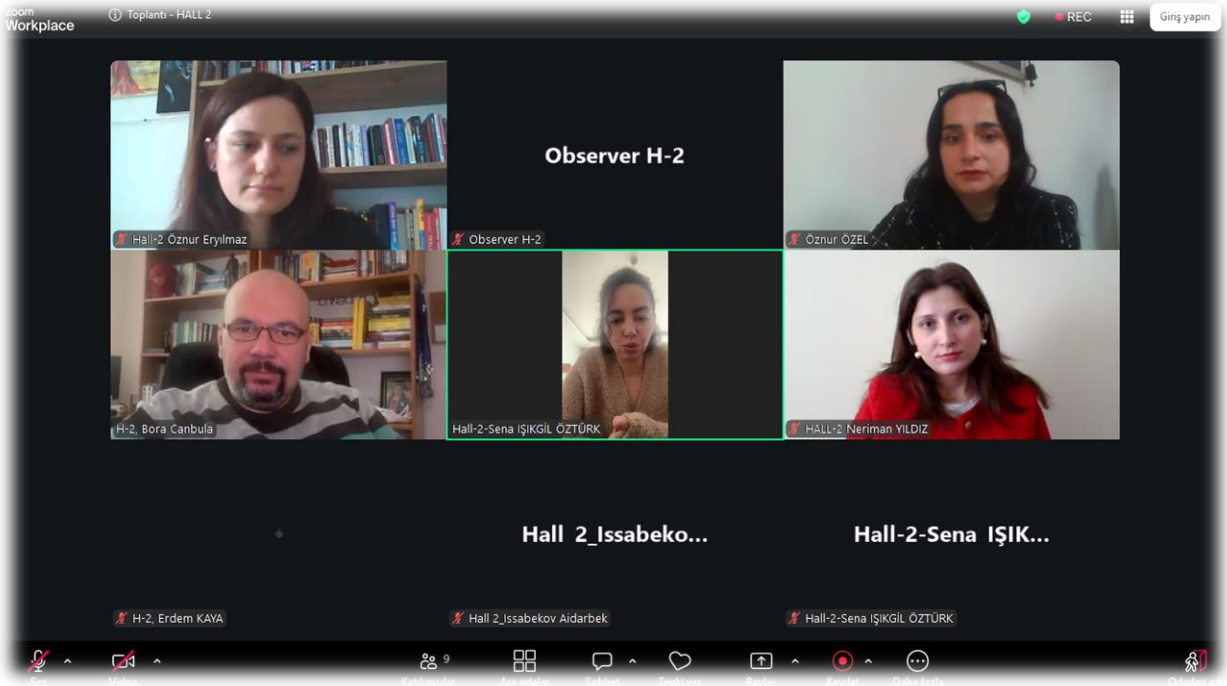


PHOTO GALLERY



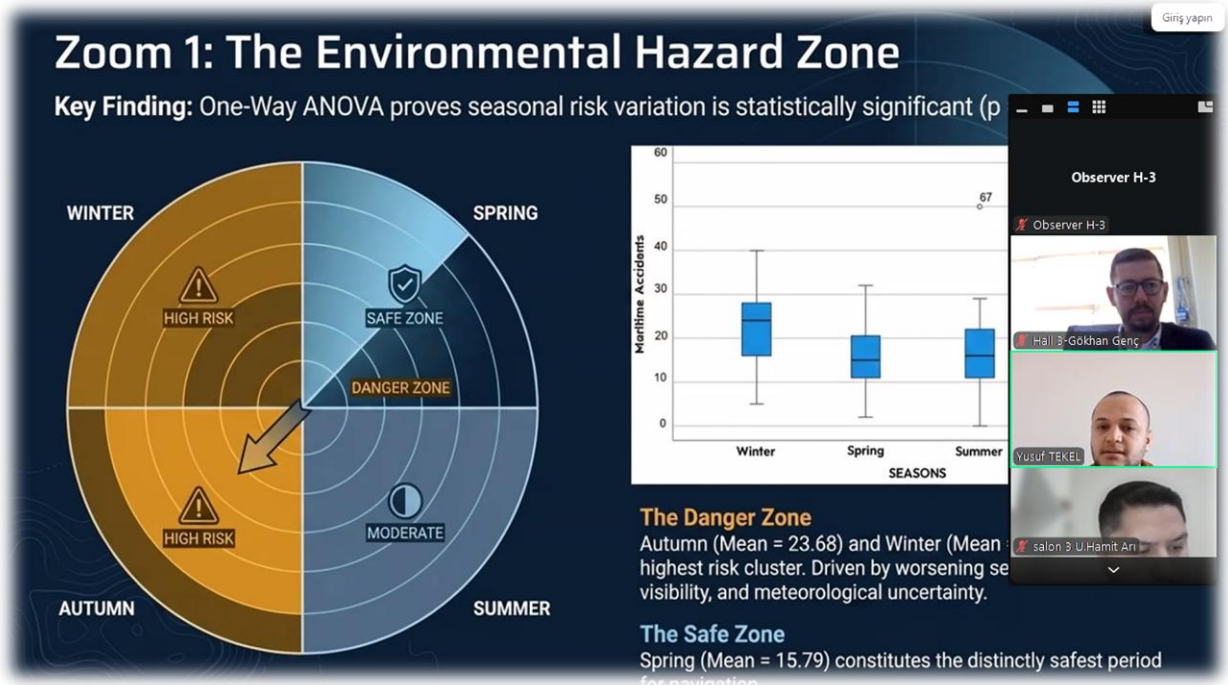


PHOTO GALLERY



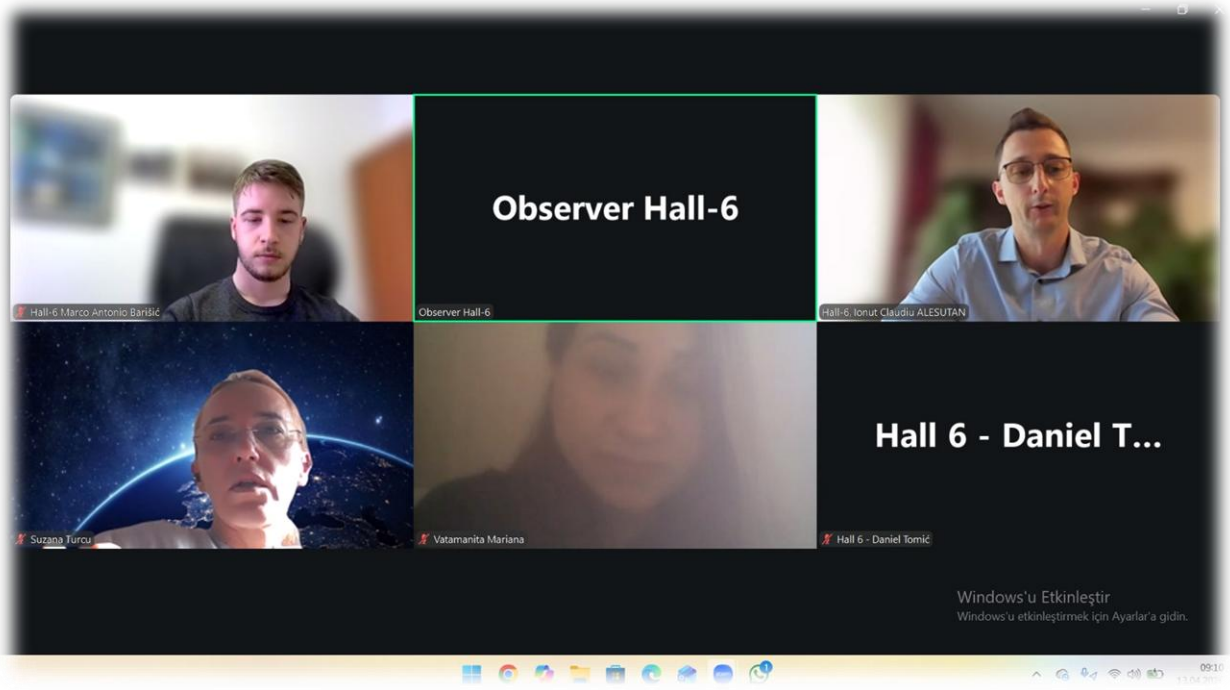
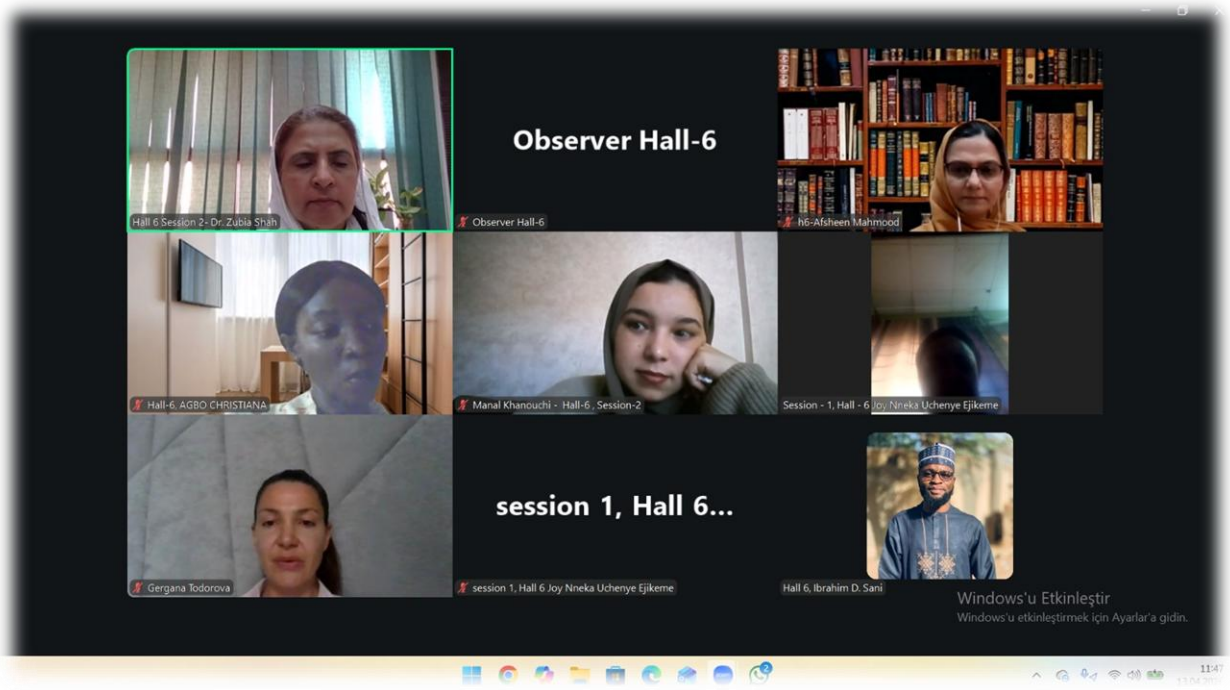
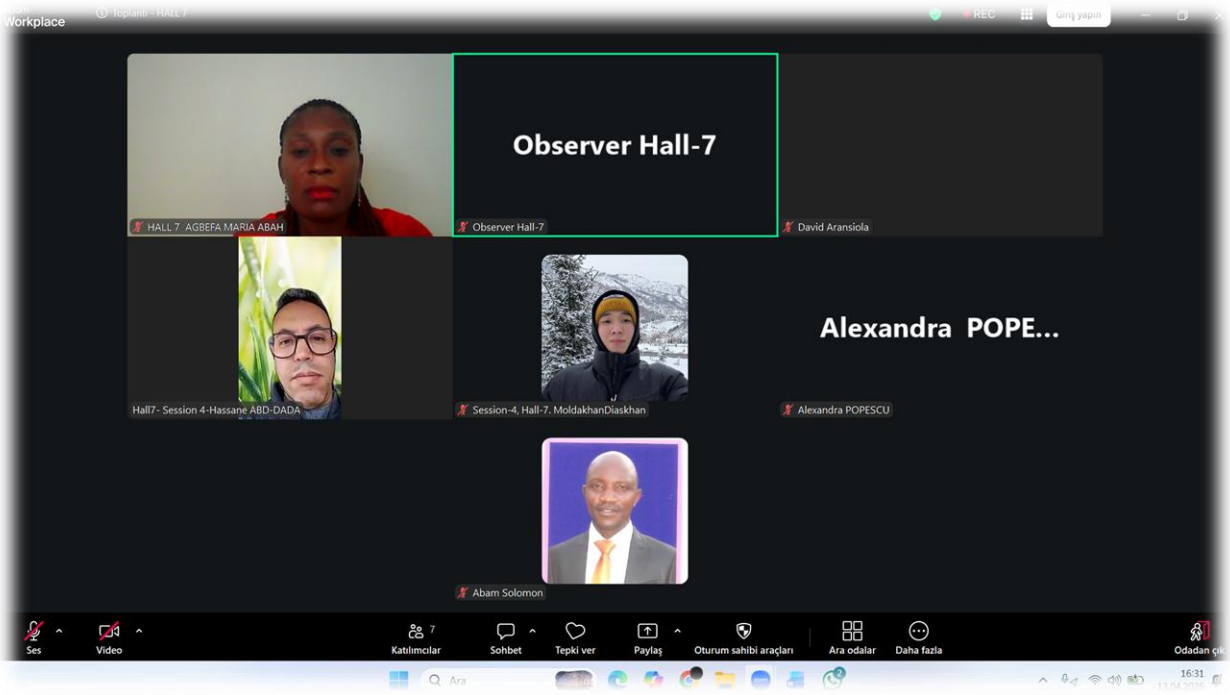


PHOTO GALLERY





1st INTERNATIONAL ORDU SCIENTIFIC RESEARCH CONGRESS

April 13-14, 2026 / Ordu University, Türkiye

In-person Congress Program



OPENING CEREMONY

April 13.04. 2026 / Ankara Local Time: 09:30- 10:30
Place: Ordu Üniversitesi Tıp Fakültesi Zemin Kat Morfoloji Konferans Salonu

Prof. Dr. Nilgün ULUTAŞDEMİR
Congress President

Prof. Dr. Sanobar ASHUROVA
Institute for the Development of Vocational Education

Dr. Mustafa Latif EMEK
President of IKSAD Institute

Prof. Dr. Orhan BAŞ
Rector of Ordu University

Dr. Mehmet Hilmi GÜLER
Mayor of Ordu Metropolitan Municipality

Muammer EROL
Governor of Ordu

KEYNOTE SPEECH

April 13.04. 2026 / Ankara Local Time: 10:30- 11:30
Place: Ordu Üniversitesi Tıp Fakültesi Zemin Kat Morfoloji Konferans Salonu

Prof. Dr. Oktay YILDIZ - Rector of Gümüşhane University
Proje Ekosistemi ve Fikri Sınai Mülkiyet Hakları

Prof. Dr. Ferdi TANIR - Çukurova University, Faculty of Medicine, Department of Public Health, Faculty Member.
Kamu Üniversitesinde İSG Yapılanması: Çukurova Üniversitesi Örneği

Tahsin ÇOL- OYAK GROUP - SAGRA Factory, External Relations Specialist
Gıdanın Geleceği: Sağlık ve Sürdürülebilirlik Arasında Yeni Denge

13.04.2026
OTURUM 1- Tıp Fakültesi Zemin Kat Morfoloji Konferans Salonu
Ankara Local Time: 13:00 – 15:00
Moderator: Assoc. Prof. Dr. Hakan GÜNGÖR, Assist. Prof. Dr. Faruk YÜKSEL

Title	Author(s)	Affiliation
Abduraxmonova Nigora Kalandarovna	Institute for the Development of Vocational Education UZBEKISTAN	CHARACTERISTICS OF ENSURING THE ECONOMIC INDEPENDENCE OF RURAL WOMEN THROUGH SUPPORTING AND DEVELOPING WOMEN'S ENTREPRENEURSHIP
Abdulkhaeva Gulshoda Isakjon qizi	Institute for the Development of Vocational Education UZBEKISTAN	CONTEMPORARY APPROACHES TO THE OPTIMISATION OF LOGISTICS PROCESSES AT ENTERPRISES: THEORETICAL FOUNDATIONS AND PRACTICAL SOLUTIONS
U.R. Musaeva	Institute for the Development of Vocational Education UZBEKISTAN	CONTEMPORARY APPROACHES TO THE ASSESSMENT OF PROFESSİONAL COMPETENCİES İN LEARNERS
Shakırov Elyor Borıbayevıch	Institute for the Development of Vocational Education UZBEKISTAN	TRANSVERSAL COMPETENCIES AS A KEY FACTOR IN THE DEVELOPMENT OF A MODERN SPECIALIST
S. Yu. Ashurova	Institute for the Development of Vocational Education UZBEKISTAN	THEORETICAL MODELS OF THE LEARNER-CENTRED APPROACH IN THE VOCATIONAL EDUCATION SYSTEM AND THEIR COMPARATIVE ANALYSIS
Kuchkarov Diyorbek Ulugbekovich	Institute for the Development of Vocational Education UZBEKISTAN	THE ROLE OF A HIGH-QUALITY INFORMATION AND EDUCATIONAL ENVIRONMENT IN THE DEVELOPMENT OF PROFESSIONAL COMPETENCE OF AN EDUCATOR
Alijonov Utkirjon Makhamadalievich	Institute for the Development of Vocational Education UZBEKISTAN	THEORETICAL ASPECTS OF IMPLEMENTING THE DUAL FORM OF EDUCATION IN THE VOCATIONAL TRAINING SYSTEM
K. T. Umatalieva K.B. Alisherov	Institute for the Development of Vocational Education UZBEKISTAN University of World Economy and Diplomacy UZBEKISTAN	THEORETICAL AND METHODOLOGICAL FOUNDATIONS OF THE CONCEPT OF &PROFESSIONAL COMPETENCE & IN THE PEDAGOGY OF VOCATIONAL EDUCATION
Sirojiddinova Nodira Rivojiddinovna	Institute for the Development of Vocational Education UZBEKISTAN	APPLICATION OF INTERNATIONAL EXPERIENCE IN UZBEKISTAN: PRACTICAL MECHANISMS AND ESSENTIAL PREREQUISITES
Karimova Nozima Nurmuhamadovna	Institute of Pedagogical Innovations UZBEKISTAN	DYNAMICS OF CHANGE IN THE TRAJECTORY OF EDUCATION IN THE 21ST CENTURY
Gafurova Zebo Orifjonovna	Institute of Pedagogical Innovations UZBEKISTAN	FORMATION OF PROFESSIONAL COMPETENCE OF FUTURE SPECIALISTS IN ECONOMICS WITHIN THE PROFESSIONAL EDUCATION SYSTEM
A.Z. Ganieva	Independent Researcher UZBEKISTAN	CONCEPTUAL FOUNDATIONS AND SOCIAL PARTNERSHIP PRINCIPLES OF INNOVATIVE MANAGEMENT OF PRESCHOOL EDUCATIONAL ORGANIZATIONS UNDER DUAL EDUCATION CONDITIONS
Gaffarov Feruz Xasanovich Temirov Xushnud Jamalovich	Pusan University UZBEKISTAN Institute of Pedagogical Innovations UZBEKISTAN	INTERNATIONAL EXPERIENCES IN ORIENTING EDUCATION MANAGEMENT TOWARD EFFECTIVE RESULTS IN A DIGITALIZED ENVIRONMENT
Azizova Asalkhon Ruslankhon qizi	Institute of Pedagogical Innovations UZBEKISTAN	IMPROVING THE METHODOLOGICAL SUPPORT FOR PERSONNEL TRAINING BASED ON JOINT EDUCATIONAL PROGRAMMES IN VOCATIONAL EDUCATION INSTITUTIONS
Gaffarov Feruz Xasanovich	Pusan University UZBEKISTAN	INTERNATIONAL EXPERIENCES IN ORIENTING EDUCATION MANAGEMENT TOWARD EFFECTIVE RESULTS IN A DIGITALIZED ENVIRONMENT

13.04.2026
OTURUM-2 Tıp Fakültesi 2. Kat Amfi 2
Ankara Local Time: 13:00 – 15:00
Moderator:
Prof. Dr. Özlem KARABULUTLU, Assist. Prof. Dr. Süreyya YİĞİTALP RENÇBER

Title	Author(s)	Affiliation
Ahmad Mohammed Ramdan ABUDAİ Prof. Dr. Sakine UGURLU KARAAĞAÇ	Karabük University TÜRKİYE	INDUSTRIAL WASTEWATER TREATMENT USING PLANT-BASED NATURAL COAGULANT (PEACH SEED POWDER)
Atheer Ali Awwad ALHAMDAN Prof. Dr. Sakine UGURLU KARAAĞAÇ	Karabük University TÜRKİYE	DETERMINATION OF THE EFFECTIVENESS OF Na SULFONATE AS A NATURAL COAGULANT IN COLOR REMOVAL FROM TEXTILE WASTEWATER
Fatma AKPINAR Prof. Dr. Nilgün ULUTAŞDEMİR	Ordu University TÜRKİYE	THE EFFECT OF LEADERSHIP BEHAVIORS OF HEALTHCARE MANAGERS ON EMPLOYEE PERFORMANCE
Nida Miraç YILDIZ Prof. Dr. Nilgün ULUTAŞDEMİR	Ordu University TÜRKİYE	WORKLOAD DISTRIBUTION IN HEALTHCARE FACILITIES AND ITS IMPACT ON STAFF PERFORMANCE
Dr. Mehmet Nuri YILMAZ Assoc. Prof. Dr. Emine YURDAKUL ERTÜRK	Ordu University TÜRKİYE	WITHDRAWAL STARTING IN THE WOMB: A CASE OF NEONATAL WITHDRAWAL SYNDROME AND RESISTANT SEIZURES DUE TO HEROIN EXPOSURE
Emirhan YAĞCIOĞLU Assoc. Prof. Dr. Mustafa AMARAT Prof. Dr. Nilgün ULUTAŞDEMİR	Ordu University TÜRKİYE	THE EFFECT OF HEALTHCARE WORKERS' FEAR OF VIOLENCE ON THEIR WORK PERFORMANCE
Batıkan GÜRSOY Prof. Dr. Nilgün ULUTAŞDEMİR	Ordu University TÜRKİYE	AN EXAMINATION OF THE EFFECT OF ORGANIZATIONAL TRUST ON ORGANIZATIONAL COMMITMENT
Assist. Prof. Dr. Süreyya YİĞİTALP RENÇBER Assoc. Prof. Dr. Rukiye ARSLAN Prof. Dr. Nilgün ULUTAŞDEMİR	Batman University TÜRKİYE Batman University TÜRKİYE Ordu University TÜRKİYE	ANALYSIS OF KEY LABOR FORCE INDICATORS FOR YOUNG PEOPLE IN TURKEY (AGES 15–24, 2021–2025)
Assoc. Prof. Dr. Rukiye ARSLAN Assist. Prof. Dr. Süreyya YİĞİTALP RENÇBER Prof. Dr. Nilgün ULUTAŞDEMİR	Ordu University TÜRKİYE Batman University TÜRKİYE Ordu University TÜRKİYE	CHILD HEALTH AND DEPRIVATION, 2024

13.04.2026
OTURUM-3 Tıp Fakültesi 2. Kat Amfi 3
Ankara Local Time: 13:00 – 15:00
Moderator: Assoc. Prof. Dr. Yılmaz SEZGİN, Assist. Prof. Dr. Esra ERTEMÜR

Title	Author(s)	Affiliation
Hilal Meltem SAYDAM Yılmaz SEZGİN Burcu AYKANAT YURTSEVER	Trabzon Kanuni Training and Research Hospital TÜRKİYE	EVALUATION OF THE EFFECTS OF BREAST MILK INTAKE ON BODY COMPOSITION AND EATING BEHAVIOR IN OBESE INDIVIDUALS
Assoc. Prof. Dr. Yılmaz SEZGİN Mehmet KOCABAŞ Pınar KÜÇÜK	Trabzon University TÜRKİYE	INVESTIGATION OF THE RELATIONSHIP BETWEEN DIABETES SELF-MANAGEMENT, TREATMENT COMPLIANCE AND HBA1C LEVEL IN TYPE- 2 DIABETES MELLITUS PATIENTS
Assoc. Prof. Dr. Didem EROL Assoc. Prof. Dr. Tuba GÜL	Ordu University TÜRKİYE	FROM PROMISE TO PRACTICE: CLINICAL INTEGRATION OF BLOOD- BASED BIOMARKERS IN EARLY ALZHEIMER'S DISEASE
Assoc. Prof. Dr. Tuba GÜL	Ordu University TÜRKİYE	THE GUT-BRAIN AXIS IN MULTIPLE SCLEROSIS: FROM DYSBIOSIS TO DISEASE-MODIFYING POTENTIAL – A COMPREHENSIVE REVIEW
Assoc. Prof. Dr. Şükran KAYGISIZ Assoc. Prof. Dr. Tuba GÜL	Ordu University TÜRKİYE	BEYOND AMYLOID: TAU-TARGETED THERAPEUTIC STRATEGIES IN ALZHEIMER'S DISEASE – A COMPREHENSIVE REVIEW OF CURRENT LANDSCAPE, CLINICAL FAILURES, AND FUTURE DIRECTIONS
Res. Assist. Elif TÜRKDÖNMEZ AK Prof. Dr. Nilgün ULUTAŞDEMİR	Ordu University TÜRKİYE	REDUCING PSYCHIATRIC AND BEHAVIORAL BURDEN IN ADOLESCENTS WITH POLYCYSTIC OVARY SYNDROME: PUBLIC HEALTH PERSPECTIVES AND SUSTAINABLE NON-PHARMACOLOGICAL INTERVENTIONS
Res. Assist. Elif TÜRKDÖNMEZ AK Prof. Dr. Nilgün ULUTAŞDEMİR	Ordu University TÜRKİYE	BEHAVIORAL AND PSYCHIATRIC PROBLEMS ASSOCIATED WITH EPILEPSY IN LATE CHILDHOOD AND ADOLESCENCE: DRUG EFFECTS, NON-PHARMACOLOGICAL APPROACHES, AND A PUBLIC HEALTH-BASED REVIEW
Assist. Prof. Dr. Esra ERTEMÜR Prof. Dr. Nilgün ULUTAŞDEMİR	Ordu University TÜRKİYE	QUALIFICATIONS OF POSTGRADUATE EDUCATION IN SURGICAL NURSING: THE CASE OF TÜRKİYE AND THE WORLD
Prof. Dr. Nilgün ULUTAŞDEMİR Assist. Prof. Dr. Esra ERTEMÜR	Ordu University TÜRKİYE	POSTGRADUATE EDUCATION IN SURGICAL NURSING: QUALIFICATIONS IN TURKEY AND SOUTH ASIA

13.04.2026
OTURUM-4 Tıp Fakültesi 1. Kat Amfi 1
Ankara Local Time: 13:00 – 15:00
Moderator: Assoc. Prof. Dr. Halil AY, Assoc. Prof. Dr. İlker COŞKUN

Title	Author(s)	Affiliation
Assoc. Prof. Dr. İlker COŞKUN Assist. Prof. Dr. Anıl KILINÇ Prof. Dr. Ebru ÇANAKÇI Dehan Nur ORHAN	Ordu University TÜRKİYE	IS THE PATIENT'S ROLE A DETERMINING FACTOR FOR ERAS SUCCESS?
Assist. Prof. Dr. Gökçe Yüce ONUR Assoc. Prof. Dr. İlker COŞKUN Berfin TOPÇUOĞLU	Ordu University TÜRKİYE	NEUROCOGNITIVE EFFECTS OF THE SURGICAL PROCESS IN AN AGING SOCIETY AND IN FRAIL INDIVIDUALS
Dr. Ahmet Anıl ACET Prof. Dr. Erdal BENLİ Prof. Dr. Abdullah ÇIRAKOĞLU Assoc. Prof. Dr. Ahmet YÜCE Assist. Prof. Dr. Ayhan ARSLAN	Ordu University TÜRKİYE	CASES OF PURULENT FLUID DETECTED DURING ENDOSCOPIC RENAL STONE SURGERY: A SINGLE-CENTER EXPERIENCE
Dr. Ahmet Anıl ACET Assoc. Prof. Dr. Ahmet YÜCE	Ordu University TÜRKİYE	WHEN NEUROGENIC BLADDER MEETS STONE DISEASE: A RARE CASE OF GIANT BLADDER STONE WITH VESICOVAGINAL FISTULA
Assoc. Prof. Dr. Halil AY	Gaziantep University TÜRKİYE	EVALUATION OF VASCULITIS MARKERS IN PATIENTS WITH NON-SPECIFIC WHITE MATTER GLIOTIC LESIONS DETECTED ON BRAIN MRI
Assist. Prof. Dr. Mevlüt KELEŞ Prof. Dr. Abdullah ÇIRAKOĞLU Prof. Dr. Erdal BENLİ Exp. Dr. Nurullah KADİM Dr. Ahmet Anıl ACET Assoc. Prof. Dr. Hasan DURMUŞ	Ordu University TÜRKİYE Erciyes University TÜRKİYE	AWARNESS SURVEY OF HEALTH WORKES ABOUT CIRCUMCISION
Assist. Prof. Dr. Mevlüt KELEŞ Prof. Dr. Abdullah ÇIRAKOĞLU Prof. Dr. Erdal BENLİ Exp. Dr. Nurullah KADİM Dr. Ahmet Anıl ACET Assoc. Prof. Dr. Hasan DURMUŞ	Ordu University TÜRKİYE	A SURVEY OF PHYSICIANS' AWARNESS ABOUT THE AGE OF CIRCUMCISION
Tuğba ELGÜN Halil İbrahim ARSLAN Gül Ipek GÜNDOĞAN Yasemin MÜŞTERİ OLTULU Gürol EMEKDAS	Biruni University TÜRKİYE	IN VITRO EVALUATION OF THE EFFECTS OF POLYPHENOL–BROMELAIN COMBINATION ON PROLIFERATION, MIGRATION, AND CELL CYCLE DYNAMICS IN HUMAN KERATINOCYTES
Res. Assist. Selin KOÇ KARATAŞ	Ordu University TÜRKİYE	THE PARADOX OF RECOGNITION: BETWEEN EMANCIPATION AND DEPENDENCY IN POSTCOLONIAL CONTEXTS
Res. Assist. Selin KOÇ KARATAŞ	Ordu University TÜRKİYE	RETHINKING URBAN RESILIENCE: A CRITICAL PERSPECTIVE ON NEOLIBERAL GOVERNANCE AND SOCIAL INEQUALITY

13.04.2026
OTURUM-5 Tıp Fakültesi 1. Kat Derslik 2
Ankara Local Time: 13:00 – 15:00
Moderator: Prof. Dr. Nilay TAŞ, Assoc. Prof. Dr. Hatem KAZIMOĞLU

Title	Author(s)	Affiliation
Zainab AKRAM Assoc. Prof. Dr. Mücahit SEÇME	Ordu University TÜRKİYE	THE REGULATORY ROLES OF LONG NON-CODING RNAs IN THE MOLECULAR PATHOGENESIS OF NEURODEGENERATIVE DISEASES
Prof. Dr. Nilay TAŞ Assist. Prof. Dr. Ümit Can OK Dr. Merve UMUT SEVEN Assoc. Prof. Dr. İlker COŞKUN Assist. Prof. Dr. Yasir İLYAS	Ordu University TÜRKİYE	ENVIRONMENTAL EFFECTS OF INHALATIONAL ANESTHETICS AND SUSTAINABLE ANESTHESIA PRACTICES
Assoc. Prof. Dr. İlker COŞKUN Prof. Dr. Nilay TAŞ Hicran TEMİRCİ	Ordu University TÜRKİYE	GREEN ANESTHESIA: IS IT POSSIBLE TO REDUCE THE CARBON FOOTPRINT?
Assoc. Prof. Dr. Mert ÖZEN Assoc. Prof. Dr. İlker COŞKUN Hicran TEMİRCİ	Ordu University TÜRKİYE	CLINICALLY SIGNIFICANT INTOXICATIONS IN THE BLACK SEA REGION: FROM EMERGENCY DEPARTMENT TO INTENSIVE CARE
Prof. Dr. Savaş ATASEVER	Ondokuz Mayıs University TÜRKİYE	ASSESSMENT OF MAJOR NON-GENETIC FACTORS INFLUENCING SOMATIC CELL COUNT IN GOAT MILK
Cemre Zeynep HARMAN CİVEK Assist. Prof. Dr. Semih TAN Assist. Prof. Dr. Hatice HANCI KARA	Ordu University TÜRKİYE	NEO-OOGENESIS: A GUIDE FOR CLINICAL–EXPERIMENTAL INTEGRATION IN REGENERATIVE MEDICINE
Assoc. Prof. Dr. Gökce Yüce ONUR Assoc. Prof. Dr. Tuba GÜL	Ordu University TÜRKİYE	BEYOND THE LESION: MULTIMODAL BIOMARKERS FOR NEUROPLASTICITY AND PRECISION REHABILITATION IN ISCHEMIC STROKE – A NARRATIVE REVIEW
Dr. Abdullah Oğuzhan TEKİNER Dr. Tolga KEÇECİ	Ordu University TÜRKİYE	OS TRIGONUM FRACTURE, A CASE REPORT

13.04.2026
OTURUM-6 Tıp Fakültesi 1. Kat Derslik 3
Ankara Local Time: 13:00 – 15:00
Moderator: Assist. Prof. Dr. Türkan Mutlu YAR, Assist. Prof. Dr. Gülşah AYDIN

Title	Author(s)	Affiliation
ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN PUBLIC HEALTH: EVALUATION OF CURRENT APPROACHES	Assoc. Prof. Dr. Ceren VARER AKPINAR Assist. Prof. Dr. Asuman OKUR	Giresun University TÜRKİYE
UNEXPECTED DIFFICULT AIRWAY: TRULY UNEXPECTED OR SIMPLY OVERLOOKED?	Prof. Dr. Nilay TAŞ Prof. Dr. Ebru ÇANAKÇI Dr. Eylem Işıl BAYDOĞAN Assoc. Prof. Dr. Zübeyir CEBECİ Assist. Prof. Dr. Anıl KILINÇ	Ordu University TÜRKİYE
COMPARISON OF PERTURBATION BOUNDS ON TRUNCATED SVD FACTORS FOR COMPLEX TOEPLITZ MATRICES	Assist. Prof. Dr. Ayşe GÜVEN SARIHAN	Ordu University TÜRKİYE
AN EXAMINATION OF PIERRE BOURDIEU'S THEORY OF SYMBOLIC VIOLENCE IN THE CONTEXT OF COMBATING VIOLENCE AGAINST WOMEN	Assoc. Prof. Dr. Mehmet KOCA	Ordu University TÜRKİYE
AN EXAMINATION OF GENDER ROLES IN THE CONTEXT OF FAMILY LIFE FOR WORKING WOMEN	Assoc. Prof. Dr. Mehmet KOCA Sabanur ASILTÜRK	Ordu University TÜRKİYE
CURRENT DIAGNOSTIC APPROACHES IN CEREBRAL TOXOPLASMOSIS	Assist. Prof. Dr. Türkan Mutlu YAR Ülkü KARAMAN	Ordu University TÜRKİYE
CHIMERIC ANTIGEN RECEPTOR T CELL (CAR-T) THERAPY IN SOLID TUMORS: CURRENT APPROACHES, CLINICAL TRIALS, AND FUTURE PERSPECTIVES	Çağrı DOĞAN	Ordu University Training and Research Hospital TÜRKİYE
DESIGN AND IN SILICO EVALUATION OF NOVEL SOTORASIB DERIVATIVES AS KRAS G12C INHIBITORS	Assist. Prof. Dr. Gülşah AYDIN	Ordu University TÜRKİYE

13.04.2026
OTURUM-7 Tıp Fakültesi 1. Kat Dekanlık Toplantı Salonu
Ankara Local Time: 13:00 – 15:00
Moderator: Assoc. Prof. Dr. Altuğ ÇAĞATAY, Assist. Prof. Dr. Figen ÖZŞAHİN

Title	Author(s)	Affiliation
Assist. Prof. Dr. Yasin KARAN	Recep Tayyip Erdoğan University TÜRKİYE	INVESTIGATION OF ELECTROMAGNETIC POLLUTION LEVELS IN HOSPITAL ENVIRONMENTS: A CASE STUDY ON THE RİZE SAMPLE
Kaan KARAOĞLU	Recep Tayyip Erdoğan University TÜRKİYE	INVESTIGATION OF CONTROLLED RELEASE KINETICS OF CIPROFLOXACIN FROM SODIUM ALGINATE-BASED CARRIER SYSTEM IN SIMULATED GASTROINTESTINAL ENVIRONMENTS
Assist. Prof. Dr. Yeliz KAŞKO ARICI	Ordu University TÜRKİYE	GENERATIVE ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN HEALTH RESEARCH AND CLINICAL DECISION SUPPORT: METHODOLOGICAL OPPORTUNITIES, REPORTING STANDARDS, AND GOVERNANCE REQUIREMENTS
Assist. Prof. Dr. Yeliz KAŞKO ARICI	Ordu University TÜRKİYE	SYNTHETIC HEALTH DATA IN CLINICAL RESEARCH AND HEALTHCARE AI: METHODOLOGICAL OPPORTUNITIES, VALIDATION CHALLENGES, AND GOVERNANCE REQUIREMENTS
Assist. Prof. Dr. Yeliz KAŞKO ARICI	Ordu University TÜRKİYE	STATISTICAL VALIDITY OF EXPLAINABLE ARTIFICIAL INTELLIGENCE (XAI) IN MEDICINE: FIDELITY, STABILITY, AND THE LIMITS OF CLINICAL TRUST
Assist. Prof. Dr. Figen ÖZŞAHİN Assoc. Prof. Dr. Altuğ ÇAĞATAY	Erzurum Technical University TÜRKİYE Tokat Gaziosmanpaşa University TÜRKİYE	A PRISMA-FOCUSED REVIEW OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE LITERACY IN HEALTHCARE
Assoc. Prof. Dr. Funda FUNDAOĞLU KÜÇÜKEKENCİ Res. Assist. Burcu ADADIOĞLU	Ordu University TÜRKİYE	INTEROBSERVER VARIABILITY IN THE MANAGEMENT OF ENDODONTICALLY TREATED TEETH AND RETREATMENT DECISIONS: A COMPARATIVE STUDY OF HUMAN AND ARTIFICIAL INTELLIGENCE DECISION PATTERNS
Ayşegül ATAY Sedanur ÖDEMİŞ	Ordu University TÜRKİYE	A PARADIGM SHIFT IN THE MANAGEMENT OF COLORECTAL CANCER: NEW-GENERATION TARGETED THERAPIES, IMMUNOTHERAPY AND DYNAMIC BIOMARKERS
Sedanur ÖDEMİŞ Ayşegül ATAY	Ordu University TÜRKİYE	A MAJOR TRANSFORMATION IN THE MANAGEMENT OF HAEMOPHILIA: THE MOLECULAR MECHANISMS OF GENE THERAPY AND FOLLOW-UP RESULTS FROM TURKEY

13.04.2026
OTURUM-1 Tıp Fakültesi Zemin Kat Morfoloji Konferans Salonu
Ankara Local Time: 15:00 – 17:00
Moderator: Prof. Dr. Cavit YAVUZ, Assoc. Prof. Dr. Gökhan KÜLEKÇİ

Title	Author(s)	Affiliation
Assoc. Prof. Dr. Fazilet TAŞDEMİR	Recep Tayyip Erdoğan University TÜRKİYE	TURKEY'S TIMSS JOURNEY: AN ANALYSIS OF THE CHANGES IN THE MATHEMATICS SUB-TEST PERFORMANCE OF 8TH GRADE STUDENTS BETWEEN 1999 AND 2023 USING SWOT ANALYSIS
Assoc. Prof. Dr. Gökhan KÜLEKÇİ Savaş KOÇ	Gümüşhane University TÜRKİYE Bentaş Bentonit A.Ş., Ordu TÜRKİYE	PRELIMINARY ASSESSMENT OF BENTONITE QUARRY WASTES AS A RAW MATERIAL FOR WATER-BASED DRILLING MUDS
Assoc. Prof. Dr. Gökhan KÜLEKÇİ Ahmet ŞEN	Gümüşhane University TÜRKİYE Bentaş Bentonit A.Ş., Ordu TÜRKİYE	INDUSTRIAL APPLICATIONS OF BENTONITE AND EVALUATION OF TURKEY'S BENTONITE RESOURCE POTENTIAL
Lect. Dr. Ayşe Gül GÖK	Alanya Alaaddin Keykubat University TÜRKİYE	BIBLIOMETRIC ANALYSIS OF SUSTAINABILITY-THEMED ACCOUNTING AND AUDITING LITERATURE FROM THE PERSPECTIVE OF DEVELOPMENT PLANS
Gülşahi GÜLER Prof. Dr. Cavit YAVUZ	Ordu University TÜRKİYE	THE ROLE OF CUSTOMER INTERACTION IN CUSTOMER RELATIONSHIP MANAGEMENT: A BIBLIOMETRIC ANALYSIS ON SOCIAL MEDIA AND THE FOOD AND BEVERAGE INDUSTRY
Merve ÇAPKIN Prof. Dr. Cavit YAVUZ	Ordu University TÜRKİYE	THE EFFECT OF SERVICE QUALITY ON CUSTOMER LOYALTY IN RESTAURANT BUSINESSES: A BIBLIOMETRIC ANALYSIS OF STUDIES PUBLISHED IN THE WEB OF SCIENCE DATABASE
Lect. Dr. Özgül DEMİRAĞ	Gümüşhane University TÜRKİYE	EVALUATION OF HISTORIC RESIDENCES FOR THEIR REUSE AS MUSEUMS IN TERMS OF MATERIALS, CONSTRUCTION TECHNIQUES, AND STRUCTURAL BEHAVIOR: THE CASE OF İKİZEVLER
Lect. Dr. Özgül DEMİRAĞ	Gümüşhane University TÜRKİYE	ANALYSIS OF ARCHITECTURAL AND STRUCTURAL CHARACTERISTICS OF A TRADITIONAL HOUSE IN GÜMÜŞHANE: THE CASE OF ARTUNLAR HOUSE
Assoc. Prof. Dr. Nimet ERYİĞİT	Ordu University TÜRKİYE	EVALUATION OF THE DEVELOPMENT OF THE ELEVATOR MANUFACTURING INDUSTRY IN TÜRKİYE IN THE CONTEXT OF OCCUPATIONAL HEALTH AND SAFETY
Lect. Esra Seda TURHAN	Gümüşhane University TÜRKİYE	THE ROLE OF MINDFULNESS TRAINING IN REDUCING PREVALENT ANXIETY LEVELS AMONG UNIVERSITY STUDENTS

13.04.2026
OTURUM-2 Tıp Fakültesi 2. Kat Amfi 2
Ankara Local Time: 15:00 – 17:00
Moderator: Assoc. Prof. Dr. İlker COŞKUN, Dr. Nesrin ÇAĞLAYAN DUMAN

Title	Author(s)	Affiliation
Mehmet Ali KÖŞECİ	Ministry of National Education of the Republic Rize TÜRKİYE	REFLECTIONS OF THE PSYCHO-MOTOR SKILLS OF MONTHLY PRESCHOOL STUDENTS ON COGNITIVE, EMOTIONAL, AND LANGUAGE DEVELOPMENT PROCESSES
Dr. Nesrin ÇAĞLAYAN DUMAN Erkan DUMAN Arda DEMIRKOPARAN Talha TEKEDERELI	Ordu University TÜRKİYE Westeye Hospital IRAQ Ordu University TÜRKİYE Ordu University TÜRKİYE	ATYPICAL ANTIPSYCHOTIC USE AND OCULOGYRIC CRISIS: A PHARMACOVIGILANCE DATABASE ANALYSIS
Dr. Nesrin ÇAĞLAYAN DUMAN Ufuk Kemal ALTUNSOY Arda DEMIRKOPARAN Sila ALTUNSOY	Ordu University TÜRKİYE	ANALYSIS OF REPORTED ADVERSE EVENTS OF ASPERGILLUS INFECTION ASSOCIATED WITH IMMUNOSUPPRESSIVE DRUGS USED TO PREVENT ORGAN REJECTION
Dilara YILMAZ Assoc. Prof. Dr. Mehmet KABACIK	Ordu University TÜRKİYE	THE ECOLOGY OF FOOD: A HOLISTIC PERSPECTIVE ON SUSTAINABILITY IN GASTRONOMY
Meryem Gözde KOÇAK Prof. Dr. Vugar Ali TÜRKSOY	Yozgat Bozok University TÜRKİYE	EVALUATION OF PSYCHOLOGICAL FOOD AND SOCIAL MEDIA ADDICTIONS AMONG YOZGAT BOZOK UNIVERSITY STUDENTS
Assoc. Prof. Dr. Zübeyir CEBECİ Prof. Dr. Nilay TAŞ Dr. Gülçin Gökçe YILMAZ Dr. Elif Sena SİVİŞ Dr. Berfin TOPÇUOĞLU	Ordu University TÜRKİYE	A SILENT RISK IN THE BLACK SEA REGION: VITAMIN D DEFICIENCY AND ANESTHESIA
Prof. Dr. Ebru ÇANAKÇI Prof. Dr. Nilay TAŞ Dr. Dehan Nur ORHAN Dr. Muhammed Ali DEMİR Dr. Berçin TACAL	Ordu University TÜRKİYE	GERIATRIC PATIENTS: POTENTIAL RISKS OF ANESTHESIA MANAGEMENT
Prof. Dr. Melek ÇOL AYVAZ Taner KAYACI Prof. Dr. Mutlu SÖNMEZ ÇELEBİ	Ordu University TÜRKİYE	INVESTIGATION OF THE ANTIOXIDANT ACTIVITY AND ALZHEIMER'S AND CANCER PROTECTIVE POTENTIAL OF BLACK CUMIN HONEY OBTAINED FROM IZMIR
Prof. Dr. Mutlu SÖNMEZ ÇELEBİ Taner KAYACI Prof. Dr. Melek ÇOL AYVAZ	Ordu University TÜRKİYE	CAN WE USE ELECTROCHEMISTRY FOR INTERPRETETION OF ANTIOXIDANT CAPACITY OF HONEY

13.04.2026
OTURUM-3 Tıp Fakültesi 2. Kat Amfi 3
Ankara Local Time: 15:00 – 17:00
Moderator: Prof. Dr. Kutluhan YILMAZ, Prof. Dr. Hacer GÖK UĞUR

Title	Author(s)	Affiliation
Hüseyin İÇOĞLU Assoc. Prof. Dr. Firdevs KULAK TORUN	Atatürk University TÜRKİYE	THE CONCEPT OF ANASTYLOSIS IN ARCHAEOLOGICAL SITES AND THE EVALUATION OF ANASTYLOSIS CASE STUDIES
Zerrin KARAKUZU YORULMAZ Osman İNAN	Ministry of National Education of the Republic Ordu TÜRKİYE Independent Researcher TÜRKİYE	CHILDREN'S EDUCATION IN RURAL AREAS: A CRITICAL LOOK AT THE 'TRANSPORTED TEACHER MODEL'
Lect. Hüseyin KOÇAK Assoc. Prof. Dr. Fatih AKBAŞ	Ordu University TÜRKİYE	SENTIMENT ANALYSIS OF CENTRAL BANK SPEECHES: AN EVALUATION OF 2024 INFLATION EXPECTATION REPORTS
Assoc. Prof. Dr. Fatih AKBAŞ Lect. Hüseyin KOÇAK	Ordu University TÜRKİYE	DETERMINING THE TOPIC MODELING OF CENTRAL BANK REPORTS: VISUALIZATION WITH LDAVIS
MSc. Sevgi KARACA Prof. Dr. Hacer GÖK UĞUR	Ordu University TÜRKİYE	HEALTHY LIFESTYLE BEHAVIORS AMONG WORKERS IN A HAZELNUT PROCESSING PLANT
MSc. Ebru DOĞAN Prof. Dr. Hacer GÖK UĞUR	Ordu University TÜRKİYE	ETHICAL DILEMMAS FACED BY HEALTHCARE WORKERS IN HOME CARE SERVICES

13.04.2026
OTURUM-4 Tıp Fakültesi 1. Kat Amfi 1
Ankara Local Time: 15:00 – 17:00
Moderator: Assist. Prof. Dr. Yusuf DEMİRTAŞ, Assoc. Prof. Dr. Serdar DİZMAN

Title	Author(s)	Affiliation
Assoc. Prof. Dr. Serdar DİZMAN Muttaka UMAR Assist. Prof. Dr. Yavuz Selim HATİPOĞLU	Recep Tayyip Erdoğan University TÜRKİYE Recep Tayyip Erdoğan University TÜRKİYE Bayburt University TÜRKİYE	EVALUATION OF RADIOLOGICAL RISKS FROM NATURAL RADIOACTIVITY IN BAYBURT STONES AND THEIR POTENTIAL IMPACT ON PUBLIC HEALTH
Lect. Dr. Bereket Bülent AYKER Prof. Dr. Afşin Ahmet KAYA	Trabzon University TÜRKİYE Ondokuz Mayıs University TÜRKİYE	AN ASSESSMENT OF THE SOCIAL IMPACTS OF NUCLEAR POWER PLANT ACCIDENTS
Assoc. Prof. Dr. Koray KORKMAZ Assist. Prof. Dr. Bilge BİLGİN FIÇICILAR	Ordu University TÜRKİYE	FATTY ACID COMPOSITION OF THE OIL CO-FRACTION OBTAINED FROM RAINBOW TROUT (Oncorhynchus mykiss) PROTEIN HYDROLYSATES PRODUCED BY ALCALASE, PROTAMEX, AND FLAVOURZYME
Assist. Prof. Dr. Bilge BİLGİN FIÇICILAR Assoc. Prof. Dr. Koray KORKMAZ	Ordu University TÜRKİYE	FATTY ACID COMPOSITION OF THE OIL CO-FRACTION OBTAINED FROM ANCHOVY (Engraulis encrasicolus) PROTEIN HYDROLYSATES PRODUCED BY ALCALASE, PROTAMEX, AND FLAVOURZYME
Assist. Prof. Dr. Yusuf DEMİRTAŞ	Ordu University TÜRKİYE	AIR POLLUTION–ATTRIBUTABLE MORTALITY IN ORDU AND GIRESUN, 2024: AN ASSESSMENT USING AIRQ+
Assist. Prof. Dr. Kadir ÇAVUŞ Prof. Dr. Afşin Ahmet KAYA Assist. Prof. Dr. Emre TOSUN Lect. Meryem AKBULUT BAKIR Lect. Bereket Bülent AYKER	Artvin Çoruh University TÜRKİYE Ondokuz Mayıs University TÜRKİYE Kırklareli University TÜRKİYE Yozgat Bozok University TÜRKİYE Trabzon University TÜRKİYE	CHALLENGES ENCOUNTERED IN SEARCH AND RESCUE OPERATIONS DURING AVALANCHE DISASTERS
Büşra ESEN Assoc. Prof. Dr. Zafer ÖZKAN	Ordu University TÜRKİYE	THE EFFECT OF EMOTIONS ON COLLECTIVE ACTION PARTICIPATION: AN EXAMPLE OF PETITIONING BEHAVIOR
Melike GÜR Dr. Zeynep ÇAKMAK	Ordu University TÜRKİYE	AN EXAMINATION OF THE RELATIONSHIPS BETWEEN MOTHERS' EMOTION SOCIALIZATION BEHAVIORS AND DEMOGRAPHIC VARIABLES AMONG PRESCHOOL-AGED CHILDREN

13.04.2026
OTURUM-5 Tıp Fakültesi 1. Kat Derslik 2
Ankara Local Time: 15:00 – 17:00
Moderator: Prof. Dr. Tuğrul ÖZCAN, Assoc. Prof. Dr. Sevgi ÇIRAKLI

Title	Author(s)	Affiliation
Nurgül ŞENOL Sarhan MOHAMMED Furkan BAL Ahmet Hilmi ÇON	Ondokuz Mayıs University TÜRKİYE	BIOSYNTHESIS OF SILVER NANOPARTICLES MEDIATED BY PROBIOTIC-ACTIVATED CRANBERRY SEED POSTBIOTICS
Prof. Dr. Tuğrul ÖZCAN	Ordu University TÜRKİYE	SAZCILAR SPRING WATER IN FATSA: HISTORICAL AND CULTURAL PERSPECTIVES
Prof. Dr. Tuğrul ÖZCAN	Ordu University TÜRKİYE	THE YENER TOPALOĞLU ERA IN FATSA MUNICIPALITY (1973–1975)
Assist. Prof. Dr. Süleyman ŞENYURT Selinay GÜNSEVER	Ordu University TÜRKİYE	RULED SURFACES GENERATED BY THE LINEAR COMBINATION OF FRENET VECTORS ALONG THE N-PEDAL CURVE
Ayşenur ÇELİK Yeşim ÖZKAN	Ordu University TÜRKİYE	THE EFFECT OF NETTLE (URTICA DIOICA L.) ON LIPID ACCUMULATION IN NEMATODES CAENORHABDITIS ELEGANS
Ayşenur ÇELİK Yeşim ÖZKAN Begün DAL	Ordu University TÜRKİYE	COMPARISON OF THE EFFECTS OF RHODODENDRON SPECIES ON POPULATION GROWTH IN NEMATODES CAENORHABDITIS ELEGANS
Prof. Dr. Faruk AKYAZI Ahmad Nur ROHIM Dr. Uğur YİĞİT	Ordu University TÜRKİYE	THE IMPORTANCE OF NEMATODES AS BIOINDICATORS IN SOIL HEALTH
Dr. Uğur YİĞİT Prof. Dr. Faruk AKYAZI	Ordu University TÜRKİYE	THE RELATIONSHIP BETWEEN SOIL PHYSICOCHEMICAL PROPERTIES AND THE DENSITY OF ROOT-LESION NEMATODE (Pratylenchus spp.) SPECIES FROM POTATO PRODUCTIN AREAS
Assist. Prof. Dr. Süleyman ŞENYURT Selinay GÜNSEVER	Ordu University TÜRKİYE	RULED SURFACES GENERATED BY THE LINEAR COMBINATION OF FRENET VECTORS ALONG THE T-PEDAL CURVE

13.04.2026
OTURUM-6 Tıp Fakültesi 1. Kat Derslik 3
Ankara Local Time: 15:00 – 17:00
Moderator: Assoc. Prof. Dr. Mürüvvet AKÇAY ÇELİK, Dr. Ümit Can OK

Title	Author(s)	Affiliation
Aleyna ULUCUTSOY Prof. Dr. Betül SARAÇ	Karadeniz Technical University TÜRKİYE	BIOMIMETIC APPROACHES IN MARINE ENGINEERING: PRINCIPLES AND APPLICATIONS
Aleyna ULUCUTSOY Prof. Dr. Betül SARAÇ Prof. Dr. Teoman AYHAN	Karadeniz Technical University TÜRKİYE	BIOMIMETIC VERSUS CONVENTIONAL DESIGN: REYNOLDS-DEPENDENT DRAG PERFORMANCE OF SWORDFISH-INSPIRED AND TORPEDO GEOMETRIES
Res. Assist. Fatma Banu ŞEN Res. Assist. Elif TÜRKDÖNMEZ AK	Ordu University TÜRKİYE	OREXINERGIC SYSTEMS AND EPILEPSY
Burak TÜĞMEN Res. Assist. Dr. Büşra OKUYUCU Res. Assist. Elif TÜRKDÖNMEZ AK Prof. Dr. Gökhan ARSLAN	Ondokuz Mayıs University TÜRKİYE Ondokuz Mayıs University TÜRKİYE Ordu University TÜRKİYE Ondokuz Mayıs University TÜRKİYE	THE EFFECT OF THE SELECTIVE ANDROGEN RECEPTOR MODULATOR OSTARINE ON PENTYLENETETRAZOLE-INDUCED EXPERIMENTAL EPILEPSY IN RATS
Assoc. Prof. Dr. İlker COŞKUN Assist. Prof. Dr. Gökçe Yüce ONUR Assoc. Prof. Dr. Zübeyir CEBECİ Mukaddes KOÇ ÖDEMİŞ Berfin TOPÇUOĞLU	Ordu University TÜRKİYE	BRAIN DEATH AND ORGAN DONATION FROM MEDICAL, LEGAL, AND RELIGIOUS PERSPECTIVES
Gülcan COŞKUN Assoc. Prof. Dr. İlker COŞKUN	Ordu University TÜRKİYE	OPERATING ROOM FIRE SAFETY: RISKS AND PREVENTIVE STRATEGIES
Ümit Can OK Metehan ŞİMŞEK Nilay TAŞ Kübra ŞEN OK Gökhan ZAİM	Ordu University TÜRKİYE Ordu State Hospital TÜRKİYE Ordu University Training and Research Hospital TÜRKİYE	UNUSED ICU MEDICAL SUPPLIES AS A PREVENTABLE SOURCE OF WASTE: A PRELIMINARY 1-MONTH ASSESSMENT
Yasir İLYAS Enes AKDENİZ Ümit Can OK Mehmet Fatih ÇAKMAK	Ordu University Training and Research Hospital TÜRKİYE Ordu University Training and Research Hospital TÜRKİYE Ordu University TÜRKİYE Ordu University Training and Research Hospital TÜRKİYE	RARE VASCULAR COMPLICATION DURING PERCUTANEOUS TRACHEOSTOMY: A CASE REPORT

13.04.2026
OTURUM-7 Tıp Fakültesi 1. Kat Dekanlık Toplantı Salonu
Ankara Local Time: 15:00 – 17:00
Moderator: Assoc. Prof. Dr. Damla TORUL, Assist. Prof. Dr. Pınar BOZBEYOĞLU

Title	Author(s)	Affiliation
Assist. Prof. Dr. Pınar BOZBEYOĞLU	Gümüşhane University TÜRKİYE	ECO-FRIENDLY SYNTHESIS OF ZnO NANOPARTICLES USING MOUNTAIN TEA (Sideritis spp.) EXTRACT AND THEIR APPLICATION IN Ni (II) REMOVAL FROM WASTEWATER
Assist. Prof. Dr. Pınar CELEN	Gümüşhane University TÜRKİYE	THE ROLE OF PHOTOVOLTAIC (PV) SYSTEMS IN REDUCING THE CARBON FOOTPRINT OF ELECTRICITY GENERATION: A 1 MW PV SYSTEM EXAMPLE
Assoc. Prof. Dr. Damla TORUL Res. Assist. Gamzenur ÇOLAK Prof. Dr. M.Melih ÖMEZLİ Assist. Prof. Dr. M.Furkan YILMAZ	Ordu University TÜRKİYE	CONSERVATIVE MANAGEMENT OF A PRIMARY TOOTH-RELATED DENTIGEROUS CYST IN A PEDIATRIK PATIENT: A CASE REPORT
Lect. Sultan ÇETİNKAYA Assist. Prof. Dr. Elvin BAŞHAN	İstanbul Gelişim University TÜRKİYE	SUSTAINABILITY METHODS AND MATERIAL PRODUCTION–CONSUMPTION DIMENSION IN CHILDREN'S CLOTHING: ECO-MATERIALS, ETHICAL PRODUCTION
Assoc. Prof. Dr. Murat YÜKSEL	Ordu University TÜRKİYE	HAS VIOLENCE REALLY DECLINED IN SPORT? A CRITICAL PERSPECTIVE ON FIGURATIONAL THEORY IN THE CONTEXT OF ELITE SPORT
Assoc. Prof. Dr. Murat YÜKSEL	Ordu University TÜRKİYE	SPORTS IN THE CONTEXT OF GLOBALIZATION, GROBALIZATION, AND GLOCALIZATION
Tarık Oğuzhan AYDEMİR Yağmur DİRİ Simay SARIYILDIZ Ketevan Avtandilashvili Assoc. Prof. Dr. Gül Ipek GÜNDOĞAN	Biruni University TÜRKİYE	THE NECESSITY OF ROUTINE VITAMIN SUPPLEMENTATION IN MODERN LIFE: A THEORETICAL AND BIBLIOMETRIC EVALUATION
Prof. Dr. Sefer KALAMAN Lect. Feride ÖZDEMİR Assoc. Prof. Dr. Mehmet Sena KÖSEDAĞ	Ankara Yıldırım Beyazıt University TÜRKİYE Bitlis Eren University TÜRKİYE Erciyes University TÜRKİYE	ARTIFICIAL INTELLIGENCE BASED PERCEPTION MANAGEMENT AND VISUAL MANIPULATION: AN ANALYSIS OF CONFLICT PHOTOGRAPHY
Assoc. Prof. Dr. Mustafa EREN	Ordu University TÜRKİYE	THE UNDERSTANDING OF LOVE IN THE POEMS OF KARACAOĞLAN AND CAHİT KÜLEBİ

1st INTERNATIONAL ORDU SCIENTIFIC RESEARCH CONGRESS

April 13-14, 2026 / Ordu University, Türkiye

Online Congress Program

Meeting ID: 848 5448 4368
Zoom Passcode: 123456
https://us02web.zoom.us/j/84854484368?pwd=jqPO9YZbrSm6HGWD9OeHHNjd2CrcG7.1

Important, Please Read Carefully

- To be able to attend a meeting online, login via https://zoom.us/join site, enter ID "Meeting ID or Personal Link Name" and solidify the session.
- The Zoom application is free and no need to create an account.
- The Zoom application can be used without registration.
- The application works on tablets, phones and PCs.
- The participant must be connected to the session 5 minutes before the presentation time.
- All congress participants can connect live and listen to all sessions.
- Moderator is responsible for the presentation and scientific discussion (question-answer) section of the session.

Points to Take into Consideration - TECHNICAL INFORMATION

- Make sure your computer has a microphone and is working.
- You should be able to use screen sharing feature in Zoom.
- Attendance certificates will be sent to you as pdf at the end of the congress.
- Requests such as change of place and time will not be taken into consideration in the congress program.

***

Before you login to Zoom please indicate your hall number, name and surname
exp. H-5, Radmila Jani

13.04.2026 / Session-1, Hall-1
Ankara Local Time: 09:00 – 11:00

Meeting ID: 848 5448 4368
Zoom Passcode: 123456

Head of Session: Assoc. Prof. Dr. Berkan ACAR

Hasan GÜNGÖR Assoc. Prof. Dr. Hatem KAZIMOĞLU	Gaziantep City Hospital TÜRKİYE	THE ROLE OF COVID-19 HISTORY IN PATIENTS WITH ERECTILE DYSFUNCTION: CLINICAL FINDINGS AND OUTCOMES
Hasan GÜNGÖR	Gaziantep City Hospital TÜRKİYE	LAPAROSCOPIC DISMEMBERED PYELOPLASTY AND SIMULTANEOUS FLEXIBLE URETERORENOSCOPY FOR LOWER POLE RENAL CALCULUS: A RARE CASE REPORT
Bilengül Şiğra ELMAS Assoc. Prof. Nurten Gülsüm BAYRAK	Giresun University TÜRKİYE	EVALUATION OF STUDIES ON SUICIDE IN SCHIZOPHRENIA WITHIN THE SCOPE OF POSTGRADUATE THESES
Dr. Yeşim EYLEV AKBOĞA	Sincan Training and Research Hospital TÜRKİYE	SJOGREN'S SYNDROME PRESENTING WITH CENTRAL NERVOUS SYSTEM INVOLVEMENT
Dr. İdris BAYDAR	Mardin Artuklu University TÜRKİYE	RETROSPECTIVE ANALYSIS OF CLINICAL CHARACTERISTICS AND RISK FACTORS IN PATIENTS WITH GASTROINTESTINAL BLEEDING
Şule Atalay MERT Nazli İNCEKARA Sezin Ertürk AKSAKAL	Etlik City Hospital Ankara TÜRKİYE	SEVERE, FATAL ANEMIA: A CASE REPORT AND COMPREHENSIVE REVIEW OF THE LITERATURE
Dr. Murat ŞAHİN Assoc. Prof. Dr. Sami FİDAN	TRU Kanuni Training and Education Hospital TÜRKİYE Karadeniz Technical University TÜRKİYE	RETROSPECTIVE COMPARISON OF THE EFFECTIVENESS AND SAFETY OF TENOFOVIR DISOPROXIL, TENOFOVIR ALAFENAMIDE FUMATE AND ENTECAVIR PATIENTS DIAGNOSED WITH CHRONIC HEPAITIS B.
Assist. Prof. Dr. Berkan ACAR	Giresun University TÜRKİYE	EVALUATION OF THE OUTCOMES OF INGUINAL HERNIA SURGERY IN A SECONDARY-CARE STATE HOSPITAL IN LIGHT OF THE LITERATURE

13.04.2026 / Session-1, Hall-2
Ankara Local Time: 09:00 – 11:00

Meeting ID: 848 5448 4368
Zoom Passcode: 123456

Head of Session: Assoc. Prof. Dr. Bora CANBULA

Dr. Öznur ERYILMAZ	Ministry of Education, Ordu TÜRKİYE	ETHICAL AND PEDAGOGICAL POSSIBILITIES AND LIMITATIONS OF AI-POWERED LEARNING ENVIRONMENTS
Dr. Öznur ERYILMAZ	Ministry of Education, Ordu TÜRKİYE	TRANSHUMANISM, INEQUALITY IN EDUCATION, AND THE CRITIQUE OF MERITOCRACY IN THE CONTEXT OF GATTACA
Assist. Prof. Dr. Sena IŞIKGİL ÖZTÜRK	Ordu University TÜRKİYE	IMITATION OR CONSCIOUSNESS? A PHILOSOPHICAL INVESTIGATION OF CONSCIOUSNESS IN ARTIFICIAL INTELLIGENCE
Assist. Prof. Dr. Erdem KAYA	Ordu University TÜRKİYE	COMPARISON OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE ATTITUDES BETWEEN SOCIAL AND TECHNICAL PROGRAM STUDENTS: THE CASE OF ÜNYE VOCATIONAL SCHOOL
Assist. Prof. Dr. Erdem KAYA	Ordu University TÜRKİYE	ATTITUDES OF VOCATIONAL SCHOOL STUDENTS TOWARD ARTIFICIAL INTELLIGENCE: THE SAMPLE OF ÜNYE VOCATIONAL SCHOOL
Assoc. Prof. Dr. Bora CANBULA	Manisa Celal Bayar University TÜRKİYE	MACHINE LEARNING-BASED MULTI-STATION DATA FUSION FOR SHORT- TERM PM2.5 PREDICTION
Lect. Öznur ÖZEL Lect. Dr. Yazbahar ÇETİN DOĞAN	Mersin University TÜRKİYE	THE IMPACT OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE ON ACCOUNTING: A BIBLIOMETRIC LITERATURE REVIEW
Assist. Prof. Dr. Nurşen KULAKAÇ Prof. Dr. Nilgün ULUTAŞDEMİR	Ordu University TÜRKİYE	DIGITAL SURGICAL NURSING EDUCATION WITH ARTIFICIAL INTELLIGENCE AND SIMULATION
Issabekov Aidarbek Kuanishbekovich Prof. Dr. Yücel Gelişli	South Kazakhstan Pedagogical University named after Uzbekali Zhanibekov KAZAKHSTAN Gazi University TÜRKİYE	CYBERBULLYING AND THE ROLE OF LEGAL EDUCATION IN ITS PREVENTION

13.04.2026 / Session-1, Hall-3
Ankara Local Time: 09:00 – 11:00

Meeting ID: 848 5448 4368
Zoom Passcode: 123456

Head of Session: Assist. Prof. Dr. Numan YÜKSEL

Ali Osman KARTAL Assist. Prof. Dr. Hasan Selim ŞENGEL	Eskişehir Osmangazi University TÜRKİYE	OPTIMIZATION OF JOINTS IN TIMBER STRUCTURAL SYSTEMS USING METAHEURISTIC ALGORITHMS
Dr. Yılmaz MERT	Sivas University of Science and Technology TÜRKİYE	A THERMOCHEMICAL INVESTIGATION ON THE DETONATION PERFORMANCE PARAMETERS OF DIFFERENT RDX COMPOSITIONS WITH NEW GENERATION RING-STRAINED PCyB3 PREPOLYMER BINDER
Aida IBRAHIMA ABDOU Assoc. Prof. Dr. Candeniz SEÇKİN	Marmara University TÜRKİYE	COMBINED CYCLE OF KALINA AND NANOREFRIGERANT USING EJECTOR REFRIGERATION CYCLE
Hüseyin KULİ	Fırat University TÜRKİYE	INVESTIGATION OF THE QUANTITATIVE DETERMINATION OF THE IMPACT RESISTANCE OF CONCRETE
Dr. Cemalettin TERZİ Assoc. Prof. Dr. Tuba KÜTÜK Prof. Dr. Sezai KÜTÜK	Recep Tayyip Erdoğan University TÜRKİYE	THE EFFECT OF TEA WASTE ASH ON THE MECHANICAL PROPERTIES OF CONCRETE ROADS
Assist. Prof. Dr. Ahmet KÖSE	Bursa Technical University TÜRKİYE	RHODIUM-DOPED BORON NITRIDE NANOTUBES AS PROMISING SENSORS FOR PHOSGENE DETECTION: A DFT STUDY
Assist. Prof. Dr. Numan YÜKSEL	Bursa Technical University TÜRKİYE	DFT INVESTIGATION OF SOF2 ADSORPTION ON POST-TRANSITION METAL DOPED GRAPHENE
Rana CEYHAN Prof. Dr. Ahmet AKKUŞ	Sivas Cumhuriyet University TÜRKİYE	INVESTIGATION OF WEAR AND SURFACE ROUGHNESS IN LAMELLAR AND VERMICULAR GRAPHITE CAST IRONS

13.04.2026 / Session-1, Hall-4
Ankara Local Time: 09:00 – 11:00

Meeting ID: 848 5448 4368
Zoom Passcode: 123456

Head of Session: Dr. Milea DIANA

Vugar GADIMOV	Baku State University AZERBAIJAN	CRIMINAL-LEGAL ASPECTS OF A SHIP CAPTAIN'S FAILURE TO RENDER ASSISTANCE TO PERSONS IN DISTRESS
Gunay GUDRATLI	National Aviation Academy AZERBAIJAN	LEGAL CHARACTERIZATION OF THE FAILURE TO REPATRIATE FOREIGN CURRENCY EXPORTED ABROAD: A COMPARATIVE ANALYSIS OF AZERBAIJANI AND TURKISH LAW
Hajredin KUÇI Prof. Ass. Dr. Kastriote VLAHNA	Hasan Prishtina University KOSOVO	RECOGNITION AND ENFORCEMENT OF FOREIGN CIVIL JUDGMENTS IN CROSS-BORDER LEGAL COOPERATION
Prof. Ass. Dr. Kastriote VLAHNA Hajredin KUÇI	Hasan Prishtina University KOSOVO	EFFICIENCY OF CIVIL PROCEDURE IN KOSOVO: ANALYSIS OF DELAYS AND PROCEDURAL REFORMS
Dafina VLAHNA	Hasan Prishtina University KOSOVO	LEGAL REGULATION OF CRYPTOCURRENCIES
Dafina VLAHNA	Hasan Prishtina University KOSOVO	FISCAL TRANSPARENCY AND TAX EVASION
Dr. Milea DIANA	"Constantin Stere"University of European Political and Economic Science MOLDOVA	NATIONAL INITIATIVE FOR THE SPECIALIZATION OF JUSTICE PROFESSIONALS IN COMBATING FORCED MARRIAGES AND VIOLENCE AGAINST WOMEN AND DOMESTIC VIOLENCE IN THE REPUBLIC OF MOLDOVA
Dr. Milea DIANA	"Constantin Stere"University of European Political and Economic Science MOLDOVA	FORCED MARRIAGE AS AHIDDEN LABOUR EXPLOTATION IN THER EPUBLIC OF MOLDOVA: A CRIMINOLOGICAL AND LEGAL ANALYSIS
Hijrat HUSEYNZADE	Baku State University AZERBAIJAN	CARTEL AGREEMENTS AS A MEANS OF FORMING MONOPOLISTIC CRIMES
Huỳnh Minh Quân	Law lecturer at Sai Gon University VIETNAM	LEGAL CHALLENGES FOR VIETNAMESE EXPORT GOODS IN THE PROCESS OF TRADE GREENING AND ORIENTATIONS FOR LEGAL IMPROVEMENT

13.04.2026 / Session-1, Hall-5
Ankara Local Time: 09:00 – 11:00

Meeting ID: 848 5448 4368
Zoom Passcode: 123456

Head of Session: Prof. Dr. Sándor FÖLDVÁRI

Prof. Dr. Sándor FÖLDVÁRI	Debrecen University HUNGARY	TÜRKİYE'S SUPPORTING ROLE FOR CENTRAL-ASIAN TURKISH PEOPLES: THE HISTORICAL LESSONS OF THE FAMOUS TURKOLOGIST VÁMBÉRY IN THE RECENT SITUATION
Aktham Raed Ahmad Alqattamin	Miskolc University HUNGARY	SOVEREIGNTY IN THE MODERN WORLD-SYSTEM: STRUCTURE, POWER, AND POLITICAL PRACTICE
Aktham Raed Ahmad Alqattamin	Miskolc University HUNGARY	US AND THEM: DIVISION AS A STRUCTURAL CONDITION OF THE GLOBAL SYSTEM
Givi Duchidze	David Agmashenebeli National Defense Academy GEORGIA	FROM GEOECONOMICS TO GEOPOLITICS: THE UNITED STATES AND CHINA IN THE 21st CENTURY WORLD ORDER
Prof. Dr. Süreyya YİĞİT	New Vision University GEORGIA	GEOPOLITICAL SHIFTS IN EUROPEAN SECURITY: SPRING 2026
Muhsin Khidirov	"Silk Road" International University of Tourism and Cultural Heritage UZBEKISTAN	TYPES OF RABATS IN CENTRAL ASIA
Mujkan MEMMEDZADE	Military Scientific Research Institute AZERBAIJAN	ANALYIS OF THE METHODOLOGICAL FOUNDATIONS OF MILITARY SCIENTIFIC PERSONNEL TRAINING IN THE CONTEXT OF INTERNATIONAL EXPERIENCE
EL-BOUZIDI Ahmed ELABBARI Chaimaa ACHIOU Brahim BEQQOUR Dounia ABROUKI Younes Latifa BEN AKKA ELABBARI Chaimaa LOUKILI Hayat	Hassan II University MOROCCO Mohammed V University MOROCCO Ibn Tofail University MOROCCO	RECENT DEVELOPMENTS IN SAMPLE PREPARATION TECHNIQUES FOR ELEMENTAL AND ISOTOPIC ANALYSIS OF GEOLOGICAL MATERIALS
Anunobi, H.N. Okpoko, P.U. Nwankwo, E. A.	Nigeria University NIGERIA	ELECTRICITY AND TRANSPORT AS BINDING CONSTRAINTS: A STAKEHOLDER ANALYSIS OF TOURISM INFRASTRUCTURE GAPS AND REGIONAL ECONOMIC GROWTH IN THE NIGER DELTA

13.04.2026 / Session-1, Hall-6
Ankara Local Time: 09:00 – 11:00

Meeting ID: 848 5448 4368
Zoom Passcode: 123456

Head of Session: Dr. Vatamanita MARIANA

Oussama CHAIB Prof. Mustapha ZIKY	Cadi Ayyad University MOROCCO	SPENDING SMART: THE NEW LOGIC OF PUBLIC FINANCE
Dr. Vatamanita MARIANA	"Constantin Stere"University of European Political and Economic Science MOLDOVA	FRAUD IN PUBLIC PROCUREMENT PROCEDURES FOR CONSTRUCTION WORKS IN THE REPUBLIC OF MOLDOVA
Suzana TURCU Lăcrămioara PETRE	Romanian Academy ROMANIA	PUBLIC FINANCING TRENDS IN ROMANIA: A COMPARATIVE ANALYSIS OF SOCIAL EXPENDITURE, HEALTH SPENDING AND BUDGET DEFICIT (2013–2025)
Ionuţ – Claudıu Alesuţan Assoc. Prof. Dr. Habil. DENISA – BOGDANA ABRUDAN	West University of Timisoara ROMANIA	IMPACT OF CHANGE IN THE ORGANIZATIONAL STRUCTURE AT THE LEVEL OF THE POLICE INSPECTORATE OF SATU MARE COUNTY
Prof. Dr. Nadhim M. Faleh	Mustansiriyah University IRAQ	SOCIAL REFORM: THE INTELLECTUAL FOUNDATIONS OF THE SADRIST MOVEMENT BASED ON FRIDAY SERMON (45) BY MUHAMMAD AL-SADR
Prof. Dr. Nadhim M. Faleh	Mustansiriyah University IRAQ	THE SADRIST SCHOOL: SCIENTIFIC METHODOLOGY IN STRUCTURING FRIDAY PRAYER SERMONS
Nikola KOŽUL Marco Antonio BARIŠIĆ Prof. Daniel TOMIĆ	Juraj Dobrila University CROATIA	GAME THEORY AND WEALTH REDISTRIBUTION: THE PRISONER'S DILEMMA BETWEEN WORKERS AND CAPITALISTS
Joy Nneka Uchenye Ejikeme Emmanuel Chijioke Mmadu	Nigeria University NIGERIA	ACHIEVING THE UNITED NATIONS SUSTAINABLE DEVELOPMENT GOALS THROUGH COMMUNITY-BASED TOURISM IN NIGERIA

13.04.2026 / Session-1, Hall-7
Ankara Local Time: 09:00 – 11:00

Meeting ID: 848 5448 4368
Zoom Passcode: 123456

Head of Session: Dr. A Rohini

Ademola Emmanuel Akinyele Akinola Morufu Biodun Ajimati Blessing Oluwatosin	Federal University of Technology NIGERIA	LIQUIDITY MANAGEMENT AND FINANCIAL PERFORMANCE OF QUOTED MANUFACTURING FIRMS IN NIGERIA: EVIDENCE FROM CASH FLOW-BASED MEASURES
Besnik Saliu	American College University NORTH MACEDONIA	ACCESS TO BANK CREDIT AND FINANCING BARRIERS AMONG MICRO AND SMALL ENTERPRISES IN NORTH MACEDONIA
Yusuf Ahmed Tijjani Saifullahi Falalu Samau'al Sani	Ahmadu Bello University NIGERIA	FROM SOLUDO TO CARDOSO: A PLS-SEM PREDICTIVE ANALYSIS OF STAKEHOLDER VALUE CREATION IN NIGERIA'S 2024-2026 COMMERCIAL BANK RECAPITALIZATION
Dhivya C Abidh M Karthika P Kaviya G	SRS Institute of Agriculture and Technology INDIA	ENTREPRENEURIAL BEHAVIOUR AMONG FARMERS: A KEY DRIVER OF AGRICULTURAL TRANSFORMATION
Gaetano RAGO	Salerno University ITALY	ACTIVITY-BASED COSTING AND TECHNOLOGY INVESTMENT APPRAISAL IN A AGRI-FOOD ENTERPRISE: AN EXPLORATORY CASE STUDY
Dr. A Rohini Tayanithaa N S	KGISL Institute of Technology INDIA	OPTIMIZATION OF BEVERAGE DISTRIBUTION AND SALES – A STUDY ON KALIMARK BOVONTO
P.Keerthana Dr. A.Rohini	KGiSL Institute of Technology INDIA	SALES TEAM ALLOCATION & PROJECT PLANNING
S.DHARSHAN Dr.A.Rohini	KGiSL Institute of Technology INDIA	DYNAMIC ORDER ALLOCATION AND DELIVERY SCHEDULING SYSTEM FOR ONLINE SHOPPING PLATFORMS

13.04.2026 / Session-2, Hall-1
Ankara Local Time: 11:30 – 13:30

Meeting ID: 848 5448 4368
Zoom Passcode: 123456

Head of Session: Prof. Dr. Naci Ömer ALAYUNT

Soner YILDIZ Assoc. Prof. Dr. Hacer Ozlem KALAYCI Assoc. Prof. Dr. Yunus Emre IBIK Prof Dr. Mustafa Kerem CALGIN	Ordu University TÜRKİYE	PATHOGEN DISTRIBUTION AND ANTIBIOTIC RESISTANCE PATTERNS IN URINE CULTURES IN 2025: A RETROSPECTIVE ONE-YEAR ANALYSIS
Assist. Prof. Dr. Simge Ünal IŞIK Assist. Prof. Dr. Ece GÖKYAYLA	Uşak University TÜRKİYE Ege University TÜRKİYE	CLINICAL CHARACTERISTICS OF BEHÇET'S DISEASE IN A DERMATOLOGY- BASED TERTIARY COHORT: A RETROSPECTIVE ANALYSIS OF 265 PATIENTS
Assoc. Prof. Dr. Taha Emre KÖSE	Recep Tayyip Erdoğan University TÜRKİYE	AN UNEXPECTED GHOST IMAGE
Assoc. Prof. Dr. Taha Emre KÖSE	Recep Tayyip Erdoğan University TÜRKİYE	APPEARANCE OF CAROTID STENTS IN PANORAMIC RADIOGRAPHY
Prof. Dr. Naci Ömer ALAYUNT	Siirt University TÜRKİYE	THE COMBINED VALUE OF COPEPTIN, GDF-15 AND OXIDATIVE STRESS MARKERS IN THE EARLY DIAGNOSIS AND PROGNOSIS OF ACUTE MYOCARDIAL INFARCTION
Prof. Dr. Naci Ömer ALAYUNT	Siirt University TÜRKİYE	THE ROLE OF ANTIOXIDANT SYSTEMS AND ANTI-INFLAMMATORY CYTOKINES IN ISCHEMIA-REPERFUSION INJURY ASSOCIATED WITH OVER- TORSION
Dr. Yasemin DÖNMEZ YURTSEVER Dr. Onur Hasret YURTSEVER	Defne State Hospital Hatay TÜRKİYE Samsun University TÜRKİYE	EVALUATION OF ULTRASONOGRAPHY RESULTS IN BIRADS 0 PATIENTS REFERRED TO OUTPATIENT CLINIC AFTER SCREENING MAMMOGRAPHY IN PRIMARY CARE
Assoc. Prof. Dr. Başar ERDİVANLI	Recep Tayyip Erdoğan University TÜRKİYE	OCCULT SEVERE CEREBRAL ARTERIAL DISEASE PRESENTING AS POSTOPERATIVE HEMIPARESIS AFTER TOTAL LARYNGECTOMY

13.04.2026 / Session-2, Hall-2
Ankara Local Time: 11:30 – 13:30

Meeting ID: 848 5448 4368
Zoom Passcode: 123456

Head of Session: Assoc. Prof. Dr. Övünç ÖZTÜRK

Assoc. Prof. Dr. Övünç ÖZTÜRK	Manisa Celal Bayar University TÜRKİYE	DATA-DRIVEN EARLY WARNING APPROACHES IN PREDICTIVE MAINTENANCE
Neriman YILDIZ Assoc. Prof. Dr. Merve LAZOĞLU Prof. Dr. Sevda ELİŞ YILDIZ	Giresun Women's Health and Children's Diseases Training and Research Hospital TÜRKİYE Kafkas University TÜRKİYE Kafkas University TÜRKİYE	DIGITAL HEALTH APPLICATIONS IN THE POSTPARTUM PERIOD
Assoc. Prof. Dr. Merve LAZOĞLU Neriman YILDIZ Prof. Dr. Sevda ELİŞ YILDIZ	Kafkas University TÜRKİYE Giresun Women's Health and Children's Diseases Training and Research Hospital TÜRKİYE KafkasUniversity TÜRKİYE	THE EFFECTS OF CLIMATE CHANGE ON MATERNAL AND FETAL HEALTH
Assist. Prof. Dr. Elif DOĞAN	Ordu University TÜRKİYE	NEW APPROACHES AND PRECISION THERAPIES IN EPILEPSY: THE ROLE OF THE PI3K/AKT/mTOR PATHWAY
Assoc. Prof. Dr. Mehmet Cihan YAVAŞ	Mardin Artuklu University TÜRKİYE	INVESTIGATION OF MOBILE PHONE USAGE BEHAVIOR IN INDIVIDUALS AND REAL-TIME RADIOFREQUENCY RADIATION MEASUREMENT
Lect. Mustafa KAYA	Ondokuz Mayıs University TÜRKİYE	INTENT AND SENTIMENT ANALYSIS FOR TURKISH CUSTOMER SERVICE CHATBOTS: A COMPARATIVE STUDY

13.04.2026 / Session-2, Hall-3
Ankara Local Time: 11:30 – 13:30

Meeting ID: 848 5448 4368
Zoom Passcode: 123456

Head of Session: Assoc. Prof. Dr. Çetin AYKURT

Eren YİĞİTOĞLU	Ankara Hacı Bayram Veli University TÜRKİYE	BORDER SECURITY AND DIPLOMACY IN BALKAN GEOPOLITICS: AN ANALYSIS OF THE 1925 PETRICH INCIDEN
Banu YILMAZ	Gümüşhane University TÜRKİYE	PUBLIC ORDER AND CRIME TYPES IN ORDU DISTRICT AT THE BEGINNING OF THE 20TH CENTURY (1900-1915)
Assist. Prof. Dr. Mustafa ARIKAN Assoc. Prof. Dr. Muhammet YILDIZ	Recep Tayyip Erdoğan University TÜRKİYE	THE ROLE OF HAKİMİYET-İ MİLLİYE NEWSPAPER IN PUBLIC OPINION MANAGEMENT DURING THE BATTLES OF KÜTAHYA-ESKİŞEHİR
Assoc. Prof. Dr. Çetin AYKURT	Yozgat Bozok University TÜRKİYE	ASIM EFENDI'S UNDERSTANDING OF HISTORY
Assoc. Prof. Dr. Çetin AYKURT	Yozgat Bozok University TÜRKİYE	GIRLS' INDUSTRIAL SCHOOLS
Assoc. Prof. Dr. Suat AKYÜREK	Gümüşhane University TÜRKİYE	AN EVALUATION OF RESTAURANT ENTREPRENEURSHIP AND RESTAURANT TYPES FROM PAST TO PRESENT
Lect. Muhlise CANLI	Gümüşhane University TÜRKİYE	A FEMINIST PERSPECTIVE ON WOMEN'S RIGHT IN AFGHANISTAN DURING THE TALIBAN ERA

13.04.2026 / Session-2, Hall-4
Ankara Local Time: 11:30 – 13:30

Meeting ID: 848 5448 4368
Zoom Passcode: 123456

Head of Session: Dr. Eri GJOKA

Larisa POPA	Romanian Academy ROMANIA	HUMAN CAPITAL, LABOR MARKET TRANSFORMATION, AND RENEWABLE ENERGY TRANSITION: EVIDENCE FROM ROMANIA AND TURKEY
Anca CRISTEA Ileana MĂRGINEAN	Hyperion University ROMANIA Institute of National Economy ROMANIA	DEINDUSTRIALIZATION AND REINDUSTRIALIZATION: INTER-SECTORAL IMPLICATIONS. EVIDENCE FROM ROMANIA IN THE EUROPEAN CONTEXT
Mihaela BALOTĂ	Romanian Academy ROMANIA	ECONOMIC DISPARITIES AND URBAN–RURAL INEQUALITIES FROM THE PERSPECTIVE OF EMERGING APPROACHES IN CASH PAYMENTS: A COMPARATIVE ANALYSIS OF ROMANIA AND TURKEY (2014–2024)
Dr. Eri GJOKA	Tirana University ALBANIA	UNEMPLOYMENT AMID LABOR SHORTAGES: EXPLAINING SKILLS MISMATCH IN THE ALBANIAN LABOR MARKET
Katerina Katsarska	Bulgarian Academy of Sciences BULGARIA	AGE DISCRIMINATION AND ATTITUDES TOWARDS WORK AMONG WORKERS OVER 55 YEARS OLD
Taiwo Ebenezer ADELEKE Theresa Adaobi CHIMEZIE	Uyo University NIGERIA	JOB ENRICHMENT AND TEACHERS' RETENTION IN PRIVATE SECONDARY SCHOOLS IN AKWA IBOM STATE
Saeed Ahmad Zaman Dr. Naima Nawaz Dr. Zain Nawaz Aruma Ashraf Dr. Muhammad Idrees	The University of Lahore PAKISTAN Agriculture University PAKISTAN Government College University PAKISTAN	HUMAN CAPITAL: EDUCATION AND HEALTH IN ECONOMIC DEVELOPMENT
Mila PAVLOVIĆ Aleksandar KOVJANIĆ	Belgrade University SERBIA	SOCIO-ECONOMIC CHANGES IN THE RAŠKA REGION ON THE EXAMPLE OF VILLAGES ON MOUNT ROGOZNA
Raneem Abdalrahim	Alexandru Ioan Cuza University ROMANIA	FINANCIAL BURDEN OF DIABETES IN THE EUROPEAN UNION
Anca CRISTEA	Hyperion University ROMANIA	RENEWABLE ENERGY DEVELOPMENT IN ROMANIA AND TURKEY: A COMPARATIVE STRUCTURAL ANALYSIS

13.04.2026 / Session-2, Hall-5
Ankara Local Time: 11:30 – 13:30

Meeting ID: 848 5448 4368
Zoom Passcode: 123456

Head of Session: Assoc. Prof. Dr. Vyacheslav PRYLYUK

Dr. Chukwuemeka Godson Eme Mohammed Bappah	National Open University NIGERIA	SUSTAINABILITY STRATEGIES IN CONTEMPORARY BUSINESS MANAGEMENT: INTEGRATING ENVIRONMENTAL, SOCIAL, AND GOVERNANCE (ESG) PRINCIPLES IN CORPORATE PLANNING (A STUDY OF NIGERIAN NATIONAL PETROLEUM COMPANY LTD., ABUJA, NIGERIA)
Mayah, Eunice Ekwueme, Chika Maureen	Federal College of Education NIGERIA	BLOCKCHAIN TECHNOLOGY AND FRAUD MANAGEMENT IN MANUFACTURING FIRMS IN NIGERIA
Rina Hudaini Widya Ayu Purwati Mercurius Broto Legowo	Perbanas Institute INDONESIA	ONLINE PAYMENT FRAUD DETECTION USING THE XGBOOST ALGORITHM IN MSMES
Libina Babu Prof. Dr. Gireesh Kumar G.S Principal Aby Emmanuel Lopus	Nirmala College INDIA G.S Principal, Henry Baker College INDIA St Joseph's Institute of Hotel Management and Catering Technology INDIA	BEYOND ADOPTION: A CRITICAL OPINION ON EMERGING BARRIERS AND CHALLENGES IN FINTECH SERVICES
Assoc. Prof. Dr. Vyacheslav PRYLYUK	Taras Shevchenko University UKRAINE	MEDIA ECONOMY – A DYNAMIC INNOVATIVE BRANCH OF GLOBAL BUSINESS
Dr. Chukwuemeka Godson Eme	National Open University NIGERIA	GLOBALIZATION AND ECONOMIC DEVELOPMENT AND ITS EFFECTS ON THE TELECOMMUNICATIONS INDUSTRY IN NIGERIA: AN EMPIRICAL INSIGHT OF AIRTEL NIGERIA
Prince Umar Baba Shaaba	Ahman Pategi University NIGERIA	THE ROLE OF BOOKKEEPING IN SMALL SCALE BUSINESSES IN KWARA STATE METROPOLIS: A CASE STUDY OF PATEGI LOCAL GOVERNMENT
Yusuf Ahmed Tijjani Abu-Ubaidah Abubakar Aliyu Usman Hamza	Ahmadu Bello University NIGERIA	DOES PRE-ELECTION POLITICAL UNCERTAINTY AFFECT SME PERFORMANCE IN NIGERIA?
Dr. Venet Shala Dr. Demir Lima Dr. Hamdi Hoti	Prizren University KOSOVO	THE IMPACT OF MANAGEMENT STYLE ON EMPLOYEE MOTIVATION AND PERFORMANCE

13.04.2026 / Session-2, Hall-6
Ankara Local Time: 11:30 – 13:30

Meeting ID: 848 5448 4368
Zoom Passcode: 123456

Head of Session: Dr. Zubia Shah

Dr. Benard Shehu Klerida Shehu Fatjona Kraja Bledar Kraja	University of Medicine ALBANIA University of Medicine ALBANIA University Hospital Center "Mother Teresa" ALBANIA University of Medicine ALBANIA	UNMASKING CARDIOTOXICITY RISK: THE ROLE OF SERIAL CARDIAC BIOMARKERS IN BREAST CANCER THERAPY
Ahmad Shafi Antar Helal Uddin	Liaquat University of Medical and Health Sciences PAKISTAN Hajee Mohammad Danesh Science and Technology University BANGLADESH	EFFICACY AND SAFETY OF SGLT2 INHIBITORS IN HEART FAILURE PATIENTS: A SYSTEMATIC REVIEW AND META-ANALYSIS
A. I. Yaradua A. J. Alhassan M. K. Atiku K. I., L. Shuaibu Y.Y. Riko I Muhammad	Umaru Musa Yar'adua University NIGERIA	PREVALENCE OF CARDIOVASCULAR RISK FACTORS AND METABOLIC SYNDROME IN SUBJECTS ATTENDING THE GENERAL OUTPATIENT DEPARTMENT OF THE FEDERAL MEDICAL CENTER KATSINA STATE, NORTH WEST NIGERIA
Christiana Ene AGBO Assoc. Prof. Roseline Toyin ABAH	Abuja University NIGERIA	A DETERMINISTIC MODEL FOR CARDIOVASCULAR DISEASE: ANALYSIS, SIMULATION, AND CONTROL IMPLICATIONS
Dr. Zubia Shah	Khyber Girls' Medical College PAKISTAN	IMPACT OF MODERATE-INTENSITY PHYSICAL ACTIVITY ON ANTIOXIDANT DEFENSE IN PREDIABETIC POPULATION
Afsheen Mahmood Naveed Afzal Khan Shahzad Ahmad Shahida Naz Farida Ahmed Abdul Jalil Khan	Khyber Girls Medical College PAKISTAN Northwest General Hospital PAKISTAN Pak International Medical College PAKISTAN Khyber Medical University PAKISTAN	HEMOGLOBIN LEVELS AND DURATION OF DISEASE IN TYPE-II DIABETES MELLITUS PATIENTS
Ibrahim Sani Dikko	Umaru Musa Yar'adua University NIGERIA	GLYCEMIC AND BIOCHEMICAL IMPACTS OF PURE HONEY AS A SUBSTITUTE FOR REFINED SUGAR IN DIABETIC MODELS
Gergana Todorova	Medical University – Plovdiv BULGARIA	INSULIN RESISTANCE IN YOUNG PEOPLE: A GROWING PROBLEM AND OPPORTUNITIES FOR EARLY INTERVENTION
Manal Khanouchi Bilal EL-Mansoury Fatima Ez-Zahraa Saad Kamal Smimih Arumugam R. Jayakumar Omar El Hiba	Chouaib Doukkali University MOROCCO	SEXUAL DIMORPHISM IN EXPERIMENTAL MODELS OF HEPATIC ENCEPHALOPATHY: INSIGHTS FROM IN VIVO, IN VITRO, AND IN SILICO APPROACHES

13.04.2026 / Session-2, Hall-7
Ankara Local Time: 11:30 – 13:30

Meeting ID: 848 5448 4368
Zoom Passcode: 123456

Head of Session: Dr. U. Venkateswara prasad

Arnob Dey Nil	Habiganj Agricultural University BANGLADESH	RABIES AWARENESS AND PREVENTION EDUCATION AMONG CHILDREN UNDER 15 YEARS OF AGE IN THE ASIAN REGION
Akilan G Madhu sravani darla Dr. Vignesh chandran Dr. P.R. Thenmozhivalli Dr. U. Venkateswara prasad	B.S. Abdur Rahman Crescent Institute of Science and Technology INDIA Tagore medical college and hospital INDIA	IDENTIFICATION AND CHARACTERIZATION OF KEY VIRULENCE GENES IN MULTIDRUG-RESISTANT UPEC ISOLATES
Mohammed Arafath A. Nusrath Unissa	BSA Crescent Institute of Science and Technology INDIA	DETECTION OF CYTOMEGALOVIRUS CO-INFECTION IN HIV-INFECTED INDIVIDUALS
S. Varshini A. Inbanathan A. Malathi A. Nusrath Unissa Hanna L. E.	BSA Crescent Institute of Science and Technology INDIA Indian Council of Medical Research (ICMR) INDIA	ASSESSMENT OF ICAM-1, SCD163, AND SCD14 LEVELS IN TREATED AND UNTREATED HIV INFECTION
Ajaykumar.K Madhu Sravani Darla Dr. U. Venkateswara prasad	B. S. Abdur Rahman Crescent Institute of Science and Technology INDIA	CHARACTERIZATION AND FUNCTIONAL INSIGHTS INTO VIRB GENE VARIATION IN MULTI DRUG RESISTANT SHIGELLA ISOLATES
Srimathi.R Madhu Sravani Darla Dr. U. Venkateswara prasad	B. S. Abdur Rahman Crescent Institute of Science and Technology INDIA	CHARACTERIZATION AND FUNCTIONAL INSIGHTS INTO RFPB GENE VARIATIONS IN MULTIDRUG- RESISTANT SHIGELLA
Doha EL Meskini Fettouma Chraa Jihane Touhtouh Mouna Ouadghiri Abdelhakim Bouyahya Tarik Aanniz	Mohammed V University MOROCCO Sidi Mohamed Ben Abdellah University MOROCCO Naples University ITALY	TARGETING AGGREGATIBACTER ACTINOMYCETEMCOMITANS LEUKOTOXIN WITH MOROCCAN PROPOLIS-DERIVED COMPOUNDS
Dr. Akshay Chandra Deka Mr. Bikash Bania	Regional College of Health Sciences INDIA Rangia College INDIA	MICROBIAL CONTAMINATION AND ANTIBIOTIC RESISTANCE IN MUNICIPAL DUMPNG GROUNDS
S. DHARANI Dr.S.Selvam	Nadar Mahajana Sangam S.Vellaichamy Nadar College INDIA	BIOTECHNOLOGY INNOVATIONS IN DISEASE PREVENTION

13.04.2026 / Session-3, Hall-1
Ankara Local Time: 14:00 – 16:00

Meeting ID: 848 5448 4368
Zoom Passcode: 123456

Head of Session: Assoc. Prof. Dr. Mehmet BİRİNCİ

Özge AYDIN	Giresun Training and Research Hospital TÜRKİYE	REGIONAL INCIDENCE AND CLINICAL-DEMOGRAPHIC CHARACTERISTICS OF MALIGNANT MELANOMA: A SINGLE- CENTER STUDY FROM THE BLACK SEA REGION OF TURKEY
Assist. Prof. Dr. Bircan ÇALIŞIR	Fırat University TÜRKİYE	COMPARISON ANALYSIS OF ML AND DL ALGORITHMS ON CANCER DETECTION AND PREDICTION FOR DIFFERENT DATASETS
Burak UYSAL Yıldız Can BAL Prof. Dr. Haluk KEFELİOĞLU Prof. Dr. Zülal ATLI ŞEKEROĞLU Prof. Dr. Vedat ŞEKEROĞLU	Ondokuz Mayıs University TÜRKİYE Ordu University TÜRKİYE	CYTOTOXIC EFFECTS OF DOXYCYCLINE AND DOXORUBICIN ON MCF-7 CELLS (115)
Yiğit Yavuz ÇINAR Prof. Dr. Zülal ATLI ŞEKEROĞLU Prof. Dr. Vedat ŞEKEROĞLU Seval KONTAŞ YEDİER Assist. Prof. Dr. Ceren BÖRÇEK KASURKA	Ordu University TÜRKİYE	APOPTOTIC EFFECTS OF MIVEBRESIB ON TRIPLE-NEGATIVE BREAST CANCER CELLS
Elif GÜLENÇ Yıldız Can BAL Emrah ÖZLER Prof. Dr. Zülal ATLI ŞEKEROĞLI Prof. Dr. Vedat ŞEKEROĞLI	Ordu University TÜRKİYE	IN VITRO CYTOTOXIC EFFECTS OF CARBOPLATIN AND DOXORUBICIN ON PROSTATE CANCER CELLS
Assoc. Prof. Dr. Mehmet BİRİNCİ	Recep Tayyip Erdoğan University TÜRKİYE	AURICULAR KAPOSI SARCOMA IN HIV-NEGATIVE PATIENTS
Assoc. Prof. Dr. Mehmet BİRİNCİ	Recep Tayyip Erdoğan University TÜRKİYE	A RARE CASE OF LYMPHOMA SHOWING ANAPLASTIC AND PLASMOCYTOID MORPHOLOGY: DIAGNOSTIC CHALLENGES

13.04.2026 / Session-3, Hall-2
Ankara Local Time: 14:00 – 16:00

Meeting ID: 848 5448 4368
Zoom Passcode: 123456

Head of Session: Assoc. Prof. Dr. Alper HAMZADAYI

Mahmut Emin SARIKAYA Muhammed Yakup GUNEY Assoc. Prof. Dr. Dogan SENGUL	İstanbul Sabahattin Zaim University TÜRKİYE	DIGITAL TRANSFORMATION IN PARTICIPITATION BANKING SECTOR PROJECT MANAGEMENT: EVALUATING AI INTEGRATION AND AGILE METHODOLOGIES
Zehra AIROUT Assoc. Prof. Dr. Dogan SENGUL	İstanbul Sabahattin Zaim University TÜRKİYE	PROJECT MANAGEMENT CHALLENGES IN THE DEFENCE INDUSTRY: A STRATEGIC ANALYSIS OF RISK MITIGATION AND ORGANIZATIONAL STRUCTURES
Assoc. Prof. Dr. Alper HAMZADAYI Mehmet Ali ARVAS	Van Yüzüncü Yıl University TÜRKİYE	SCHEDULING IDENTICAL PARALLEL MACHINES WITH SEQUENCE- DEPENDENT SETUPS UNDER A SHARED SERVER CONSTRAINT
Assoc. Prof. Dr. Alper HAMZADAYI	Van Yüzüncü Yıl University TÜRKİYE	INTEGRATED SCHEDULING OF UNRELATED PARALLEL MACHINES WITH SEQUENCE-DEPENDENT SETUPS AND A SHARED SETUP RESOURCE
Ünal YILMAZ Prof. Dr. Figen BALO	Fırat University TÜRKİYE	MULTI-CRITERIA EVALUATION FOR UNMANNED AERIAL VEHICLE SELECTION FOR PHOTOGRAPHY APPLICATIONS
Ünal YILMAZ Prof. Dr. Figen BALO	Fırat University TÜRKİYE	COMPARATIVE ANALYSIS OF THE EFFECT OF DIFFERENT STEEL ALLOYS ON THE MECHANICAL PERFORMANCE OF UAV BODY STRUCTURE
Prof. Dr. Şebnem YILDIZ YAR Çağlayan BÜLÜR	Ordu University TÜRKİYE	APPLICATION OF QUASI-F-POWER ICREASING SEQUENCES FOR ABSOLUTE MATRIX SUMMABLITY
Dr. Serpil HALICI Büşra NELİK	Pamukkale University TÜRKİYE	ON FUZZY BICOMPLEX FBONACCI NUMBERS

13.04.2026 / Session-3, Hall-3
Ankara Local Time: 14:00 – 16:00

Meeting ID: 848 5448 4368
Zoom Passcode: 123456

Head of Session: Prof. Dr. Selami ŞİMŞEK

Prof. Dr. Selami ŞİMŞEK	Gümüşhane University TÜRKİYE	AN UNKNOWN SUFI FROM ORDU: MÜDERRİS SÜLEYMAN SÂMÎ (ÖZCAN) EFENDİ AND HIS WORK TITLED REHBERÜ'T-TÂLİBÎN
Lect. Dr. Fatma EREN	Ordu University TÜRKİYE	IBN KEMAL PASHA'S CRITIQUES OF AL-BAYḌĀWĪ IN THE TAFSĪR OF SŪRAT AL-FĀTIḤA: A STUDY OF METHOD AND CONTENT
Assist. Prof. Dr. İsa EREN	Ordu University TÜRKİYE	THE APPROACH OF AL-MANĀR TO THE DEBATE ON THE AGE OF AISHA'S MARRIAGE
Abdul Latif RAHİMİ	Burdur Mehmet Akif Ersoy University TÜRKİYE	COMPANIES IN ISLAMIC LAW

13.04.2026 / Session-3, Hall-4
Ankara Local Time: 14:00 – 16:00

Meeting ID: 848 5448 4368
Zoom Passcode: 123456

Head of Session: Md. Mosabbir Hossain

Huma Ikram Hannah Tariq Zoha Bint e Sabir Darakhshan J. Haleem	Karachi University PAKISTAN	LOW-DOSE APOMORPHINE NANOPARTICLES: A BEHAVIORAL AND NEUROCHEMICAL PROFILING IN RATS
Tanya Gesheva	Medical University – Plovdiv BULGARIA	THE THERAPEUTIC POTENTIAL OF MEDICAL CANNABIS IN PARKINSON'S DISEASE
Keerthana.V Meenatchi.S Kishore.R Vaishnavi.k	Bharath Institute of Higher Education and Research INDIA	GUAVA (PSIDIUM GUAJAVA L.): A GLORIOUS PLANT WITH CANCER PREVENTIVE AND THERAPEUTIC POTENTIAL
FELLAKI Anas ABOUROUH Mohamed ELYACOUBI Houda ELYAMANI Asmaa Aboukhalaf Abdelghani ROCHDI Atmane	Ibn Tofail University MOROCCO	GLOBAL MEDICINAL USE OF DESERT TRUFFLES: A MINI-REVIEW
Leila BENNANI ZIATNI Rajae BELKHOU Abdelouahed HAJJAJI	Sidi Mohamed Ben Abdellah University MOROCCO	BIOCONTROL SCREENING OF SOIL-DERIVED BACTERIAL STRAINS AGAINST CEREAL FUNGAL PATHOGENS
James Busayo Agboola Omodesola Oluwafisayo Ogunruku Olukayode Samuel Ajayi Oluwadare Joel Agunbiade	Obafemi Awolowo University NIGERIA	SEQUENTIAL FRACTIONATION AND CHARACTERIZATION OF MONOAMINE OXIDASE-INHIBITORY COMPOUNDS FROM EUPHORBIA KAMERUNICA
Babita Gupta	Institute of technology and Management NIGERIA	THERMAL-SENSITIVE FOOD PRODUCTS FOR THERAPEUTIC APPLICATIONS
Md. Mosabbir Hossain	Rajshahi Institute of Bioscience BANGLADESH	BIOINFORMATICS-BASED TARGET GENE INTERACTION AND PHARMACOKINETIC EVALUATION OF SELECTED FLAVONOIDS

13.04.2026 / Session-3, Hall-5
Ankara Local Time: 14:00 – 16:00

Meeting ID: 848 5448 4368
Zoom Passcode: 123456

Head of Session: Prof. Dr. Md. Ataur Rahman

Dr.Aldo Vangjeli	Albanian University ALBANIA	SURGICAL COMPLICATIONS IN ORAL IMPLANTOLOGY: CLINICAL MANAGEMENT, RISK FACTORS, AND THE CRITICAL ROLE OF PRACTITIONER PROFICIENCY
P.H. Najafgulieva X.G. Huseynova B.I. Sadigov	Azerbaijan Medical University AZERBAIJAN	EFFECTIVENESS OF ENDOSCOPIC METHODS IN CONTROLLING ACUTE UPPER GASTROINTESTINAL BLEEDING: A RETROSPECTIVE STUDY
Aayushi Agarwal Bansal	Atmiya University INDIA	LAB-ON-A-CHIP DEVICES FOR POINT-OF-CARE TESTING: CLINICAL APPLICATIONS AND RECENT ADVANCES
Bulbul Hossen Mousumi Saha Prof. Dr. Md. Ataur Rahman	Gazipur Agricultural University BANGLADESH	CLINICAL OUTCOMES OF VENTRAL MIDLINE VERSUS FLANK APPROACHES IN OVARIOHYSTERECTOMY OF PERSIAN CATS
Md. Mahamudul Hasan Mousumi Saha Dr. Md. Ataur Rahman	Gazipur Agricultural University BANGLADESH	ADVANCING CANINE WOUND CARE: PLATELET-RICH PLASMA IN CUTANEOUS WOUND HEALING
Mir Nadim Mousumi Saha	Gazipur Agricultural University BANGLADESH	ACCELERATED CUTANEOUS WOUND HEALING IN RABBITS TREATED WITH ALOE VERA: AN EXPERIMENTAL STUDY
Abdelaziz EZAKY Abdelilah ELHAMIL Fouad MOKRINI Nezha BOUHADDOU Najoua LABJAR Souad EL HAJJAJI	Mohammed V University MOROCCO Regional Center of Agricultural Research MOROCCO	HISTOPATHOLOGICAL ASSESSMENT OF PLANT-BASED RODENTICIDES: EFFECTS OF NERIUM OLEANDER AND PEGANUM HARMALA ON RAT ORGANS
M. Sweetling Gifta Monisha S Ranjani S	B. S. Abdur Rahman Crescent Institute of Science and Technology INDIA	GREEN NANOCOLLOIDS TO COMBAT PATHOGENS CAUSING DENTAL CARIES
Monisha S Ranjani S	B. S. Abdur Rahman Crescent Institute of Science and Technology INDIA	HERBOMINERAL NANOTHERAPY FOR TARGETING STREPTOCOCCUS MUTANS ASSOCIATED DENTAL INFECTIONS

13.04.2026 / Session-3, Hall-6
Ankara Local Time: 14:00 – 16:00

Meeting ID: 848 5448 4368
Zoom Passcode: 123456

Head of Session: Prof. Dr. Larbi EL FARH

Badre Zinaoui Pr.Labjar Najoua Pr.EL Hajjaji souad ELABBARI Chaimaa	Mohammed V University MOROCCO	INTEGRATED SOLAR DESALINATION WITH THERMAL STORAGE AND ENERGY RECOVERY
Mouad Benaicha Mohammed El Goual	Mohammed 1st University MOROCCO Mohammed First University MOROCCO	IMPROVING PHOTOVOLTAIC/THERMAL PERFORMANCE WITH INNOVATIVE COOLING DUCT DESIGNS
Dhruv Chauhan Lovedeep Sahota	Swami Shraddhanand College INDIA	PERFORMANCE ANALYSIS OF COMPACT SOLAR DISTILLATION SYSTEM COUPLED WITH MULTIPLE WATER HEATING SOURCES
Mouad Benaicha Youssef.Ech-Chine Mohammed El Goual	Mohammed 1st University MOROCCO Mohammed First University MOROCCO	NUMERICAL EVALUATION OF INNOVATIVE RIB GEOMETRY FOR BOOSTING HEAT TRANSFER IN SOLAR AIR HEATER DUCTS
Mounaim BENCHEIKH Prof. Dr. Larbi EL FARH	Mohammed First University MOROCCO	HIGH-TEMPERATURE THERMOELECTRIC EFFICIENCY OF A THALLIUM SELENIDE MONOLAYER INDUCED BY TENSILE STRAIN
Raja Nabeel-Ud-Din Jalal Dr. Luca Esposito Um-E-Roman Fayyaz	Catholic University of the Sacred Heart ITALY Foggia University ITALY Bologna University ITALY	IN TIMES OF CALM AND CRISIS: DO ENERGY INDICES DRIVE ENERGY FUTURES?
Helal Uddin Samia Amjad	Hajee Mohammad Danesh Science and Technology University BANGLADESH	DESIGN AND ANALYSIS OF BIOENERGY SYSTEMS THROUGH MECHANICAL AND BIOTECHNOLOGICAL INTEGRATION
Noura Azzi	Ibn Tofail University MOROCCO	RECENT ADVANCES AND MOLECULAR MECHANISMS IN MAGNETIC WATER TREATMENT: FROM CLASSICAL THEORY TO THE DOLLOP APPROACH
Lallouani HELLALI Saad BELHAMDİ Aboubaker Essadiq MAZOUZ Tahar NOUAOUİ	Msila University ALGERIA	ADAPTIVE DIRECT TORQUE CONTROL BASED TO ON FUZZY LOGIC FOR DOUBLE STATOR INDUCTION MACHINE

13.04.2026 / Session-3, Hall-7
Ankara Local Time: 14:00 – 16:00

Meeting ID: 848 5448 4368
Zoom Passcode: 123456

Head of Session: Dr. Shama Islam

Dr. Shama Islam Dr. Syed Shahabuddin Ashraf Dr. Zubair Aslam Dr. Mohd Shoab	School of Engineering Sciences and Technology INDIA	DESIGN, SYNTHESIS, AND CHARACTERIZATION OF POLY(o-toluIdIne)/ZnO NANOCOMPOSITES FOR ENERGY STORAGE
Ayoub Ahdour Nadya Douihi Omar Ouzaguine Latifa Aneflous Aziz Taoufyq Bahcine Bakiz Abdeljalil Benlhachemi	Ibn Zohr University MOROCCO	ENHANCED VISIBLE-LIGHT PHOTODEGRADATION OF TETRACYCLINE VIA AN EFFICIENT N–N HETEROJUNCTION BETWEEN $Cu_3(PO_4)_2$ And ZnO: BAND STRUCTURE ENGINEERING, CHARGE TRANSPORT, AND MECHANISTIC INSIGHTS
Faisal Nazir	The Unıversıty Of Agrıculture PAKISTAN	PRODUCTION AND CHARACTERIZATION OF CARBON NANOTUBES FROM BIOCHAR UNDER MICROWAVE IRRADIATION
Sabrina Roguai	Abbes Laghrour Khenchela University ALGERIA	INVESTIGATION OF STRUCTURAL, MICROSTRUCTURAL AND OPTICAL PROPERTIES OF ZnO, Zn0.90 Co0.05 M0.05 O (M= Na, Al, Cd, Cu) THIN FILMS BY USP METHOD
Msenhemba Moses Mchihi Isioma Scholastic Odiachi Adeola Praise Adeoti Williams Jesse Adamu Audu Ogbe Daniel	Yaba College of Technology NIGERIA	ELECTROCHEMICAL EVALUATION OF THE INHIBITORY EFFECT OF A NANOCOMPOSITE ON MILD STEEL CORROSION IN HYDROCHLORIC ACID
Soukaina Elorchi Soukaina Ameur Mimoun Belhadi Mohammed Salah	Chouaïb Doukkali University MOROCCO Hassan II University MOROCCO	CORROSION PERFORMANCE OF PYRAZOLE DERIVATIVES FOR CARBON STEEL IN HYDROCHLORIC ACID: EXPERIMENTAL AND DFT OVERVIEW
Mimoun Belhadi Soukaina Elorchi Mohammed Salah Mohammed Chafi	Hassan II University MOROCCO Chouaïb Doukkali University MOROCCO	EXPERIMENTAL AND DFT INVESTIGATION OF PYRAZOLE DERIVATIVES AS CORROSION INHIBITORS FOR CARBON STEEL IN HYDROCHLORIC ACID
Sumayya Akram Muhammad Nouman Majeed	Government College University PAKISTAN Central University PAKISTAN	SYNTHESIS AND UREASE INHIBITION STUDIES OF PYRIDYLPIPERAZINE-BASED CARBODITHIOATES

13.04.2026 / Session-4, Hall-1
Ankara Local Time: 16:30 – 18:30

Meeting ID: 848 5448 4368
Zoom Passcode: 123456

Head of Session: Assist. Prof. Dr. Enver ÇIRACI

Youssef ELSHERİF Zeynep KOLÖREN Gülizar AYDOĞDU	Ordu University TÜRKİYE	INHIBITORY EFFECTS OF LAURIC ACID AT VARYING CONCENTRATIONS ON THE ENCYSTATION AND DYNAMICS OF Acanthamoeba castellanii, SUPPORTED BY MOLECULAR DOCKING ANALYSIS
Assist. Prof. Dr. Enver ÇIRACI	Biruni University TÜRKİYE	EVALUATION OF THE EFFECTS OF MELATONIN AND TEMOZOLOMIDE ON IL-6 LEVELS IN HUVEC AND U87MG CELLS
Emrah ÖZLER Assist. Prof. Dr. Ceren BÖRÇEK KASURKA Yıldız Can BAL Elif GÜLENÇ Dr. Seval KONTAŞ YEDİER	Ordu University TÜRKİYE	INVESTIGATION OF SPIROMESIFEN-INDUCED OXIDATIVE STRESS IN HUMAN LIVER CELLS
Assoc. Prof. Dr. Aliye GEDİZ ERTÜRK	Ordu University TÜRKİYE	MULTIFUNCTIONAL BIOACTIVITY OF SULFONAMIDE-BASED SCHIFF BASES

13.04.2026 / Session-4, Hall-2
Ankara Local Time: 16:30 – 18:30

Meeting ID: 848 5448 4368
Zoom Passcode: 123456

Head of Session: Assoc. Prof. Dr. Ayten KAYA

Özge ÇAMLIBEL	Kastamonu University TÜRKİYE	CURRENT DEVELOPMENTS IN NURSING CARE IN RESPIRATORY SYSTEM SURGERY
Assist. Prof. Dr. Nurşen KULAKAÇ Prof. Dr. Nilgün ULUTAŞDEMİR	Ordu University TÜRKİYE	SENSITIVE QUALITY INDICATORS FOR NURSING CARE: CURRENT APPROACHES
Lect. Hakan ŞENTÜRK Assoc. Prof. Dr. Esra ÖZKAN	Giresun University TÜRKİYE	THE USE AND IMPORTANCE OF INCENTIVE SPIROMETRY IN SUPPORTING RESPIRATORY FUNCTIONS AFTER ABDOMINAL SURGERY
Lect. Hakan ŞENTÜRK Assoc. Prof. Dr. Esra ÖZKAN	Giresun University TÜRKİYE	VENTILATOR-ASSOCIATED PNEUMONIA: PREVENTION, CARE, AND CURRENT APPROACHES
Lect. Çiğdem KURALAY	Ordu University TÜRKİYE	THE EFFECT OF URINARY INCONTINENCE ON PRESSURE INJURY DEVELOPMENT: AN ANALYTICAL LITERATURE REVIEW
Assoc. Prof. Dr. Ayten KAYA Assoc. Prof. Dr. Zila Özlem KIRBAŞ	Ordu University TÜRKİYE Bayburt University TÜRKİYE	CAUSES AND PREVENTION OF INTENSIVE CARE UNIT INFECTIONS: A THEMATIC ANALYSIS OF RECENT STUDIES
Prof. Dr. Yeşim YAMAN AKTAŞ Assoc. Prof. Dr. Esra ÖZKAN	Giresun University TÜRKİYE	MUSIC-BASED INTERVENTIONS IN SURGICAL PAIN MANAGEMENT: A BIBLIOMETRIC REVIEW OF NURSING STUDIES
Prof. Dr. Yeşim YAMAN AKTAŞ Res. Assist. Ali Hakan GÜNAYDIN	Giresun University TÜRKİYE	CLINICAL ALARM FATIGUE AND MISSED DETECTION OF CRITICAL ARRHYTHMIAS: A REVIEW OF CURRENT EVIDENCE

13.04.2026 / Session-4, Hall-3
Ankara Local Time: 16:30 – 18:30

Meeting ID: 848 5448 4368
Zoom Passcode: 123456

Head of Session: Assist. Prof. Dr. Şerif Can HATİPOĞLU

Res. Assist. Rabia Nurefşan AÇIKGÖZ Prof. Dr. Murat YEŞİL	Ordu University TÜRKİYE	THE RELATIONSHIP BETWEEN STREET NETWORK CONFIGURATION AND ACCESSIBILITY: A SPATIAL ANALYSIS OF UNYE (ORDU)
Lect. Dr. Deniz AKIN Lect. Dr. Selda POLAT ERDOĞAN	Ordu University TÜRKİYE	AN ASSESSMENT OF THE LEADER'S POLITICAL COMMUNICATION IN LOCAL GOVERNMENTS IN THE CONTEXT OF THE RELATIONSHIP BETWEEN THE ELECTED AND THE ELECTOR
Assist. Prof. Dr. Şerif Can HATİPOĞLU	Ordu University TÜRKİYE	HOUSEHOLD FRAGMENTATION AND HOUSING SALES IN ORDU: A SPATIAL ANALYSIS OF THE 2015–2025 PERIOD
Neslihan Asena HALİSDEMİR Prof. Dr. İzzet TAŞAR	Fırat University TÜRKİYE	THE HOUSING PRICE INDEX AND DETERMINANTS OF HOUSING PRICES
Burak KOÇAK	Recep Tayyip Erdoğan University TÜRKİYE	IS THE DISSOLUTION OF THE NATION-STATE AN ILLUSION? REASSESSING SOVEREIGNTY IN THE LIGHT OF GLOBAL CRISES

13.04.2026 / Session-4, Hall-4
Ankara Local Time: 16:30 – 18:30

Meeting ID: 848 5448 4368
Zoom Passcode: 123456

Head of Session: Dr. Boutaina Akenoun

Dr. Aya Chelh Dr. Boutaina Akenoun Dr. Houda Siah Dr. Meryem Sabri Prof. Hamid Ez-Zahraouy	Mohammed V University MOROCCO	FIRST-PRINCIPLES CALCULATIONS TO INVESTIGATE PHOTOVOLTAIC, PHOTOCATALYTIC, AND SPINTRONIC PROPERTIES OF FE-DOPED AND ALLOYED MgSiO3 PEROVSKITE
Dr. Boutaina Akenoun Dr. Aya Chelh Dr. Houda Siah Dr. Meryem Sabri Prof. Hamid Ez-Zahraouy	Mohammed V University MOROCCO	THE VACANCY-ORDERED HALIDE DOUBLE PEROVSKITE Cs2B1-xTixI6 (B=Zr, Hf) FOR PHOTOVOLTAIC AND PHOTOCATALYTIC HYDROGEN PRODUCTION BY SPLITTING WATER APPLICATIONS: FIRST-PRINCIPLES CALCULATIONS
Dr. Houda Siah Dr. Meryem Sabri Dr. Aya Chelh Dr. Boutaina Akenoun Prof. Hamid Ez-Zahraouy	Mohammed V University MOROCCO	COMPRESSIVE STRAIN EFFECTS ON THE PHOTOCATALYTIC AND OPTOELECTRONIC PROPERTIES OF CsInBr3 FOR EFFICIENT HYDROGEN PRODUCTION: A DFT STUDY
Mounaim BENCHEIKH Prof. Dr. Larbi EL FARH	Mohammed First University MOROCCO	TENSILE STRAIN-INDUCED ELECTRONIC PROPERTIES OF A THALLIUM SELENIDE MONOLAYER: A FIRST-PRINCIPLES STUDY
Said Elghazi Hamid Ez-Zahraouy	Mohammed V University MOROCCO	ENHANCING HYDROGEN STORAGE PERFORMANCE OF GRAPHDIYNE THROUGH HIGH-VACANCY DEFECTS AND LITHIUM FUNCTIONALIZATION: DENSITY FUNCTIONAL THEORY STUDY
Mustapha AIT LAMINE	Mohammed V University MOROCCO	KSEWA EFFECT INTERACTION ON THE QUANTUM TELEPORTATION IN AN ISOTROPIC TWO-QUBITS HEISENBERG QUANTUM CHANNEL
Anisha S Aparna A Brindha Lakshmi BJ Fajila Mariyam P Ezilarasi R Janani J	R.M.K. Engineering College INDIA	QUANTUM COMPUTING: KEY CHALLENGES AND PATHWAYS TO PRACTICAL REALIZATION
Elmehdi Majdi Soufiane Zerraf Said Belaaouad	Hassan II University MOROCCO	INTEGRATED EXPERIMENTAL AND DFT STUDY OF MELAMINIUM DIHYDROGEN PYROPHOSPHATE: STRUCTURAL ELUCIDATION AND REACTIVITY INSIGHTS
Soukaina Ameur Assiya ATIF	Chouaïb Doukkali University MOROCCO	THEORETICAL STUDY OF REGIOSELECTIVE CYCLOADDITION OF 4-ACYL-1h-PYRROLE-2,3-DIONES FUSED TO THE [e] AND CYANAMIDES

13.04.2026 / Session-4, Hall-5
Ankara Local Time: 16:30 – 18:30

Meeting ID: 848 5448 4368
Zoom Passcode: 123456

Head of Session: Manuwa Racheal Adewunmi

Manuwa Racheal Adewunmi Ajani Temitope Khadijat	The Federal Polytechnic NIGERIA	DESIGN AND IMPLEMENTATION OF A SMART ENERGY MANAGEMENT SYSTEM USING IOT AND EMBEDDED SYSTEMS
Ukaego Innocent Okechukwu Manuwa Racheal Adewunmi	Federal Polytechnic NIGERIA	DESIGN AND IMPLEMENTATION OF AN IOT-BASED AUTOMOTED SECURITY DOG SYSTEM
Helal Uddin Medinee Deep Saxena	Hajee Mohammad Danesh Science and Technology University BANGLADESH Government Medical College INDIA	DESIGN AND DEVELOPMENT OF A SMART AUTOMATED MEDICAL WASTE SEGREGATION SYSTEMS
A Jayasree K. Yogapriya Sivasankari Dr.S.Selvam	Nadar Mahajana Sangam S.Vellaichamy Nadar College INDIA	HUMANS AND ROBOTS: A COMPARATIVE STUDY ON THE FUTURE OF EMPLOYMENT AND WORKPLACE TRANSFORMATION
P. Sankara Narayanan K. Santhosh Raja Dr.S.Selvam	Nadar Mahajana Sangam S.Vellaichamy Nadar College INDIA	ROBOTIC SURGERY AND TRADITIONAL SURGERY
Zhumayev Asset Zholdybayuly Marksuly Telman	L.N. Gumilyov Eurasian National University KAZAKHSTAN	AUTOMATION OF NAVIGATIONAL PROCESSES AND INNOVATIVE ROUTING SOLUTIONS IN DIGITAL SIMULATOR TECHNOLOGIES: THE CASE OF K-SIM
Zhumayev Asset Zholdybayuly Anastas Leonidovich Boran-Keshishyan Nurdaulet Tastambek	L.N. Gumilyov Eurasian National University KAZAKHSTAN Admiral Ushakov Maritime State University RUSSIA Yessenov University KAZAKHSTAN	SYNERGISTIC GPS-DGPS-DARPS SYSTEMS FOR ENHANCED ACCURACY IN MULTI-PLATFORM MARITIME OPERATIONS
Zhumayev Asset Zholdybayuly Anatoli Nikolayevich Popov Shying's Timirbekov	L.N. Gumilyov Eurasian National University KAZAKHSTAN Admiral Ushakov Maritime State University RUSSIA Yessenov University KAZAKHSTAN	DIGITAL RADAR MODELING AND INNOVATIVE SOLUTIONS IN THE K-SIM SIMULATOR SYSTEM
Zhumayev Asset Zholdybayuly Erkin Yergeshovich Subanov Aslan Arazaliev	L.N. Gumilyov Eurasian National University KAZAKHSTAN Admiral Ushakov Maritime State University RUSSIA	INTERNATIONAL INNOVATIONS IN INTEGRATING THE ENGINE ROOM SIMULATOR AND BRIDGE SIMULATOR TO ENHANCE MARITIME TRAINING EFFICIENCY
E. Mukesh Bollipalli Poojitha K. Sujatha N.P.G. Bhavani Tatireddy Omsai Reddy	Dr. M.G.R. Educational and Research Institute INDIA Saveetha Institute of Medical and Technical Sciences INDIA	REAL-TIME PLANT DISEASE AND PEST MONITORING FOR SMART AGRICULTURE

13.04.2026 / Session-4, Hall-6
Ankara Local Time: 16:30 – 18:30

Meeting ID: 848 5448 4368
Zoom Passcode: 123456

Head of Session: Dr.S.Selvam

BENEZZINE Issam Prof. Dr. HIRCHOUA BADR Prof. Dr. MOUTACHAOUIK Hicham	AIMCE Laboratory MOROCCO	AN EXPLAINABLE MULTI-STAGE AI FRAMEWORK FOR SPATIO-TEMPORAL FOOTBALL VIDEO ANALYSIS
Prity Biswas	Mirpur Institute of Nursing Science and Midwifery BANGLADESH	ARTIFICIAL INTELLIGENCE-DRIVEN PREDICTIVE ANALYTICS FOR IMPROVING HEALTHCARE OUTCOMES IN THE UNITED STATES
Asghar Ali Helal Uddin	Hajee Mohammad Danesh Science and Technology University BANGLADESH	IMPACT OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE ON CLINICAL DECISION-MAKING, DIAGNOSTICS, AND HEALTHCARE EFFICIENCY: A RETROSPECTIVE MULTI-INSTITUTIONAL STUDY
R..KAMALAM M.DEVIBALA Dr.S.Selvam	Nadar Mahajana Sangam S.Vellaichamy Nadar College INDIA	AI IN SMART CITIES OF THE FUTURE
Dr.S.Selvam	Nadar Mahajana Sangam S.Vellaichamy Nadar College INDIA	NATURAL LANGUAGE PROCESSING IN FEDERATED LEARNING: PRIVACY-PRESERVING AI
Supom Roy	Trine University USA	CYBERSECURITY & ARTIFICIAL INTELLIGENCE
Anik Biswas	Trine University USA	MACHINE LEARNING-BASED RISK ASSESSMENT MODEL FOR SECURING THE UNITED STATES SEMICONDUCTOR SUPPLY CHAIN
Isah Rasheed Adeiza Danjuma Hussein Gana George Uduma Sunday	Federal University of Technology NIGERIA	RISK ASSESSMENT AND PREDICTIVE ANALYTICS FOR LOW-NOISE LPN CRYPTOGRAPHIC SCHEME
Nasywa Aliyya Omar Keisha Farah Aulia Mercurius Broto Legowo	Perbanas Institute INDONESIA	DEVSECOPS IN SOFTWARE DEVELOPMENT IN INDONESIA

13.04.2026 / Session-4, Hall-7
Ankara Local Time: 16:30 – 18:30

Meeting ID: 848 5448 4368
Zoom Passcode: 123456

Head of Session: Hassane ABD-DADA

Solomon Onen Abam Obeten Bassey Ukabi David Oloruntoba Aransiola	Lagos State University NIGERIA Federal University NIGERIA	EFFECT OF AI-GENERATED INFOGRAPHIC-BASED INSTRUCTION ON STUDENTS' ACADEMIC ACHIEVEMENT IN COMPUTER STUDIES CONCEPTS IN NIGERIAN SECONDARY SCHOOLS
SALAMI Amadou MANSARE Aly Nènè Mr. BARRY Thierno Souleymane SAGNO David Antoine	Kindia University GUINEA	USING GAMIFICATION TO IMPROVE GUINEAN PRIMARY PUPILS' ORAL COMMUNICATION
Dr. A Rohini Kavya P Madhumitha M Dhiksha S Anuvarshini G	KGISL Institute of Technology INDIA	VISYAL LEARNING OF NUMERICAL COMPUTATION: A GAMIFIED CLIENT-SERVER WEB APPLICATION
Hassane ABD-DADA	Ministry of National Education MOROCCO	INTEGRATING ARTIFICIAL INTELLIGENCE INTO BIOLOGY LABORATORIES: TOWARD HYBRID PEDAGOGICAL MODELS
Saurabh Kumar Mukesh Kumar	Delhi University INDIA	INTEGRATING AI INTO COSMOLOGY EDUCATION: A MODEL FOR KNOWLEDGE ASSESSMENT AT THE UNDERGRADUATE LEVEL
Busayo Bose ADELEKE Timilehin Olayinka OMONIYI	Ibadan University NIGERIA	INFLUENCE OF BASIC COMPUTER LITERACY AND USE OF MULTIMEDIA RESOURCES ON STUDENT INTEREST IN GOVERNMENT IN SECONDARY SCHOOLS IN AKINYELE AND IBADAN NORTH LOCAL GOVERNMENT AREA OF OYO STATE, NIGERIA
Zhumayev Asset Zholdybayuly Marina Nicolaevna Lyutikova Moldakhan Diaskhan	L.N. Gumilyov Eurasian National University KAZAKHSTAN Admiral Ushakov Maritime State University RUSSIA Yessenov University KAZAKHSTAN	DIGITAL SIMULATOR TECHNOLOGIES: STRUCTURE AND APPLICATION EXPERIENCE OF THE K-SIM SYSTEM
Agbefa Maria Abah Anene Amaka Anulika Kamji Nendirmwa Blessing	Jos University NIGERIA	INFLUENCE OF EMOTIONAL INTELLIGENCE ON THE ACADEMIC ACHIEVEMENT OF SENIOR SECONDARY ONE STUDENTS IN BIOLOGY IN JOS NORTH, PLATEAU STATE, NIGERIA
Alexandra-Ioana Popescu Assoc. Prof. Denisa Abrudan	West University of Timisoara ROMANIA	EXPLORING THE IMPACT OF DIGITALIZATION ACROSS DIVERSE TRAINING CONTEXTS

14.04.2026 / Session-1, Hall-1
Ankara Local Time: 09:00 – 11:00

Meeting ID: 848 5448 4368
Zoom Passcode: 123456

Head of Session: Assoc. Prof. Dr. Kemal ÇELİK

Mehmet Fatih AYDIN	Bursa Technical University TÜRKİYE	THE EFFECT OF POST-FIRE DIAGNOSTIC FINDINGS ON RESTORATION DECISIONS IN THE BURSA KHANS DISTRICT: THE CASE OF SIPAHI BAZAAR
Assist. Prof. Dr. Muhammet KURUCU Assoc. Prof. Dr. Mehmet TOP	Fırat University TÜRKİYE Van Yüzüncü Yıl University TÜRKİYE	AN ASSESSMENT OF THE PLACE OF TRADITIONAL ORDU HOUSES IN OUR CULTURAL HERITAGE AND THEIR CONSERVATION
Mediha YILDIRIM Assist. Prof. Dr. Mehmet KARAASLAN	Düzce University TÜRKİYE	NARRATIVES OF THE DÜZCE EARTHQUAKE FROM A SPATIAL MEMORY PERSPECTIVE
Dr. Fatih ÇELİK Assoc. Prof. Dr. Kemal ÇELİK	MLCC, UNITED ARAB EMIRATES Gümüşhane University TÜRKİYE	GIS-BASED DATA MODEL APPROACHES IN THE MANAGEMENT OF IMMOVABLE CULTURAL HERITAGE: AN INTERNATIONAL COMPARISON
Dr. Fatih ÇELİK Assoc. Prof. Dr. Kemal ÇELİK	MLCC, UNITED ARAB EMIRATES Gümüşhane University TÜRKİYE	A COMPARATIVE ANALYSIS OF URBAN LAND VALUE RECOVERY MECHANISMS IN TURKEY: A GIS-BASED ASSESSMENT IN LIGHT OF EXPERIENCES FROM COLOMBIA AND THE UNITED KINGDOM

14.04.2026 / Session-1, Hall-2
Ankara Local Time: 09:00 – 11:00

Meeting ID: 848 5448 4368
Zoom Passcode: 123456

Head of Session: Prof. Dr. Nasip DEMİRKUŞ

Dr. Sümeyye GÜVEN	Independent Researcher TÜRKİYE	THE TRANSFORMATION OF RELIGIOUS EDUCATION POLICY IN TURKIYE (1946-1950): THE IMPACT OF THE SECOND NATIONAL EDUCATION COUNCIL DECISIONS
Dr. Sümeyye GÜVEN	Independent Researcher TÜRKİYE	EDUCATIONAL AND STRUCTURAL ANALYSIS OF THE CORE CURRICULUM IMPLEMENTATION: THE CASE OF INTERNATIONAL ISLAMIC UNIVERSITY MALAYSIA
Prof. Dr. Nasip DEMİRKUŞ	Van Yüzüncü Yıl University TÜRKİYE	OPTIMIZING TIME MANAGEMENT IN EDUCATION: A COMPREHENSIVE ANALYSIS OF PRIOR KNOWLEDGE ASSESSMENT AND IMMEDIATE FEEDBACK MECHANISMS
Prof. Dr. Nasip DEMİRKUŞ	Van Yüzüncü Yıl University TÜRKİYE	FROM NATURE TO DIGITAL, FROM CONSUMER TO DESIGNER: PEDAGOGICAL AND EPISTEMOLOGICAL FOUNDATIONS OF TECHNOLOGY INTEGRATION IN BIOLOGY EDUCATION WITH META-ANALYTIC EVIDENCE
Minegül ALPTEKİN Gizem GÜVEN Ayşe ÖZBEN İSTANBULLU Meryem ALTUN	Republic of Türkiye Ministry of National Education, Hatay TÜRKİYE	SCIENCE COMMUNICATION IN POST-DISASTER SOCIETIES: A CASE STUDY OF THE ANTAKYA SCIENCE FESTIVAL
Birol TUĞLU Prof. Dr. İsmail GELEN	Ondokuz Mayıs University TÜRKİYE	DETERMINATION OF TERRORISM AWARENESS LEVELS OF SECONDARY SCHOOL STUDENTS
Dr. Ülkü AYDEMİR KURT	Bursa Uludağ University TÜRKİYE	CYBERBULLYING FROM A CRIMINAL LAW PERSPECTIVE
Lect. Fatma DOĞANAY	Gümüşhane University TÜRKİYE	A CONCEPTUAL APPROACH TO IMPROVING OCCUPATIONAL HEALTH AND SAFETY PRACTICES

14.04.2026 / Session-1, Hall-3
Ankara Local Time: 09:00 – 11:00

Meeting ID: 848 5448 4368
Zoom Passcode: 123456

Head of Session: Assist. Prof. Dr. Gökhan GENÇ

Nuran ERDURAN	Kırıkkale University TÜRKİYE	SYNTHESIS AND CHARACTERIZATION OF MAGNETIC POLY (TETRAHYDROFURFURYL METHACRYLATE) FROM RENEWABLE-SOURCE
Hürol HOCEK Yusuf TEKEL Assist. Prof. Dr. Burhan KAYIRAN Assoc. Prof. Dr. Devran YAZIR	Karadeniz Technical University TÜRKİYE	MULTIDIMENSIONAL ANALYSIS OF MARITIME ACCIDENT DYNAMICS IN GEOSTRATEGIC WATERWAYS: A 19-YEAR LONGITUDINAL CASE STUDY OF THE TURKISH SRR
U. Hamit ARI Prof. Dr. Osman YILMAZ	Burdur Mehmet Akif Ersoy University TÜRKİYE	INDUSTRIAL POTENTIAL OF TURGUTLU DISTRICT
Assist. Prof. Dr. Gökhan GENÇ	Gümüşhane University TÜRKİYE	CUSTOMER EXPERIENCE IN ACCOMMODATION ESTABLISHMENTS IN AYDER PLATEAU: A CONTENT ANALYSIS THROUGH DIGITAL PLATFORMS
Assist. Prof. Dr. Simge YILMAZ Ayda BADRIOUHI	İstanbul Gelişim University TÜRKİYE	TRANSFORMATION OF DIGITAL BODY PERCEPTION THROUGH INSTAGRAM FILTERS: A COMPARATIVE VISUAL ANALYSIS
Dr. Onur Selçuk YİĞİT Dr. İshak ÖZKAY	Ordu State Hospital TÜRKİYE	EARLY HEMODIALYSIS IN MASSIVE ACUTE LITHIUM INTOXICATION: A CASE REPORT
Özgürcan EDİŞ Prof. Dr. Tamer ÖLMEZ	Istanbul Technical University TÜRKİYE	THE EFFECT OF FREQUENCY-BASED PREPROCESSING AND LOW-DIMENSIONAL GEOMETRIC FEATURES ON DYNAMIC FACIAL EXPRESSION RECOGNITION
Prof. Dr. Elif ÇELENK KAYA Lect. Aslıhan TOYOĞLU	Ondokuz Mayıs University TÜRKİYE Mersin University TÜRKİYE	THE IMPORTANCE OF EMPLOYEE FEEDBACK SYSTEMS IN OCCUPATIONAL SAFETY
Lect. Aslıhan TOYOĞLU Prof. Dr. Elif ÇELENK KAYA	Mersin University TÜRKİYE Ondokuz Mayıs University TÜRKİYE	THE EFFECTS OF SHIFT WORK ON WORK PERFORMANCE AND WORKPLACE ACCIDENTS

14.04.2026 / Session-1, Hall-4
Ankara Local Time: 09:00 – 11:00

Meeting ID: 848 5448 4368
Zoom Passcode: 123456

Head of Session: Assoc. Prof. Fredrick Kariithi Githui

Dr. SALIU, M. R. Bala A. Shehu Usman, Z. M. Fatima Abdulsalam	Niger State College of Education NIGERIA Abdulkadir Kure University NIGERIA Niger State College of Education NIGERIA	ASSESSING TEACHER DIGITAL COMPETENCE AS A PREDICTOR OF EFFECTIVE TVET DELIVERY IN NORTH-CENTRAL NIGERIA: IMPLICATIONS FOR FUTURE WORKFORCE DEVELOPMENT
Dr. Pham The Hung Nguyen Thanh Thuy	Dongthap University VIETNAM	LIFELONG LEARNING FOR UNIVERSITY LECTURERS IN THE DIGITAL ERA: STRATEGIC PATHWAYS FOR PROFESSIONAL DEVELOPMENT IN VIETNAMESE HIGHER EDUCATION
Oluwakemi Racheal OSHINOWO Moses Adeolu AGOI Christiana Toyin ODUWOLE Adebayo Samuel ADEOGUN	Lagos State University NIGERIA	BLOCKCHAIN-ENABLED STUDENT RECORD SYSTEMS: IMPLICATIONS FOR GOVERNANCE AND STAKEHOLDER TRUST
Dr. Jane Wangari Njuru Assoc. Prof. Fredrick Kariithi Githui	KCA University NIGERIA	BEYOND THE BINARY: NAVIGATING THE COMPLEXITIES OF SOUTH–SOUTH, SOUTH–NORTH, AND TRIANGULAR HIGHER EDUCATION PARTNERSHIPS FOR SUSTAINABLE DEVELOPMENT IN AFRICA
Chief Assist. Prof. Dr. Stefan STAMENOV Assoc. Prof. Dr. Vanya STAMENOVA	Bulgarian Academy of Sciences BULGARIA	CONCEPTUAL FRAMEWORK OF SPACE SCIENCES EDUCATION FOR THE YOUTH
Usman Yahuza Alhaji Adamu Evuti	Federal University of Technology NIGERIA	AWARENESS, SELF-EFFICACY AND UTILIZATION OF VIDEO CONFERENCING PLATFORM FOR LEARNING AMONG UNDERGRADUATE STUDENTS IN NIGER STATE, NIGERIA
Dr. Samar Jamal Hassan Mahmoud Prof. Dr. Noor Maizura Binti Mohamad Noor Assoc. Prof. Dr. Zuriana Abu Bakar	Malaysia University MALAYSIA	TOWARD INCLUSIVE MOBILITY: AN ADAPTIVE USABILITY MODEL FOR VİSUALLY IMPAIRED USERS IN TRANSPORTATION APPLICATIONS
Olsi KARAPICI Viktor RROTANI Prof. Dr. Rajmonda BUALOTI Prof. Dr. Marialis ÇELO	Polytechnic University of Tirana ALBANIA	APPLICATIONS OF PHASE MEASUREMENT UNITS (PMU) FOR POWER SYSTEM STABILITY MONITORING
Usman Yahuza Alhaji Salihu Hajara	Niger State College of Education NIGERIA	AWARENESS, AND UTILIZATION OF VIDEO CONFERENCING PLATFORM FOR LEARNING AMONG PRE- SERVICE TEACHERS IN NIGER STATE, NIGERIA

14.04.2026 / Session-1, Hall-5
Ankara Local Time: 09:00 – 11:00

Meeting ID: 848 5448 4368
Zoom Passcode: 123456

Head of Session: Dr. Pham The Hung

Granthali Shape Abhinay Yadav	SND College Of Pharmacy INDIA	THE INVISIBLE INHERITANCE: HOW TRAUMA ECHOES THROUGH GENERATIONS
M.Dhinesh kumar Dr.S.Selvam	Nadar Mahajana Sangam S.Vellaichamy Nadar College INDIA	EXPLORING THE CONCEPT OF LIFE PURPOSE: A PSYCHOLOGICAL AND PHILOSOPHICAL PERSPECTIVE
Diana Vokshi BSc. Florinda Vokshi MSc. Selvije Lajqi	University for Business and Technology (UBT) KOSOVO "Haxhi Zeka"Public University KOSOVO	DIGITAL PSYCHOLOGY AND THE IMPACT OF SOCIAL MEDIA ON MENTAL HEALTH AND SELF-ESTEEM
Anshika Bhati Dr. Raf Raf Shakil Ansari	Sharda University INDIA	SILENT WOUNDS: TRAUMA AND EMOTIONAL ISOLATION IN FREDRICK BACKMAN'S A MAN CALLED OVE
Deepanjali Mishra	KIIT university INDIA	FROM ISOLATION TO CONNECTION: MENTAL HEALTH TRAUMA AND DIGITAL SOLIDARITY IN CONTEMPORARY CINEMA
Dr. Pham The Hung	Dongthap University VIETNAM	CULTURAL POLLUTION AND DEVIANT COMMUNICATION NORMS AMONG HIGH SCHOOL STUDENTS: AN EMPIRICAL STUDY IN DONG THAP PROVINCE, VIETNAM
Roshko Myhailo Slavych Tetiana Havrylo Ihor	Uzhhorod National University UKRAINE	PSYCHOLOGICAL GAMES AND THE INTERNAL EVOLUTION OF THE PROTAGONIST NICHOLAS URFE IN «THE MAGUS»
Dr. Pranvera KRAJA Assoc. Prof. Dr. Jozef BUSHATI	Shkodra University ALBANIA	DIGITAL TECHNOLOGY, ADOLESCENTS AND YOUNG ADULTS: THE IMPACT OF DIGITAL DEVICES ON ACADEMIC ACHIEVEMENT
Dr. Duong To Quoc THAI M.A. Nguyen Thanh TUAN	Dong Thap University VIETNAM Vinh Nhuan Middle and High School VIETNAM	THE BANK OF INDOCHINA AND THE FRENCH FINANCIAL HEGEMONY IN THE FAR EAST
M.A. Nguyen Thanh TUAN	Vinh Nhuan Middle and High School VIETNAM	THE INTERLOCKING DIRECTORATES: BIC AND FRENCH INDUSTRIAL CONGLOMERATES

14.04.2026 / Session-1, Hall-6
Ankara Local Time: 09:00 – 11:00

Meeting ID: 848 5448 4368
Zoom Passcode: 123456

Head of Session: Prof. Olena PANCHENKO

Prof. Olena PANCHENKO	Oles Honchar Dnipro National University UKRAINE	LEXICO-SEMANTIC GROUP 'LEİSURE' IN ENGLISH AND UKRAINIAN
Dr. Afshan Naseem Dr. Irfan Bashir Muhammad Faisal Jameel Thakur	University of Management and Technology PAKISTAN	IDEOLOGICAL REPRESENTATIONS IN PRIMARY-LEVEL ENGLISH TEXTBOOKS UNDER SNC-2020: A CRITICAL DISCOURSE ANALYSIS
Jiboku, Olubisi Olusola	Federal Polytechnic NIGERIA	MEDIA, IDEOLOGY, AND THE POETICS OF SOCIAL EQUITY: A CRITICAL STYLISTIC INVESTIGATION OF GENDER AND RACIAL DISCOURSE IN SELECTED WORKS OF SOYINKA AND OSUNDARE
Lect. Irina-Ana DROBOT	Technical University of Civil Engineering Bucharest ROMANIA	THE SHORT STORY LET US SHARE THE EXPENSES BY LIU LANG: INDIRECT COMMUNICATION
Chitra Suparmaniam	Kepala Batas Community College MALAYSIA	CREATIVE SCRIPTWRITING AND STORY IDEATION COMPETENCIES AMONG KEPALA BATAS COMMUNITY COLLEGE 2D ANIMATION STUDENTS
Florina Ravariu Cristian Ravariu	Politehnica University ROMANIA	WHERE WATERCOLOUR MEETS JEWELLERY ART: REPTILIAN
Bui Thi Hong Hai	National College for Education VIETNAM	ART APPRECIATION EDUCATION FOR PRESCHOOL CHILDREN: AN APPROACH FROM ESTHETIC EMOTIONS AND ARTISTIC EXPERIENCES
Duong Tu Xuyen Pham Duc Thuan	USA School VIETNAM Can Tho University VIETNAM	DEVELOPING COMMUNICATION AND COLLABORATION COMPETENCIES AMONG LOWER SECONDARY SCHOOL STUDENTS: A CASE STUDY OF LOCAL HISTORY EDUCATION FOR GRADE 6 STUDENTS AT VIETNAM - USA SCHOOL, CAN THO
Elona Kolaj	Catholic University ALBANIA	DIVERSITY IN THE CLASSROOM: STRATEGIES FOR INCLUSIVE TEACHING AND LEARNING

14.04.2026 / Session-1, Hall-7
Ankara Local Time: 09:00 – 11:00

Meeting ID: 848 5448 4368
Zoom Passcode: 123456

Head of Session: Dr. Izzeddine Zakarya ZERROUK

Dr. Izzeddine Zakarya ZERROUK Dr. Mounir KHERROUBI	High School of Teachers Assia Djebar ALGERIA Higher Normal School of Kouba Cheikh Mohamed ALGERIA	GREEN BIOTECHNOLOGY APPLICATIONS AS A STRATEGY FOR SUSTAINABLE AGRICULTURE
Adamu Auwal Mohammed Yusuf Saidat Omobolanle	Federal Polytechnic NIGERIA	AGRI-BASED ENTREPRENEURSHIP AND ECONOMIC GROWTH IN OGUN STATE: A STUDY OF ILARO TOWN, YEWA SOUTH LOCAL GOVERNMENT
Izuogu, C.U Uche, E.U Olaolu, M.O Njoku, L.C Umeh, N.E Ibrahim-Olesin, S Agou, G.D Orji, J.E Nwokeafor, Chinemerem Nkechinyere	Alex Ekwueme Federal University NIGERIA Federal Polytechnic NIGERIA	PERCEPTION OF ORANGE-FLESHED SWEET POTATOES AMONG FARMERS IN AFIKPO ZONE EBONYI STATE
Ajayi, Olayemi T. Maria Kisugu Obun-Andy	Lead City University NIGERIA Federal University of Technology NIGERIA	APPRAISING VISUAL COMMUNICATION AND PRINTING TECHNOLOGY AS TOOLS FOR FOOD SECURITY: PROSPECTS, CHALLENGES, AND FUTURE DIRECTIONS
Assoc. Prof. Dr. Shahid Adeel Assoc. Prof. Dr. Mahwish Salman Muhammad Usama Prof. Dr. Fazal ur Rehman	Government College University PAKISTAN	ALGAL AS BIO-SOURCE OF NATURAL COLORANT FOR SUSTAINABLE TEXTILE
Ezeofor Nebechı Jane	Federal Polytechnıc NIGERIA	NUTRITIONAL AND ORGANOLEPTIC PROPERTIES OF WATERMELON-CUCUMBER-LEMON JUICE BLENDS
Md. Nazmul Hasan Arfin Nishat Ara Sharmin	Sylhet Agricultural University BANGLADESH	EFFECT OF SEAWEED ENRICHED HUMIC ACID ON GROWTH AND YIELD OF BT. BRINJAL (SOLANUM MELONGENA L.)
Jatin Sethi Dr. Shabir Sidhu	I.K. Gujral Punjab Technical University INDIA	EFFECT OF SUGAR REPLACEMENT BY SUGAR ALCOHOLS ON THE TEXTURAL PROPERTIES OF CAKES: ASYSTEMATIC REVIEW AND META-ANALYSIS
Telma FREITAS Filipa B. PIMENTEL Faezeh FATHI Paulo FERNANDES Alberta ARAÚJO	Polytechnic Institute of Viana do Castelo PORTUGAL Porto University PORTUGAL Minho University PORTUGAL	EFFECT OF PULSED ELECTRIC FIELDS APPLICATION IN MILK PROCESSING: IMPACT ON PROTEIN STRUCTURE AND QUALITY

14.04.2026 / Session-2, Hall-1
Ankara Local Time: 11:30 – 13:30

Meeting ID: 848 5448 4368
Zoom Passcode: 123456

Head of Session: Prof. Dr. Füsun GÜLSER

MSc. Onur Cem ERDEN Dr. Orkun EMİRALİOĞLU Prof. Dr. Vahdettin ÇİFTÇİ	Bolu Abant İzzet Baysal University TÜRKİYE	INVESTIGATION OF THE EFFECTS OF DIFFERENT SALT CONCENTRATIONS (0-150 mM NaCl) ON GERMINATION AND EARLY DEVELOPMENT IN BARLEY VARIETIES
Agr. Eng. Vedat ÇALIŞKAN Assoc. Prof. Dr. Mehmet Settar ÜNAL	Uludere Municipality, Şırnak TÜRKİYE Şırnak University TÜRKİYE	THE IMPORTANCE OF HONEY BEES (Apis mellifera L.) IN POLLINATION OF BERRY FRUITS
Assoc. Prof. Dr. Mehtap USTA	Trabzon University TÜRKİYE	DETERMINING THE ENZYME PRODUCTION POTENTIAL OF BACTERIA OBTAINED FROM BEE PRODUCTS
Assoc. Prof. Dr. Funda IRMAK YILMAZ Prof. Dr. Sevinç YEŞİLYURT	Ordu University TÜRKİYE Tekirdağ Namık Kemal University TÜRKİYE	THE USE OF GREEN ALGAE AS BIOFERTILIZER AND ITS EFFECTS ON PLANT GROWTH
Prof. Dr. Coşkun GÜLSER Prof. Dr. Füsun GÜLSER	Ondokuz Mayıs University TÜRKİYE Van Yüzüncü Yıl University TÜRKİYE	IMPACTS OF SOIL STRUCTURE ON HEAVY METALS MOBILITY IN CONTAMINATED SOILS
Assoc. Prof. Dr. Siyami KARACA Prof. Dr. Füsun GÜLSER	Van Yüzüncü Yıl University TÜRKİYE	THE INTERACTIONS AMONG SOIL DEGRADATION AND SOIL FERTILITY
Agr. Eng. Vedat ÇALIŞKAN Assoc. Prof. Dr. Mehmet Settar ÜNAL	Uludere Municipality, Şırnak TÜRKİYE Şırnak University TÜRKİYE	DAMAGE CAUSED BY WILD BOAR (Sus scrofa L.) IN THE VINEYARDS OF ULUDERE, ŞIRNAK
Assoc. Prof. Dr. Funda IRMAK YILMAZ	Ordu University TÜRKİYE	BIOCHAR IN THE ANTHROPOSENIC AGE: SOIL QUALITY AND HEALTH
Öznur GÜNEŞ Sarhan MOHAMMED Ahmet Hilmi ÇON	Ondokuz Mayıs University TÜRKİYE	GREEN SYNTHESIS AND CHARACTERIZATION OF ZINC OXIDE NANOPARTICLES USING CORNELIAN CHERRY FRUIT EXTRACT

14.04.2026 / Session-2, Hall-2
Ankara Local Time: 11:30 – 13:30

Meeting ID: 848 5448 4368
Zoom Passcode: 123456

Head of Session: Assoc. Prof. Dr. Cansu Özge ÖZMEN

Çağla Naz ÖZKÜÇÜK	Ondokuz Mayıs University TÜRKİYE	GENDER AND FEMALE IDENTITY IN SYLVIA PLATH'S THE BELL JAR
Assoc. Prof. Dr. Cansu Özge ÖZMEN	Tekirdağ Namık Kemal University TÜRKİYE	MAGIC REALISM AND SYMBOLISM IN IVY AND "THE RIME OF THE ANCIENT MARINER"
Assist. Prof. Dr. Gökhan OĞUZ	Tekirdağ Namık Kemal University TÜRKİYE	SOCIO-POLITICAL CRITICISM IN THOMAS MORE'S UTOPIA AS A GENRE OF POLITICAL LITERATURE
Lect. Aslıhan HAKYEMEZ	Ondokuz Mayıs University TÜRKİYE	THE THRESHOLD OF VIRTUE FOR WOMEN IN ANATOLIAN FAIRY TALES: THE TRANSFORMATIVE POWER OF LOVE AND LOYALTY
Buket TOPATAN Prof. Dr. İlhan GENÇ	Düzce University TÜRKİYE	THE EFFECT OF DIALOGUE METHOD ON PERMANENT LEARNING IN LITERARY NARRATIVES AND THE MUHAMMEDİYE EXAMPLE
Res. Assist. Dr. Fatma Hayrünnisa ÇİL	Sakarya University TÜRKİYE	A SYMBOLIC READING OF TAWFIQ AL-HAKIM'S NAHR AL-JUNUN
Assoc. Prof. Dr. Şemsi ALTAŞ	Niğde Ömer Halisdemir University TÜRKİYE	THE BODY THAT CARVES SPACE
Hazal Merve AKYÜREK	Independent Researcher TÜRKİYE	USE OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN THE TURKISH LEARNING PROCESS: VIEWS OF FOREIGN STUDENTS

14.04.2026 / Session-2, Hall-3
Ankara Local Time: 11:30 – 13:30

Meeting ID: 848 5448 4368
Zoom Passcode: 123456

Head of Session: Assoc. Prof. Dr. Abdullah Alper ŞAHİN

Erdal DANIŞMAN Prof. Dr. Gökhan İPEKOĞLU Assoc. Prof. Dr. Hasan SÖZEN	Ordu University TÜRKİYE	THE IGF2 RS680 POLYMORPHISM AND ATHLETIC PERFORMANCE IN POWER ATHLETES: A META-ANALYSIS OF THE G ALLELE
Umut AKGÜL Prof. Dr. Gökhan İPEKOĞLU Prof. Dr. Orhan BAŞ	Ordu University TÜRKİYE	THE ASSOCIATION BETWEEN SOD2 GENE POLYMORPHISM AND ENDURANCE PERFORMANCE: A META-ANALYSIS
Hüseyin BAŞAR Ahmet UZUN Emrah ALTUNTAŞ	Ondokuz Mayıs University TÜRKİYE Ondokuz Mayıs University TÜRKİYE Samsun University TÜRKİYE	RELATIONSHIP BETWEEN HAND AND FOREARM ANTHROPOMETRIC MEASUREMENTS IN ATHLETES
Res. Assist. Dr. Ebru KARAKUŞ Assoc. Prof. Dr. Burkay CEVAHİRCİOĞLU Prof. Dr. Alparslan İNCE Assist. Prof. Dr. Kaan KARAKUŞ	Gümüşhane University TÜRKİYE Ordu University TÜRKİYE Ordu University TÜRKİYE Ordu University TÜRKİYE	CONTENT ANALYSIS OF GRADUATE THESES ON ORGANIZATIONAL CYNICISM IN THE FIELD OF SPORTS SCIENCES
Res. Assist. Dr. Ebru KARAKUŞ Prof. Dr. Alparslan İNCE Assoc. Prof. Dr. Burkay CEVAHİRCİOĞLU Assist. Prof. Dr. Kaan KARAKUŞ	Gümüşhane University TÜRKİYE Ordu University TÜRKİYE Ordu University TÜRKİYE Ordu University TÜRKİYE	CONSCIOUS AWARENESS IN SPORTS SCIENCES: CONTENT ANALYSIS OF POSTGRADUATE THESES CONDUCTED BETWEEN 2018 AND 2025
Assoc. Prof. Dr. Abdullah Alper ŞAHİN	Ordu University TÜRKİYE	THE RELATIONSHIP BETWEEN THE BASELINE PLATELET-TO-LYMPHOCYTE RATIO AND THE INJURY SEVERITY SCORE IN PATIENTS WITH PELVIC FRACTURES

14.04.2026 / Session-2, Hall-4
Ankara Local Time: 11:30 – 13:30

Meeting ID: 848 5448 4368
Zoom Passcode: 123456

Head of Session: Mariami Managadze

Mariami Managadze	Tbilisi State Medical University GEORGIA	THE PROBLEM OF MICROPLASTICS IN ENVIRONMENTAL MEDICINE
Asmae SMAILI Assoc. Prof. Dr. Omar TANANE Lina GOUDALI Latifa EL FARISSI Prof. Dr. Souad EL HAJJAJI	Mohammed V University MOROCCO Hassan II University MOROCCO Technical Center for Plastics and Rubber, Complex of Technical Centers MOROCCO Technical Center for Plastics and Rubber, Complex of Technical Centers MOROCCO Mohammed V University MOROCCO	TOWARDS SUSTAINABLE PACKAGING: DEVELOPMENT OF BIO-BASED ALTERNATIVES TO CONVENTIONAL PLASTICS
Hajar Laouane Youssef Boutarba Yassine Arid Amine Halhaly Loubna El Joumri Souad El Hajjaji Najoua LABJAR	Mohammed V University MOROCCO	EVALUATING WASTEWATER TREATMENT PATHWAYS USING LIFE CYCLE ASSESSMENT: FROM POLLUTION CONTROL TO RESOURCE RECOVERY
Ouijdane EL OUALI Chaimaa El Abbari Najoua Labjar Abdelmjid Zouahri Houria Dakak Lhou BENIKEN Fatima Ezahra Omari Souad El Hajjaji	Mohammed V University MOROCCO National Institute for Agronomic Research MOROCCO	ECOLOGICAL ENGINEERING OF WETLANDS FOR AGRICULTURAL DRAINAGE WATER REMEDIATION
Fatima Charboub Abdallah Albourine Rachid Ait Akbour	Ibn Zohr University MOROCCO	EUCA-Zyme@MOF: A TRIFUNCTIONAL EUCALYPTUS-DERIVED BIOCOMPOSITE FOR SYNERGISTIC CARBENDAZIM AND DIURON REMEDIATION IN COMPLEX AGRICULTURAL WASTEWATERS
Aditya Darshan Mukesh Kumar	Delhi University INDIA	INNOVATIVE TECHNIQUE FOR HOUSEHOLD WASTE REDUCTION
ELABBARI Chaimaa Pr. Labjar Najoua EL Ouali Ouijdane ZINAOUI Badre Pr. EL Hajjaji souad	Mohammed V University MOROCCO	STRATEGIES FOR SUSTAINABLE SOIL AND WATER PROTECTION FROM NITRATE POLLUTION
Amadi, Mark Umunna Nwaogu, Daniel Chinedu Njoku, Loveday Chukwudi Egwuatu, Dorothy Chinonso Omeke, Paschal Ebube	Alex Ekwueme Federal University NIGERIA	DETERMINANTS OF THE RESILIENCE CAPACITY OF THE FISH VALUE CHAIN IN EBONYI STATE NIGERIA
Amisha , Shabir Sidhu	I.K Gujral Punjab Technical University INDIA	DEVELOPMENT OF IRON ENRICHED FORTIFIED BAR
Salma Khanouchi Mimoun Mokhtari	Hassan II Agronomic and Veterinary Institute (IAV) MOROCCO	NEXT GENERATION BIOLOGICAL CONTROL FOR SUSTAINABLE PEST MANAGEMENT: REDUCING RELIANCE ON CHEMICAL PESTICIDES
NABI Fahima OUNANE Sidi Mohamed	Dr. Yahia Farès University of Médéa ALGERIA	CALCIUM-MEDIATED ALLEVIATION OF SALINITY STRESS IN COWPEA: EFFECTS ON GERMINATION AND SEEDLING GROWTH

14.04.2026 / Session-2, Hall-5
Ankara Local Time: 11:30 – 13:30

Meeting ID: 848 5448 4368
Zoom Passcode: 123456

Head of Session: Assist. Prof. Dr. Farhana Naz

Assist. Prof. Dr. Farhana Naz	Lahore College for Women University PAKISTAN	BIOPHILIC DESIGN IN HIGHER EDUCATION ENHANCING WELLBEING, COGNITION, AND LEARNING ENVIRONMENTS: A CRITICAL LITERATURE REVIEW
Ijagbemi, Opeyemi Ayobamiji Komolafe, Olatoye Abiodun Adebajo, Oluwatoyosi	Federal Polytechnic NIGERIA	CHALLENGES OF URBAN HOUSING AND FACILITY PLANNING: A FOCUS ON YENAGOA METROPOLIS OF BAYELSA STATE, NIGERIA
Melik Sami Khelil Sara Tallal Abdel Karim Bouzir	Mohamed Khider Biskra University ALGERIA	MAPPING URBAN FOODSCAPES: ARCHITECTURAL FRAMEWORKS FOR EQUITABLE FOOD DISTRIBUTION NETWORKS
Melik Sami Khelil Sara Tallal Abdel Karim Bouzir	Mohamed Khider Biskra University ALGERIA	ARCHITECTURE AND CULINARY MEMORY: SPATIAL NARRATIVES OF FOOD HERITAGE IN URBAN ENVIRONMENTS
Melik Sami Khelil Sara Tallal Abdel Karim Bouzir	Mohamed Khider Biskra University ALGERIA	FROM WAREHOUSE TO CITY GRID: ARCHITECTURAL INTEGRATION OF COLD CHAIN LOGISTICS IN URBAN ENVIRONMENTS
Melik Sami Khelil Sara Tallal Abdel Karim Bouzir	Mohamed Khider Biskra University ALGERIA	DESIGNING HYGIENIC SPACES: ARCHITECTURAL RESPONSES TO CLEANABILITY AND CONTROL IN HACCP-BASED SYSTEMS
Melik Sami Khelil Sara Tallal Abdel Karim Bouzir	Mohamed Khider Biskra University ALGERIA	TOWARDS ACOUSTIC SUSTAINABILITY: GREEN TECHNOLOGIES REDEFINING ARCHITECTURAL ACOUSTIC PRACTICE
Melik Sami Khelil Sara Tallal Abdel Karim Bouzir	Mohamed Khider Biskra University ALGERIA	FROM WASTE TO NUTRIENT: ARCHITECTURAL INTEGRATION OF FOOD RECOVERY AND RECYCLING SYSTEMS
Melik Sami Khelil Sara Tallal Abdel Karim Bouzir	Mohamed Khider Biskra University ALGERIA	HYBRID WASTE-TO-NUTRIENT FACILITIES: ARCHITECTURAL TYPOLOGIES FOR CIRCULAR FOOD SYSTEMS
Melik Sami Khelil Sara Tallal Abdel Karim Bouzir	Mohamed Khider Biskra University ALGERIA	DESIGNING TEMPERATURE-REGULATED URBAN FOOD SYSTEMS: ARCHITECTURAL PERSPECTIVES

14.04.2026 / Session-2, Hall-6
Ankara Local Time: 11:30 – 13:30

Meeting ID: 848 5448 4368
Zoom Passcode: 123456

Head of Session: Mohammed Shehu Shagari

Mohammed Shehu Shagari Abubakar Alhassan Muhammad Abdussamad Tanko Imam Michael O. Oni	Ahmadu Bello University NIGERIA	FIXED POINTS OF POLYNOMIAL FUZZY SET-VALUED MAPS ON C*-ALGEBRA-VALUED METRIC SPACES
Jamilu Abubakar Jiddah Mohammed Shehu Shagari	Federal University of Technology NIGERIA	HYBRID FIXED POINT THEOREMS OF GRAPHIC CONTRACTIONS WITH APPLICATIONS
Rhoda Chiroma Mohammed Shehu Shagari	Federal University NIGERIA Ahmadu Bello University NIGERIA	FIXED POINT THEORY VIA CHATTERJEA-TYPE PAIRED CONTRACTIONS
Adubisi Obinna Damian Bako B. Bitrus	Federal University NIGERIA	A GARCH–BASED VALUE AT RISK MODEL WITH AN EXPONENTIATED NOVEL ALPHA POWER GUMBEL DISTRIBUTED INNOVATION
Narinder Pushkarna Mustafa	Delhi University INDIA	AVNI DISTRIBUTION (AVD): A LENGTH-BIASED WEIGHTED NEW PARETO-TYPE MODEL FOR RELIABILITY AND LIFETIME DATA
Usman S Rilwan Michael O Oni Abubakar Abdulkarim	Ahmadu Bello University NIGERIA	MATHEMATICAL ANALYSIS OF A TIME-DELAY SEIR EPIDEMIC MODEL WITH VACCINATION AND TREATMENT EFFECTS
Mohd Arsh Khan Wazeeha Zubair Ansari Zeba Ali Mumtaj Naseem Ahmad Saimah Khan	Integral University INDIA Aligarh Muslim University INDIA King Khalid University SAUDI ARABIA	VIBRANIUM: SCIENTIFIC INVESTIGATIONS AND COMPARATIVE ANALYSIS OF POSSIBLE APPLICATIONS AND REAL-LIFE RESEMBLANCE

14.04.2026 / Session-2, Hall-7
Ankara Local Time: 11:30 – 13:30

Meeting ID: 848 5448 4368
Zoom Passcode: 123456

Head of Session: Zhumayev Asset Zholdybayuly

CHAKROUNE Soukaina MAGHNOUJ Abdelmajid EL MAHJOUB Chakir LAGRINI Ismail	Sidi Mohamed Ben Abdellah University MOROCCO Ibn Tofail University MOROCCO Hassan II University MOROCCO	HIGH-FIDELITY SIMULATION OF A NUSCALE-LIKE SMR BENCHMARK USING THE OPENMC CODE
Zakaria Ahal Prof. Hasan El Moumni Prof. Karima Masmar	Ibnou Zohr University MOROCCO	HF QPOS AS PROBES OF MAGNETIZED BLACK HOLES WITH DIPOLE INTERACTIONS
Gopikrishnan S Dharaneshwar A Divakar V Janarthana A Jevin V Sera Dr. G. Nixon Samuel Vijayakumar	R.M.K. Engineering College INDIA	ACOUSTIC LEVITATION
Gourav Tripathi	Delhi University INDIA	RADIATION EFFECTS AND HARDENING STRATEGIES IN PN JUNCTIONS AND MOSFETS
M'bark AMGHAR Mohamed AMAZIOUG	Ibnou Zohr University MOROCCO	GENERETED OPTOMECHANICALLY INDUCED TRANSPARENCY AND SLOW/FAST LIGHT IN CAVITY OPTOMECHANICS
Bassim Taki Larbi Rahili	Ibnou Zohr University MOROCCO	IMPACT OF VELTMAN CONDITIONS ON HIGGS SPECTRUM AND BENCHMARK SCENARIOS IN THE N2HDM
Adebisi, Thomas Ajibade Ayoola, Yemisi Adeola	Obafemi Awolowo University NIGERIA Ilesa University NIGERIA	DIFFICULTIES IN WAVES THEME IN THE CURRICULUM OF PHYSICS IN SECONDARY SCHOOLS: STUDENTS' AND TEACHERS
Abdelilah ELHAMIL Abdelaziz EZAKY Meryem ASSIDI Fouad MOKRINI Nezha BOUHADDOU Najoua LABJAR Souad EL HAJJAJI	Mohammed V University MOROCCO	ECO-FRIENDLY RODENTICIDES: PHYTOCHEMICAL CHARACTERIZATION AND FORMULATION EFFICACY OF MOROCCAN TOXIC PLANT EXTRACTS AGAINST WILD RATS

14.04.2026 / Session-3, Hall-1
Ankara Local Time: 14:00 – 16:00

Meeting ID: 848 5448 4368
Zoom Passcode: 123456

Head of Session: Assoc. Prof. Dr. Başar ERDİVANLI

Dr. Berkay TOPAL Spec. Dr. Muhammed Emre GÜLEŞİR Dr. Umut Ata UĞRAŞ	Bolu Abant İzzet Baysal University TÜRKİYE	CURRENT REVASCULARIZATION STRATEGIES IN CORONARY ARTERY DISEASE: PCI, CABG, AND HEART TEAM APPROACH
Spec. Dr. Muhammed Emre GÜLEŞİR Dr. Berkay TOPAL	Bolu Abant İzzet Baysal University TÜRKİYE	PERSONALIZED CLINICAL INDICATIONS, AGENT SELECTION, AND CURRENT STUDIES OF ANTICOAGULANTS IN CARDIOLOGY
Umut ATA UĞRAŞ Dr. Cem EGE GÜR Göktuğ AĞAÇ	Bolu Abant İzzet Baysal University TÜRKİYE	CAROTID ARTERY DISEASE: A COMPARATIVE REVIEW OF ENDARTERECTOMY AND STENTING IN LIGHT OF CURRENT EVIDENCE
Bahadır İSMET ERDEN Göktuğ AĞAÇ Dr. Cem EGE GÜR	Bolu Abant İzzet Baysal University TÜRKİYE	THE ROLE OF ANTICOAGULATION AND ANTIPLATELET THERAPY IN CARDIOVASCULAR SURGERY
Göktuğ AĞAÇ Umut ATA UĞRAŞ Bahadır İSMET ERDEN	Bolu Abant İzzet Baysal University TÜRKİYE	CURRENT APPROACHES IN SURGICAL AND ENDOVASCULAR TREATMENT OF AORTIC ANEURYSMS
Hakan ÖNTAŞ	Balıkesir University TÜRKİYE	A COMPARISON OF NEW-GENERATION ANTICOAGULANT DRUGS
Assoc. Prof. Dr. Başar ERDİVANLI	Recep Tayyip Erdoğan University TÜRKİYE	PROLONGED SEVERE INTRAOPERATIVE HYPOTENSION GUIDED BY ARTERIAL WAVEFORM ANALYSIS AND END-TIDAL CARBON DIOXIDE DURING TOTAL LARYNGECTOMY WITHOUT POSTOPERATIVE ORGAN INJURY
Assoc. Prof. Dr. Başar ERDİVANLI	Recep Tayyip Erdoğan University TÜRKİYE	EPHEDRINE TIMING AND CAPNOSTREAM IPI BURDEN IN CESAREAN DELIVERY: A PILOT FEASIBILITY STUDY
Dr. Cem EGE GÜR Bahadır İSMET ERDEN Umut ATA UĞRAŞ	Bolu Abant İzzet Baysal University TÜRKİYE	SURGICAL SITE INFECTIONS IN CARDIOTHORACIC SURGERY: CURRENT APPROACHES

14.04.2026 / Session-3, Hall-2
Ankara Local Time: 14:00 – 16:00

Meeting ID: 848 5448 4368
Zoom Passcode: 123456

Head of Session: Assoc. Prof. Dr. Mehmet Şahin AKINCI

Assist. Prof. Dr. Abdullah Semih BİREL	Zonguldak Bülent Ecevit University TÜRKİYE	MEASURING PERFORMANCE IN STRING INSTRUMENT EDUCATION: METHODOLOGICAL ANALYSIS OF PUBLISHED SCALES
Berdi MEREDOV Umut ŞENER Prof. Dr. Ferit BULUT	Ondokuz Mayıs University TÜRKİYE	TURKEY AND TURKMENISTAN A COMPARATIVE ANALYSIS OF 1ST GRADE ELEMENTARY SCHOOL MUSIC TEXTBOOKS
Prof. Dr. Meltem DÜZBASTILAR Eda Asya AKSU	Trabzon University TÜRKİYE	THE FUNCTION OF BASIC SCHOOL INSTRUMENTS IN SCHOOL MUSIC EDUCATION LESSONS
Assoc. Prof. Dr. Mehmet Şahin AKINCI	Zonguldak Bülent Ecevit University TÜRKİYE	MUSIC AND SONGS IN THE EDUCATION OF STUDENTS WITH SPECIAL NEEDS
Ümit BULUT Assist. Prof. Dr. Esra GENÇ	Tokat Gaziosmanpaşa University TÜRKİYE	AN INVESTIGATION INTO THE RELATIONSHIP BETWEEN WORKING MEMORY AND SOCIAL SKILLS IN CHILDREN WITH HEARING LOSS AND NORMALLY HEARING CHILDREN
Nilgül BEYAZ TEYİN Assist. Prof. Dr. Esra GENÇ	Tokat Gaziosmanpaşa University TÜRKİYE	AN EXAMINATION OF THE DAILY ROUTINES OF CHILDREN WITH HEARING LOSS IN THE CONTEXT OF COGNITIVE FLEXIBILITY

14.04.2026 / Session-3, Hall-3
Ankara Local Time: 14:00 – 16:00

Meeting ID: 848 5448 4368
Zoom Passcode: 123456

Head of Session: Res. Assist. Ömer DEMİRCİ

Gözde Nur AYDOĞAN Oğuzhan METİN	Recep Tayyip Erdoğan University TÜRKİYE	TREATMENT OF INSUFFICIENT KERATINIZED ATTACHED GINGIVA IN THE MANDIBULAR ANTERIOR REGION WITH A FREE GINGIVAL GRAFT: A CASE REPORT
Exp. Zeynep BASTABAN Prof. Dr. İbrahim Erhan GELGÖR	Uşak University TÜRKİYE	SELECTIVE ANTERIOR MAXILLARY EXPANSION WITH FAN-TYPE MARPE AND SUBSEQUENT FIXED TREATMENT OUTCOMES IN A LATE ADOLESCENT PATIENT
Assist. Prof. Dr. Ahmetcan HASKAN Res. Assist. Ömer DEMİRCİ	Hatay Mustafa Kemal University TÜRKİYE	SIMULTANEOUS IMPLANT PLACEMENT WITH RIDGE SPLIT TECHNIQUE IN THE TREATMENT OF HORIZONTAL ALVEOLAR RIDGE DEFICIENCY: A TWO-CASE REPORT
Muhammed Enes ÖZYER Ahmet Can HASKAN	Hatay Mustafa Kemal University TÜRKİYE	A RARE ADHESIVE DISC PHENOMENON IN THE TEMPOROMANDIBULAR JOINT: A REPORT OF TWO CASES
Yasemin BİLİR Assoc. Prof. Dr. Andaç DOĞAN Oğuzhan AKBAŞ	Recep Tayyip Erdoğan University TÜRKİYE	SURGICAL TREATMENT OF DESMOPLASTIC FIBROMA WITH PRF APPLICATION: A 2-YEAR FOLLOW-UP

14.04.2026 / Session-3, Hall-4
Ankara Local Time: 14:00 – 16:00

Meeting ID: 848 5448 4368
Zoom Passcode: 123456

Head of Session: Prof. Rehana Kanwal

S. Reashmi Dr.S.Selvam	Nadar Mahajana Sangam S.Vellaichamy Nadar College INDIA	DECENTRALIZED CLOUD STORAGE USING BLOCKCHAIN
J.Jeyavarshana Dr.S.Selvam	Nadar Mahajana Sangam S.Vellaichamy Nadar College INDIA	EDGE AI (RUNNING AI WITHOUT INTERNET)
J.Jeyavarshana Dr.S.Selvam	Nadar Mahajana Sangam S.Vellaichamy Nadar College INDIA	OPERATING AI WITHOUT INTERNET CONNECTIVITY
Golam Kuadir Khan Prince Helal Uddin	Hajee Mohammad Danesh Science and Technology University BANGLADESH	A FULLY OFFLINE HYBRID CLUSTER-MESH ARCHITECTURE FOR DELAY TOLERANT MULTIMEDIA DISSEMINATION USING OPPORTUINISTIC MULTI-RADIO COMMUNICATION
Fatjona KRONI Prof. Dr. Ermira KALAJ	Shkodra University ALBANIA	USER-GENERATED CONTENT AS INDICATORS OF DIGITAL VISIBILITY AND ONLINE ENGAGEMENT: EVIDENCE FROM TRIPADVISOR DATA IN NORTHERN ALBANIA
Md Iqbal Hossain Moynul Islam Bahar Md Bani Amin Aspiya Akter Rakib Ul Hasan	St. Francis College USA Bangladesh University of Engineering and Technology BANGLADESH	INFORMATION TECHNOLOGY MANAGEMENT IN ENVIRONMENTAL STUDIES PROGRAMS: ENHANCING SUSTAINABILITY THROUGH DIGITAL INTEGRATION
Prof. Rehana Kanwal	National College of Business Administration and Economics PAKISTAN	SOCIAL AND POLITICAL ASPECTS OF INFORMATION TECHNOLOGY PROJECTS

14.04.2026 / Session-3, Hall-5
Ankara Local Time: 14:00 – 16:00

Meeting ID: 848 5448 4368
Zoom Passcode: 123456

Head of Session: Dr. Valbon Bytyqi

Dr. Md. Rostom Ali Dr. Md. Fakrul Islam Md Babul Hossain Prodhan Mst. Surovi Akther	Rajshahi University BANGLADESH Rajshahi University BANGLADESH Western Sydney University AUSTRALIA Rajshahi University BANGLADESH	DISASTER-INDUCED LIVELIHOOD VULNERABILITY OF FLOODING COMMUNITY IN NORTHERN BANGLADESH: A STUDY OF JAMUNA RIVER BASIN IN BOGURA AND SIRAJGANJ DISTRICT
Oktavia Risma Herlina Sari Nabila Gandita Adrian Sakha Shabia Mercurius Broto Legowo	Perbanas Institute INDONESIA	INTEGRATION OF FLOOD HAZARD, SOCIOECONOMIC VULNERABILITY, AND EXPOSURE FOR FLOOD RISK MANAGEMENT SYSTEM IN JAKARTA
Hayat LAZHAR Mhamed AMYAY Rachida IKKOU	Sidi Mohamed Ben Abdellah University MOROCCO	MAPPING THE POTENTIAL VULNERABILITY OF SOILS TO WATER EROSION IN THE CENTRAL MIDDLE ATLAS (MOROCCO)
Aisha Ohieku	Abuja University NIGERIA	IMPACT OF MALARIA CO-INFECTION ON ORTHOPEDIC TRIAGE DECISIONS AND EMERGENCY OUTCOMES IN ROAD TRAFFIC MASS CASUALTIES IN ABUJA
Dr. Valbon Bytyqi	Prishtina University KOSOVO	TEMPORAL VARIATION OF PARTICULATE MATTER (PM2.5 and PM10) CONCENTRATION IN KOSOVA
Viviane Dasilva Olimpia Pino	Parma University ITALY	BIOPHYSICAL VALIDATION OF NEURONAL DYNAMICS: INTEGRATING HODGKIN-HUXLEY AND JANSEN-RIT MODELS FOR ARTEFACT-RESISTANT QEEG ANALYSIS

14.04.2026 / Session-3, Hall-6
Ankara Local Time: 14:00 – 16:00

Meeting ID: 848 5448 4368
Zoom Passcode: 123456

Head of Session: Assist. Prof. Dr. K.R.Padma

Assist. Prof. Dr. K.R.Padma	Women's University INDIA	HARNESSING MSC-DERIVED EXOSOMES FOR TISSUE REGENERATION: CURRENT PROGRESS AND FUTURE DIRECTIONS
Loga Sreeyaa R K Ranjani S S. Hemalatha	B.S. Abdur Rahman Crescent Institute of Science and Technology INDIA	DEVELOPMENT AND EVALUATION OF LOTUS INCORPORATED NANOGEL FOR ANTIFUNGAL APPLICATIONS
Sanaa EL AIDOUNI Youssef ZEMMEZ Aicha ROSSAFI Mohammed OUHSSINE	Ibn Tofail University MOROCCO Hassan II University MOROCCO	AN INTEGRATED CLINICAL, MICROBIOLOGICAL AND LIFESTYLE APPROACH TO FACIAL SKIN HEALTH IN ADULT DERMATOLOGY PATIENTS FROM LARACHE, MOROCCO
Lăcrămioara PETRE Suzana TURCU	Romanian Academy ROMANIA	SELF-REPORTED PERCEPTION OF EMPLOYMENT STATUS AND WORKPLACE DISCRIMINATION ON HIV CHRONIC DISEASE PATIENTS IN ROMANIA
Chiara Ciancilla Valentina Salamida Viviane Dasilva Olimpia Pino	Parma University ITALY	A THEORETICAL FRAMEWORK FOR NEUROFEEDBACK IN PERFORMANCE ANXIETY: THE DIFFERENCE BETWEEN SMR AND ALPHA/THETA TRAINING IN THE PROTOCOL TARGET
Nodar Sulashvili Ekaterine Lomia Marika Sulashvili Igor Seniuk Tamar Okropiridze Lela Grigolia Kakhaber Robakidze	Alte University GEORGIA İKSAD Institute Tbilisi State Medical University GEORGIA National University of Pharmacy UKRAINE Georgian University GEORGIA Caucasus International University GEORGIA Caucasus International University GEORGIA	PRINCIPAL DETERMINANTS AND STRUCTURAL DIMENSIONS IN THE TRANSFORMATION OF MEDICAL EDUCATION: A GLOBAL SYSTEMATIC REVIEW OF INNOVATIVE TEACHING METHODOLOGIES AND CLINICAL COMPETENCE ENHANCEMENT
Ms. Saloni Sharma Dr. K Gowthamarajan	JSS College of Pharmacy INDIA	EFFECTIVE EVALUATION OF POLYMERIC GOLD NANO-RODS SURFACE MODIFIED WITH FOLIC ACID FOR ANTI-INFLAMMATORY ACTIVITY
Bushra Arshad	Allama Iqbal Open University PAKISTAN	NON-LINEAR MHD ON HEAT AND MASS TRANSFER IN POWER LAW FLUID FLOW ALONG A MOVING WEDGE
Grigory PYSHNOGRAI Yurii PAVLYUK	Sobolev Institute of Mathematics RUSSIA Altai State Pedagogical University RUSSIA	NUMERICAL STUDY OF THE DEPENDENCE OF RHEOLOGICAL PROPERTIES OF POLYMER MELT ON THE KINEMATICS OF ITS VORTEX FLOW

14.04.2026 / Session-3, Hall-7
Ankara Local Time: 14:00 – 16:00

Meeting ID: 848 5448 4368
Zoom Passcode: 123456

Head of Session: Anene Amaka Anulika

Lili Delila Mbado	Indonesia Christian University INDONESIA	FOSTERING AND ASSESSING CHARACTER AND FAITH: THE ROLE OF CHRISTIAN RELIGIOUS EDUCATION TEACHERS IN CLASSROOM EVALUATION
Ratna Sari Waruwu Rezeki Putra Gulo Natalia Christy Megumi Kaunang Desi Sianipar	Christian University INDONESIA	THE URGENCY OF THEOLOGICAL FOUNDATIONS AND NATIONAL POLICY IN SPIRITUALITY ASSESSMENT IN CHRISTIAN RELIGIOUS EDUCATION IN INDONESIA
Yafarman Zai Theresia Katrin HB Oci Cristy Darlinta Koilhar	Christian University INDONESIA	THE IMPORTANCE OF TECHNOLOGICAL INNOVATION IN THE CHRISTIAN EDUCATION ASSESSMENT OF STUDENT LEARNING OUTCOMES IN INDONESIA
Musa MOHAMMED Ahmed Barkuta ABDULLAHI Abdulrahman JIMADA	Dr. Umaru Sanda Ahmadu College of Education NIGERIA	IMPACT OF GUIDANCE AND COUNSELLING ON CAREER CHOICE AMONG SENIOR SECONDARY SCHOOL STUDENTS IN MINNA EDUCATIONAL ZONE OF NIGER STATE, NIGERIA
Nneka Nwafor Chinyere Onalu Paulinus Okah	Nigeria University NIGERIA	STAKEHOLDERS' PERCEPTIONS ON FACTORS RESPONSIBLE FOR PUPILS' ABSENCE FROM SCHOOLS IN RURAL AREAS OF ENUGU STATE, NIGERIA
Anene Amaka Anulika Agbefa Maria Abah Gongden Esther Ephraim Kamji Nendirmwa Blessing	Jos University NIGERIA	ROUND-ROBIN BRAINSTORMING COOPERATIVE LEARNING STRATEGY AND SENIOR SECONDARY ONE STUDENTS' ATTITUDE IN BIOLOGY: MODERATING ROLE OF GENDER IN BENUE STATE, NIGERIA

14.04.2026 / Session-4, Hall-1
Ankara Local Time: 16:30 – 18:30

Meeting ID: 848 5448 4368
Zoom Passcode: 123456

Head of Session: Assoc. Prof. Dr. Emine YURDAKUL ERTÜRK

Assoc. Prof. Dr. Emine YURDAKUL ERTÜRK	Ordu University TÜRKİYE	CELIAC DISEASE IN CHILDREN: AN UPDATED REVIEW IN LIGHT OF THE ESPGHAN 2020 GUIDELINE
Dr. Ayşegül SARIAYDIN Dr. Burak SARIAYDIN Prof. Dr. Ali ASLAN	Ordu University TÜRKİYE	LANDAU-KLEFFNER SYNDROME: LITERATURE REVIEW WITH CASE PRESENTATIONS
Assist. Prof. Dr. Ecem İpek ALTINOK Dr. İlayda ÖZTÜRK Assist. Prof. Dr. Volkan ALTINOK	Ordu University TÜRKİYE	EFFECT OF ONDANSETRON ON VOMITING CONTROL AND INTRAVENOUS FLUID REQUIREMENT IN CHILDREN WITH ACUTE GASTROENTERITIS: A SYSTEMATIC REVIEW AND META-ANALYSIS
Res. Assist. Ayşe Nur AYRAL Assoc. Prof. Dr. Bilal ÖZMEN Res. Assist. Songül CAN KOÇAK	Ondokuz Mayıs University TÜRKİYE	THE USE OF HONEY IN ORAL MUCOSITIS IN PEDIATRIC CANCER PATIENTS
Res. Assist. Songül CAN KOÇAK Assoc. Prof. Dr. Bilal ÖZMEN Res. Assist. Ayşe Nur AYRAL	Ondokuz Mayıs University TÜRKİYE	THE USE OF PROPOLIS IN DENTISTRY
MSc. Mehmet Aydın HORUZ Prof. Dr. Hacer GÖK UĞUR	Ordu University TÜRKİYE	ONLINE GAMBLING ADDICTION AMONG UNIVERSITY STUDENTS AND THE ROLE OF PUBLIC HEALTH NURSES
Assoc. Prof. Dr. Ayten KAYA	Ordu University TÜRKİYE	MULTIDIMENSIONAL ANALYSIS OF THE AGING IN PLACE MODEL AND ITS APPLICABILITY IN TÜRKİYE

14.04.2026 / Session-4, Hall-2
Ankara Local Time: 16:30 – 18:30

Meeting ID: 848 5448 4368
Zoom Passcode: 123456

Head of Session: Assoc. Prof. Dr. Zahide AKEREN

Assoc. Prof. Dr. Zahide AKEREN Assist. Prof. Dr. İhsan AKEREN	Bayburt University TÜRKİYE	INTEGRATION OF SELF-CARE AND SELF-MANAGEMENT IN AGING IN PLACE
Assist. Prof. Dr. İhsan AKEREN Assoc. Prof. Dr. Zahide AKEREN	Bayburt University TÜRKİYE	THE ROLE OF SUBJECTIVE HEALTH, SOCIAL RELATIONSHIPS, AND PHYSICAL ACTIVITY IN SUCCESSFUL AGING: A STUDY ON OLDER ADULTS
Assist. Prof. Dr. Gökhan KURT	Sivas Cumhuriyet University TÜRKİYE	AGEISM IN CONTEMPORARY SOCIOLOGY: ELDERLY DISCRIMINATION FROM A MULTIDIMENSIONAL PERSPECTIVE
Sabiha Rana DAYIOĞLU OYMAN Prof. Dr. Şeyda YILDIRIM Rümeysa BOZDEMİR	Manisa Celal Bayar University TÜRKİYE	"EMPOWER YOUR POTENTIAL": DEFINING MENTOR QUALITIES IN A CAPACITY-BUILDING PROGRAM FOR YOUTH IN CARE
Assist. Prof. Dr. Cansu Mine AYDIN Prof. Dr. Özlem KARABULUTLU Exp.Yağmur KOTANCI Tuğba KAVAS Lect. Dr. Gülhan AKDEMİR	Kafkas University TÜRKİYE Kafkas University TÜRKİYE Kars Provincial Health Directorate TÜRKİYE Susuz Community Health Center TÜRKİYE Iğdır University TÜRKİYE	MATERNAL NUTRITION AND CHRONONUTRITION
Assist. Prof. Dr. Cansu Mine AYDIN Prof. Dr. Özlem KARABULUTLU Lect. Dr. Gülhan AKDEMİR Tuğba KAVAS Ecp. Yağmur KOTANCI	Kafkas University TÜRKİYE Kafkas University TÜRKİYE Iğdır University TÜRKİYE Susuz Community Health Center TÜRKİYE Kars Provincial Health Directorate TÜRKİYE	THE APPROACH OF MIDWIVES AND NURSES IN ASSESSING THE IMPACT OF CLIMATE CHANGE ON PREGNANCY FROM A PUBLIC HEALTH PERSPECTIVE
Lect. Dr. Vedat KAYIŞ	Düzce University TÜRKİYE	THE EFFECTS OF DIETARY HABITS ON METABOLIC HEALTH AND QUALITY OF LIFE
Lect. Dr. Vedat KAYIŞ	Düzce University TÜRKİYE	FUNCTIONAL FOODS AND PREVENTIVE HEALTH: NEW NUTRITION-BASED PARADIGMS

14.04.2026 / Session-4, Hall-3
Ankara Local Time: 16:30 – 18:30

Meeting ID: 848 5448 4368
Zoom Passcode: 123456

Head of Session: Prof. Dr. Tahsin TONKAZ

Recep AKIN Hüseyin CÜCE	Giresun University TÜRKİYE	ENVIRONMENTAL AND HUMAN HEALTH IMPACTS OF CLIMATE CHANGE- INDUCED FLOODS IN TÜRKİYE
Ferdi ÇECE Meryem SELVİ	Gazi University TÜRKİYE	A BIBLIOMETRIC PERSPECTIVE ON ENVIRONMENTAL LITERACY LITERATURE
Prof. Dr. Tahsin TONKAZ	Ordu University TÜRKİYE	ANALYSIS OF MONTHLY MAXIMUM TEMPERATURE TRENDS IN ORDU PROVINCE
Serdar SUCU Prof. Dr. Tahsin TONKAZ	Ordu University TÜRKİYE	CENTRAL AND EASTERN BLACK SEA REGION SOLAR RADIATION MODELING AND MAPPING
Ceyda ÜNAL Prof. Dr. Abdullah KELKİT	Çanakkale Onsekiz Mart University TÜRKİYE	URBAN COASTAL LAND USE: EXAMPLES FROM TÜRKİYE AND AROUND THE WORLD

14.04.2026 / Session-4, Hall-4
Ankara Local Time: 16:30 – 18:30

Meeting ID: 848 5448 4368
Zoom Passcode: 123456

Head of Session: Prof. Dr. Ananda Majumdar

Anas Hamdani Abdellatif Boutagayout Atman Adiba Razouk Rachid Said Bouda	National Agricultural Research Institute MOROCCO Moulay Ismail University MOROCCO National Institute of Agricultural Research (INRA) MOROCCO Sultan Moulay Slimane University MOROCCO	PROMOTING SUSTAINABLE WATER USE IN MOROCCO: ASSESSMENT OF RESOURCES, ISSUES, AND ADAPTATION PATHWAYS
HARIBOU Nissrine NFISSI Kawtar	Sidi Mohammed Ben Abdellah University MOROCCO	ANTI-POLLUTION STANDARDS AT THE HEART OF MOROCCAN ENVIRONMENTAL POLICY
Sarah ABOU EL ANOUAR Dr. Naoufal AHIDAR Prof. Dr. Meryem BENJELLOUN	Sidi Mohamed Ben Abdellah University MOROCCO	DOMINANT USE OF CISTUS MONSPELIENSIS L. AS FIREWOOD FOR TRADITIONAL OVENS AND ITS IMPLICATIONS FOR SUSTAINABILITY IN NORTHERN MOROCCO
Rachida Ikkou Youssef Benbrahim Hayat lazhar Soukaina El aissaoui	Sidi Mohamed Ben Abdellah University MOROCCO	CLOSE RELATIONSHIP BETWEEN THE LOCAL POPULATION AND THE VEGETATION COVER OF KHÉNIFRA NATIONAL PARK
Rovena BASHI Jetmir BASHI	Luigj Gurakuqi University ALBANIA Noval shpk, Durres ALBANIA	BIODIVERSITY PATTERNS AND CONSERVATION CHALLENGES IN THE ALBANIAN ALPS: A SYNTHESIS OF ECOLOGICAL EVIDENCE
Sarkı Mathew Alherı Angela	Dr. Umaru Sanda Ahmadu College of Education NIGERI	ASSESSMENT OF THE USAGE OF INFORMATION AND COMMUNICATION TECHNOLOGY (ICT) IN RECORD-KEEPING IN SECONDARY SCHOOLS OF BOSSO LOCAL GOVERNMENT AREA, NIGER STATE
O. Fatunmbi S. A. Odunlami J. K. Odeyemi	Federal Polytechnic NIGERIA	SECOND-LAW ANALYSIS OF MAGNETO-BIOCONVECTIVE MARANGONI MAXWELL NANOFLUID FLOW OVER A POROUS ROTATING DISK
Taiwo Samuel YUSUF Oluwakayode Michael ONI Vampah Tizhe PETER Eneji BELLO Emmanuel F. SADIQ	Ahmadu Bello University NIGERIA Federal College of Education NIGERIA	ANALYSIS OF ENTROPY GENERATION DUE TO MHD FLOW THROUGH A POROUS CHANNEL WITH NAVIER SLIP UNDER ISOTHERMAL AND ADIABATIC BOUNDARY CONDITIONS
Michael O. Oni Basant K. Jha Taiwo S. Yusuf Mohammed S. Shagari	Ahmadu Bello University NIGERIA	DUA-PHASE COUPLED ELECTRO-HYDRODYNAMIC TRANSPORT IN POROUS-FLUID ANNULI FOR VERTICAL WELLBORE OIL RECOVERY
Prof. Dr. Ananda Majumdar	Harvard University USA	THE ROLE OF CHARITY IN SHAPING MEDIEVAL SOCIETY: INSIGHTS INTO SOCIAL WELFARE AND COMMUNITY DYNAMICS

14.04.2026 / Session-4, Hall-5
Ankara Local Time: 16:30 – 18:30

Meeting ID: 848 5448 4368
Zoom Passcode: 123456

Head of Session: Jorge Ferreira FRANCO

Charmae Deniega James Bisnar Jelly Fione Cinco Chloe Faith Maloloy-on Mitze Dehayco Imie Jasmin Flores Mary Jane Juarez Michelle Gie B. Amasa	Mabolo National High School PHILIPPINES	RELATIONSHIP BETWEEN AWARENESS OF DECOY PRICING STRATEGIES AND DECISION-MAKING BEHAVIOR OF SENIOR HIGH SCHOOL STUDENTS AT MABOLO NATIONAL HIGH SCHOOL
Ephesus O. Fatunmbi Mukail A. Akinde Olubisi L. Aako	Federal Polytechnic NIGERIA	ENTROPY DYNAMICS IN FINANCIAL SYSTEMS: A THERMOFLUID FRAMEWORK FOR RISK, UNCERTAINTY, AND MARKET INEFFICIENCY
Ijagbemi, Opeyemi Ayobamiji Ijagbemi, Christopher Oluwatade	Federal Polytechnic NIGERIA	CROWD CONTROL STRATEGIES FOR CRITICAL FACILITIES IN TERTIARY INSTITUTION: A CASE STUDY OF FUTA MAIN AUDITORIUM
Rameesha Khan Sijal Ejaz Rafia Gulzar Dr. Omer Shujat Bhatti Fahad Khan	University of Management and Technology PAKISTAN	ANALYZING MASJID WAZIR KHAN TO ENHANCE THE BUILT ENVIRONMENT OF WALLED CITY, LAHORE
Amena Khatun Manica	University of New Haven USA	APPLICATION OF NANOTECHNOLOGY IN DRUG DELIVERY SYSTEMS FOR IMPROVED HEALTHCARE OUTCOMES
Adeniji L.A Ashiru A.W Amusa S.O Idowu E.O Ayeni O.M Olusan B.O Akintola O.E	Yaba College of Technology NIGERIA	A SURVEY OF UNHEALTHY DIETARY BEHAVIOUR AND IRREGULAR EATING PATTERN IN THE DURATION OF EYEGLASSES USAGE AMONG SECONDARY SCHOOL STUDENTS
Jorge Ferreira FRANCO	Júlio de Mesquita Filho State University BRASIL	USING WEB3D-BASED RESOURCES FOR STIMULATING TRANSDISCIPLINAR, MEDIA AND EQUITABLE EDUCATION TRAJECTORIES: A USE CASE
Oumayma DABALI Kouatr ELFAZAZI Abdelouahed HAJJAJI	Sultan Moulay Slimane University MOROCCO Sidi Mohamed Ben Abdellah University MOROCCO Head of Regional Center of Agricultural Research of Beni Mellal, INRA MOROCCO	STUDY OF THE IMPACT OF POST-HARVEST AGRICULTURAL PRACTICES ON FIGS PRODUCED IN MOROCCO

14.04.2026 / Session-4, Hall-6
Ankara Local Time: 16:30 – 18:30

Meeting ID: 848 5448 4368
Zoom Passcode: 123456

Head of Session: Lect. Duong To Quoc THAI

Vjollca Berisha Sevdije Govori	Prishtina University KOSOVO	ANTICANCER PYRAZOLE SCHIFF BASE METAL COMPLEXES: SYNTHESIS AND CHARACTERIZATION
Dr. Emine Seydametova	Gyeongsang National University KOREA	FUNGAL PRODUCERS OF LIPID-LOWERING AGENTS ISOLATED FROM UNCULTIVATED AND CULTIVATED SOILS
David Yusuf Hassan Jerry Ogbeba	Federal University NIGERIA	COMPARATIVE STUDY OF BIO-ETHANOL PRODUCTION FROM MAIZE AND RICE HUSKS USING Aspergillus niger AS A HYDROLYSING AGENT
Sandhya A Ranjani S S. Hemalatha	B.S. Abdur Rahman Crescent Institute of Science and Technology INDIA	BIOSYNTHESIS OF ZnO NANOPARTICLES USING BACILLUS SUBTILIS TO COMBAT POULTRY PATHOGENS
Mounir KHERROUBI Zakarya Izzeddine ZERROUK Yasmin BENHALIMA	Ecole normale superieure de kouba ALGERIA	BIOCONTROL OF TRIBOLIUM CASTANEUM USING SOME PLANTS, ESSANTIAL OILS
Mukesh varathan A A Madhu sravani darla Dr. Vignesh chandran Dr. P.R. Thenmozhivalli Dr. U. Venkateswara prasad	B.S.Abdur Rahman Crescent Institute of Science and Technology INDIA	IDENTIFICATION AND CHARACTERIZATION OF ANTIBIOTIC RESISTANCE GENES IN MULTIDRUG-RESISTANT UPEC ISOLATES
Balasubramani G L Rinky Rajput Manish Gupta Pradeep Dahiya Jitendra K Thakur Rakesh Bhatnagar Abhinav Grover	Jawaharlal Nehru University INDIA National Institute of Plant Genome Research INDIA Banaras Hindu University INDIA	STRUCTURE-BASED DRUG REPURPOSING TO INHIBIT THE DNA GYRASE OF MYCOBACTERIUM TUBERCULOSIS
Lect. Duong To Quoc THAI	Dong Thap University VIETNAM	AGRICULTURAL CREDIT AND COMMODITY EXPORTS: THE OPERATIONS OF THE BANQUE DE L'INDOCHINE IN THE COLONIAL ECONOMY
Lect. Duong To Quoc THAI	Dong Thap University VIETNAM	THE BANQUE DE L'INDOCHINE AND ITS ROLE IN PROMOTING MARITIME TRADE IN VIETNAMESE PORT CITIES (1875–1954)
Jaayefar, Fatima-ezzahra Dahmani, Jamila	Ibn Tofail University MOROCCO	DATA CAPITALIZATION OF LAURUS NOBILIS L.: THERAPEUTIC AND NUTRITIONAL VALORIZATION OF A FOOD AND MEDICINAL PLANT
Jaayefar, Fatima-ezzahra Dahmani, Jamila	Ibn Tofail University MOROCCO	DATA CAPITALIZATION OF VITEX AGNUS-CASTUS L.: THERAPEUTIC AND NUTRITIONAL VALORIZATION OF A MEDICINAL PLANT

14.04.2026 / Session-4, Hall-7
Ankara Local Time: 16:30 – 18:30

Meeting ID: 848 5448 4368
Zoom Passcode: 123456

Head of Session: Emmanuel U. ANASO

Ozioma Faith ORAZULIKE Flora Onyinyechi UJU-NJOKU Angela Ebere OBETTA	Nigeria University NIGERIA	REMOVAL OF FUEL SUBSIDY: IMPACT ON POULTRY PRODUCTION IN NIGERIA
Chiroma, Yakubu Jibrin Agwu, Ani Ekwe Uduma Nnachi Ukpai	Federal Polytechnic NIGERIA	PROSPECTS AND CONSTRAINTS OF SMALLHOLDER SHEEP PRODUCTION IN DENGI DISTRICT, KANAM LOCAL GOVERNMENT AREA, PLATEAU STATE, NIGERIA
Emmanuel U. ANASO	Federal University of Agriculture NIGERIA	ABATTOIR BY-PRODUCT UTILIZATION AND WASTE MANAGEMENT IN WEST AFRICA: CHALLENGES, OPPORTUNITIES, AND SUSTAINABLE PATHWAYS FORWARD
Ebele Chinelo Amaechina Ifeyinwa Anthonia Achike Eric Chiedum Eboh	Nigeria University NIGERIA	GENDER ROLES AND RELATIONS IN IRRIGATED AGRICULTURE IN THE LOWER ANAMBRA AND LOWER BENUE IRRIGATION PROJECTS, NIGERIA
Daniel Chinedu NWAOGU Paschal Ebube OMEKE	Alex-Ekwueme Federal University NIGERIA	CLIMATE CHANGE AND FISH VALUE CHAIN PERFORMANCE IN SOUTH-EAST NIGERIA
Ijiyokun, A. O Fasanu, O Komolehin, F	Federal College of Education NIGERIA	INFLUENCE OF PLANT MATERIALS ON SOIL SATURATED HYDRAULIC CONDUCTIVITY, BULK DENSITY AND MAIZE YIELD IN A RAINFOREST AGRO ECOLOGICAL ZONE OF NIGERIA
Helal Uddin Akpah Faith	Hajee Mohammad Danesh Science and Technology University BANGLADESH Buea University CAMEROON	MECHANICAL ENGINEERING INNOVATIONS FOR SUSTAINABLE AND CLEAN HEALTHCARE SYSTEMS: A CASE STUDY
Abubakar Aliero Yahaya Ukasha Muhammad Tukur Umar Muhammad Kangiwa Muntasir Musa Labbo Anas nomau Sabiyel	Abdullahi Fodio University of Science and Technology NIGERIA	CHARACTERIZATION OF ELECTRICAL PROPERTIES OF ONION LEAVES SOLUTION USING ELECTROLYSIS
RACHANA C POOJA SHREE L PRATHEKSHA R D Dr. R.Valarmathi	R.M.K. Engineering College INDIA	TRAFFIC OPTIMIZATION IN COMMUNICATION NETWORKS-POISSON DISTRIBUTION
Helal Uddin Laraib Zanib Izzah Atif Mariam Dua	Hajee Mohammad Danesh Science and Technology University BANGLADESH M. Islam college PAKISTAN ISRA University PAKISTAN	SUSTAINABLE BIOMATERIALS AND MECHANICAL ENGINEERING SOLUTIONS FOR NEXT-GENERATION HEALTHCARE SYSTEMS

CONTENTS
VOLUME - I

AUTHOR	TITLE	NO
Abdulkhaeva Gulshoda Isakjon qizi	CONTEMPORARY APPROACHES TO THE OPTIMISATION OF LOGISTICS PROCESSES AT ENTERPRISES: THEORETICAL FOUNDATIONS AND PRACTICAL SOLUTIONS	VOLUME - I
Abduraxmonova Nigora Kalandarovna	CHARACTERISTICS OF ENSURING THE ECONOMIC INDEPENDENCE OF RURAL WOMEN THROUGH SUPPORTING AND DEVELOPING WOMEN'S ENTREPRENEURSHIP	VOLUME - I
Faruk AKYAZI Ahmad Nur ROHIM Uğur YİĞİT	THE IMPORTANCE OF NEMATODES AS BIOINDICATORS IN SOIL HEALTH	VOLUME - I
Uğur YİĞİT Faruk AKYAZI	THE RELATIONSHIP BETWEEN SOIL PHYSICOCHEMICAL PROPERTIES AND THE DENSITY OF ROOT-LESION NEMATODE (Pratylenchus spp.) SPECIES IN POTATO PRODUCTION AREAS	VOLUME - I
Alijonov Utkirjon Makhamadalievich	THEORETICAL ASPECTS OF IMPLEMENTING THE DUAL FORM OF EDUCATION IN THE VOCATIONAL TRAINING SYSTEM	VOLUME - I
Milea DIANA	NATIONAL INITIATIVE FOR THE SPECIALIZATION OF JUSTICE PROFESSIONALS IN COMBATING FORCED MARRIAGES AND VIOLENCE AGAINST WOMEN AND DOMESTIC VIOLENCE IN THE REPUBLIC OF MOLDOVA	VOLUME - I
S. DHARANIS S. SELVAM	BIOTECHNOLOGY INNOVATIONS IN DISEASE PREVENTION	VOLUME - I
Didem Erol Tuba Gül	FROM PROMISE TO PRACTICE: CLINICAL INTEGRATION OF BLOOD- BASED BIOMARKERS IN EARLY ALZHEIMER'S DISEASE	VOLUME - I
M.Dhinesh kumar S.SELVAM	EXPLORING THE CONCEPT OF LIFE PURPOSE: A PSYCHOLOGICAL AND PHILOSOPHICAL PERSPECTIVE	VOLUME - I
Anene Amaka Anulika Agbefa Maria Abah Gongden Esther Ephraim Kamji Nendirmwa Blessing	ROUND-ROBIN BRAINSTORMING COOPERATIVE LEARNING STRATEGY AND SENIOR SECONDARY ONE STUDENTS' ATTITUDE IN BIOLOGY: MODERATING ROLE OF GENDER IN BENUE STATE, NIGERIA	VOLUME - I
SALIU, M. R. Bala A. Shehu Usman, Z. M. Fatima Abdulsalam	ASSESSING TEACHER DIGITAL COMPETENCE AS A PREDICTOR OF EFFECTIVE TVET DELIVERY IN NORTH-CENTRAL NIGERIA: IMPLICATIONS FOR FUTURE WORKFORCE DEVELOPMENT	VOLUME - I
S.Selvam	NATURAL LANGUAGE PROCESSING IN FEDERATED LEARNING: PRIVACY-PRESERVING AI	VOLUME - I
Hürol HOCEK Yusuf TEKEL Burhan KAYIRAN Devran YAZIR Melik Mecit İKBAL	MULTIDIMENSIONAL ANALYSIS OF MARITIME ACCIDENT DYNAMICS IN GEOSTRATEGIC WATERWAYS: A 19-YEAR LONGITUDINAL CASE STUDY OF THE TURKISH SRR	VOLUME - I

Fatih ÇELİK Kemal ÇELİK	GIS-BASED DATA MODEL APPROACHES IN THE MANAGEMENT OF IMMOVABLE CULTURAL HERITAGE: AN INTERNATIONAL COMPARISON AND A PROPOSAL FOR AN OPEN-SOURCE FRAMEWORK FOR TURKEY	VOLUME - I
Fatih ÇELİK Kemal ÇELİK	A COMPARATIVE ANALYSIS OF URBAN LAND VALUE RECOVERY MECHANISMS IN TURKEY: A GIS-BASED ASSESSMENT IN LIGHT OF EXPERIENCES FROM COLOMBIA AND THE UNITED KINGDOM	VOLUME - I
Gaffarov Feruz Xasanovich Temirov Xushnud Jamalovich	INTERNATIONAL EXPERIENCES IN ORIENTING EDUCATION MANAGEMENT TOWARD EFFECTIVE RESULTS IN A DIGITALIZED ENVIRONMENT	VOLUME - I
Gafurova Zebo Orifjonovna	FORMATION OF PROFESSIONAL COMPETENCE OF FUTURE SPECIALISTS IN ECONOMICS WITHIN THE PROFESSIONAL EDUCATION SYSTEM	VOLUME - I
A.Z. Ganieva	CONCEPTUAL FOUNDATIONS AND SOCIAL PARTNERSHIP PRINCIPLES OF INNOVATIVE MANAGEMENT OF PRESCHOOL EDUCATIONAL ORGANIZATIONS UNDER DUAL EDUCATION CONDITIONS	VOLUME - I
R..KAMALAM M.DEVIBALA S.SELVAM	AI IN SMART CITIES OF THE FUTURE	VOLUME - I
Fatih AKBAŞ Hüseyin KOÇAK	DETERMINING THE TOPIC MODELING OF CENTRAL BANK REPORTS: VISUALIZATION WITH LDAVIS	VOLUME - I
Kuchkarov Diyorbek Ulugbekovich	THE ROLE OF A HIGH-QUALITY INFORMATION AND EDUCATIONAL ENVIRONMENT IN THE DEVELOPMENT OF PROFESSIONAL COMPETENCE OF AN EDUCATOR	VOLUME - I
U.R. Musaeva	CONTEMPORARY APPROACHES TO THE ASSESSMENT OF PROFESSIONAL COMPETENCIES IN LEARNERS	VOLUME - I
Ozioma Faith Orazulike Flora Onyinyechi Uju-Njoku Angela Ebere Obetta	REMOVAL OF FUEL SUBSIDY: IMPACT ON POULTRY PRODUCTION IN NIGERIA	VOLUME - I
Soner YILDIZ Hacer Ozlem KALAYCI Yunus Emre IBIK Mustafa Kerem CALGIN	PATHOGEN DISTRIBUTION AND ANTIBIOTIC RESISTANCE PATTERNS IN URINE CULTURES IN 2025: A RETROSPECTIVE ONE-YEAR ANALYSIS	VOLUME - I
Sirojiddinova Nodira Rivojiddinovna	APPLICATION OF INTERNATIONAL EXPERIENCE IN UZBEKISTAN: PRACTICAL MECHANISMS AND ESSENTIAL PREREQUISITES	VOLUME - I
Milea DIANA	NATIONAL INITIATIVE FOR THE SPECIALIZATION OF JUSTICE PROFESSIONALS IN COMBATING FORCED MARRIAGES AND VIOLENCE AGAINST WOMEN AND DOMESTIC VIOLENCE IN THE REPUBLIC OF MOLDOVA	VOLUME - I
Rehana Kanwal	SOCIAL AND POLITICAL ASPECTS OF INFORMATION TECHNOLOGY PROJECTS	VOLUME - I
Taiwo S. Yusuf Michael O. Oni Vampah T. Peter Eneji Bello Emmanuel F. Sadiq	ANALYSIS OF ENTROPY GENERATION DUE TO MHD FLOW THROUGH A POROUS CHANNEL WITH NAVIER SLIP UNDER ISOTHERMAL AND ADIABATIC BOUNDARY CONDITIONS	VOLUME - I

Azizova Asalkhon Ruslankhon qizi	IMPROVING THE METHODOLOGICAL SUPPORT FOR PERSONNEL TRAINING BASED ON JOINT EDUCATIONAL PROGRAMMES IN VOCATIONAL EDUCATION INSTITUTIONS	VOLUME - I
Ecem İpek ALTINOK İlayda ÖZTÜRK Volkan ALTINOK	THE EFFECT OF ONDANSETRON ON VOMITING CONTROL AND INTRAVENOUS FLUID REQUIREMENT IN CHILDREN WITH ACUTE GASTROENTERITIS: A SYSTEMATIC REVIEW AND META-ANALYSIS	VOLUME - I
S.Selvam	NATURAL LANGUAGE PROCESSING IN FEDERATED LEARNING: PRIVACY-PRESERVING AI	VOLUME - I
Vatamanita MARIANA	FRAUD IN PUBLIC PROCUREMENT PROCEDURES FOR CONSTRUCTION WORKS IN THE REPUBLIC OF MOLDOVA	VOLUME - I
Usman S Rilwan Michael O Oni Abubakar Abdulkarim	MATHEMATICAL ANALYSIS OF A TIME-DELAY SEIR EPIDEMIC MODEL WITH VACCINATION AND TREATMENT EFFECTS	VOLUME - I
Ibrahim Sani Dikko	GLYCEMIC AND BIOCHEMICAL IMPACTS OF PURE HONEY AS A SUBSTITUTE FOR REFINED SUGAR IN DIABETIC MODELS	VOLUME - I
M.A. Bui Thi Hong Hai	ART APPRECIATION EDUCATION FOR PRESCHOOL CHILDREN: AN APPROACH FROM ESTHETIC EMOTIONS AND ARTISTIC EXPERIENCES	VOLUME - I
A Jayasree K. Yogapriya Sivasankari S. Selvam	HUMANS AND ROBOTS: A COMPARATIVE STUDY ON THE FUTURE OF EMPLOYMENT AND WORKPLACE TRANSFORMATION	VOLUME - I
Chukwuemeka Godson Eme	GLOBALIZATION AND ECONOMIC DEVELOPMENT AND ITS EFFECTS ON THE TELECOMMUNICATIONS INDUSTRY IN NIGERIA: AN EMPIRICAL INSIGHT OF AIRTEL NIGERIA	VOLUME - I
Chukwuemeka G. Eme Mohammed Bappah	SUSTAINABILITY STRATEGIES IN CONTEMPORARY BUSINESS MANAGEMENT: INTEGRATING ENVIRONMENTAL, SOCIAL, AND GOVERNANCE (ESG) PRINCIPLES IN CORPORATE PLANNING (A STUDY OF NIGERIAN NATIONAL PETROLEUM COMPANY LTD., ABUJA, NIGERIA)	VOLUME - I
Soner YILDIZ Hacer Ozlem KALAYCI Yunus Emre IBIK Mustafa Kerem CALGIN	PATHOGEN DISTRIBUTION AND ANTIBIOTIC RESISTANCE PATTERNS IN URINE CULTURES IN 2025: A RETROSPECTIVE ONE-YEAR ANALYSIS	VOLUME - I
S. Reashmi S. Selvam	DECENTRALIZED CLOUD STORAGE USING BLOCKCHAIN	VOLUME - I
Nadhim M. Faleh Duaa N. Mejbil Muhammed Salman Abbas	SOCIAL REFORM: THE INTELLECTUAL FOUNDATIONS OF THE SADRIST MOVEMENT BASED ON FRIDAY SERMON (45) BY MUHAMMAD AL-SADR	VOLUME - I
Shakirov Elyor Boribayevich	TRANSVERSAL COMPETENCIES AS A KEY FACTOR IN THE DEVELOPMENT OF A MODERN SPECIALIST	VOLUME - I
Sándor Földvári	TÜRKİYE'S SUPPORTING ROLE FOR CENTRAL-ASIAN TURKISH PEOPLES: THE HISTORICAL LESSONS OF THE FAMOUS TURKOLOGIST VÁMBÉRY IN THE RECENT SITUATION	VOLUME - I

Merve ÇAPKIN Cavit YAVUZ	THE EFFECT OF SERVICE QUALITY ON CUSTOMER LOYALTY IN RESTAURANT BUSINESSES: A BIBLIOMETRIC ANALYSIS OF STUDIES PUBLISHED IN THE WEB OF SCIENCE DATABASE	VOLUME - I
Ayşenur ÇELİK Yeşim ÖZKAN	THE EFFECT OF NETTLE (URTICA DIOICA L.) ON LIPID ACCUMULATION IN NEMATODES CAENORHABDITIS ELEGANS	VOLUME - I
Mohd Arsh Khan Wazeeha Zubair Ansari Zeba Ali Mumtaj Naseem Ahmad Saimah Khan	VIBRANIUM: SCIENTIFIC INVESTIGATIONS AND COMPARATIVE ANALYSIS OF POSSIBLE APPLICATIONS AND REAL-LIFE RESEMBLANCE	VOLUME - I
Gökce Yüce ONUR Tuba GÜL	BEYOND THE LESION: MULTIMODAL BIOMARKERS FORNEUROPLASTICITY AND PRECISION REHABILITATION IN ISCHEMICSTROKE – A NARRATIVE REVIEW	VOLUME - I
İlker COŞKUN Nilay TAŞ Hicran TEMİRCİ	GREEN ANESTHESIA: IS IT POSSIBLE TO REDUCE THE CARBON FOOTPRINT?	VOLUME - I
Yeliz KAŞKO ARICI	SYNTHETIC HEALTH DATA IN CLINICAL RESEARCH AND HEALTHCARE AI: METHODOLOGICAL OPPORTUNITIES, VALIDATION CHALLENGES, AND GOVERNANCE REQUIREMENTS	VOLUME - I
Yeliz KAŞKO ARICI	STATISTICAL VALIDITY OF EXPLAINABLE ARTIFICIAL INTELLIGENCE (XAI) IN MEDICINE: FIDELITY, STABILITY, AND THE LIMITS OF CLINICAL TRUST	VOLUME - I
Gökçe Yüce ONUR İlker COŞKUN Berfin TOPÇUOĞLU	NEUROCOGNITIVE EFFECTS OF THE SURGICAL PROCESS IN AN AGING SOCIETY AND IN FRAIL INDIVIDUALS	VOLUME - I
Bereket Bülent AYKER Afşin Ahmet KAYA	AN ASSESSMENT OF THE SOCIAL IMPACTS OF NUCLEAR POWER PLANT ACCIDENTS	VOLUME - I
Onur Cem ERDEN Orkun EMİRALİOĞLU Vahdettin ÇİFTÇİ	INVESTIGATION of THE EFFECTS of DIFFERENT SALT CONCENTRATIONS (0-150 mM NaCl) on GERMINATION and EARLY DEVELOPMENT in BARLEY (Hordeum vulgare L.) VARIETIES	VOLUME - I
Fatjona KRONI Ermira KALAJ	USER-GENERATED CONTENT AS INDICATORS OF DIGITAL VISIBILITY AND ONLINE ENGAGEMENT: EVIDENCE FROM TRIPADVISOR DATA IN NORTHERN ALBANIA	VOLUME - I
Mehtap USTA	DETERMINING THE ENZYME PRODUCTION POTENTIAL OF BACTERIA OBTAINED FROM BEE PRODUCTS	VOLUME - I
Eri GJOKA	UNEMPLOYMENT AMID LABOR SHORTAGES: EXPLAINING SKILLS MISMATCH IN THE ALBANIAN LABOR MARKET	VOLUME - I
Onur Selçuk YİĞİT İshak ÖZKAY	EARLY HEMODIALYSIS IN MASSIVE ACUTE LITHIUM INTOXICATION: A CASE REPORT	VOLUME - I
Ebru ÇANAKÇI Nilay TAŞ Dehan Nur ORHAN Muhammed Ali DEMIR Berçin TACAL	GERIATRIC PATIENTS: POTENTIAL RISKS OF ANESTHESIA MANAGEMENT	VOLUME - I

İhsan AKEREN Zahide AKEREN	THE ROLE OF SUBJECTIVE HEALTH, SOCIAL RELATIONSHIPS, AND PHYSICAL ACTIVITY IN SUCCESSFUL AGING: A STUDY ON OLDER ADULTS	VOLUME - I
Zahide AKEREN İhsan AKEREN	INTEGRATION OF SELF-CARE AND SELF-MANAGEMENT IN AGING IN PLACE	VOLUME - I
Emmanuel U. ANASO	ABATTOIR BY-PRODUCT UTILIZATION AND WASTE MANAGEMENT IN WEST AFRICA: CHALLENGES, OPPORTUNITIES, AND SUSTAINABLE PATHWAYS FORWARD	VOLUME - I
Abdullah Semih BİREL	MEASURING PERFORMANCE IN STRING INSTRUMENT EDUCATION: METHODOLOGICAL ANALYSIS OF PUBLISHED SCALES AND EVALUATION OF PSYCHOMETRIC EVIDENCE	VOLUME - I
Yeşim YAMAN AKTAŞ Ali Hakan GÜNAYDIN	CLINICAL ALARM FATIGUE AND MISSED DETECTION OF CRITICAL ARRHYTHMIAS: A REVIEW OF CURRENT EVIDENCE	VOLUME - I
Ezeofor Nebechı Jane	NUTRITIONAL AND ORGANOLEPTIC PROPERTIES OF WATERMELON-CUCUMBER-LEMON JUICE BLENDS	VOLUME - I
Hüseyin İÇOĞLU Firdevs KULAK TORUN	THE CONCEPT OF ANASTYLOSIS IN ARCHAEOLOGICAL SITES AND THE EVALUATION OF ANASTYLOSIS CASE STUDIES	VOLUME - I
Vedat KAYIŞ	THE EFFECTS OF DIETARY HABITS ON METABOLIC HEALTH AND QUALITY OF LIFE	VOLUME - I
Pham The Hung	CULTURAL POLLUTION AND DEVIANT COMMUNICATION NORMS AMONG HIGH SCHOOL STUDENTS: AN EMPIRICAL STUDY IN DONG THAP PROVINCE, VIETNAM	VOLUME - I
Emine YURDAKUL ERTÜRK	CELIAC DISEASE IN CHILDREN: AN UPDATED REVIEW IN LIGHT OF THEESPGHAN 2020 GUIDELINE	VOLUME - I
Agbefa Maria Abah Anene Amaka Anulika Kamji Nendirmwa Blessing	INFLUENCE OF EMOTIONAL INTELLIGENCE ON THE ACADEMIC ACHIEVEMENT OF SENIOR SECONDARY ONE STUDENTS IN BIOLOGY IN JOS NORTH, PLATEAU STATE, NIGERIA	VOLUME - I
Öznur ERYILMAZ	ETHICAL AND PEDAGOGICAL POSSIBILITIES AND LIMITATIONS OF AI-POWERED LEARNING ENVİRONMENTS	VOLUME - I
Vedat KAYIŞ	FUNCTIONAL FOODS AND PREVENTIVE HEALTH: NEW NUTRITION-BASED PARADIGMS	VOLUME - I
Mehmet BİRİNCİ	AURICULAR KAPOSI SARCOMA IN HIV-NEGATIVE PATIENTS	VOLUME - I
Pham The Hung Nguyen Thanh Thuy	LIFELONG LEARNING FOR UNIVERSITY LECTURERS IN THE DIGITAL ERA: STRATEGIC PATHWAYS FOR PROFESSIONAL DEVELOPMENT IN VIETNAMESE HIGHER EDUCATION	VOLUME - I
Suzana TURCU Lăcrămioara PETRE	PUBLIC FINANCING TRENDS IN ROMANIA: A COMPARATIVE ANALYSIS OF SOCIAL EXPENDITURE, HEALTH SPENDING AND BUDGET DEFICIT (2013–2025)	VOLUME - I
Şemsi ALTAŞ	THE BODY THAT CARVES SPACE	VOLUME - I
Ünal YILMAZ Figen BALO	MULTI-CRITERIA EVALUATION FOR UNMANNED AERIAL VEHICLE SELECTION FOR PHOTOGRAPHY APPLICATIONS	VOLUME - I

Yeşim YAMAN AKTAŞ Esra ÖZKAN	MUSIC-BASED INTERVENTIONS IN SURGICAL PAIN MANAGEMENT: A BIBLIOMETRIC REVIEW OF NURSING STUDIES	VOLUME - I
Mustafa KAYA	INTENT AND SENTIMENT ANALYSIS FOR TURKISH CUSTOMER SERVICE CHATBOTS: A COMPARATIVE STUDY	VOLUME - I
Duong To Quoc THAI M.A. Nguyen Thanh TUAN	THE BANK OF INDOCHINA AND THE FRENCH FINANCIAL HEGEMONY IN THE FAR EAST	770
Zehra AIROUT Dogan SENGU	PROJECT MANAGEMENT CHALLENGES IN THE DEFENCE INDUSTRY: A STRATEGIC ANALYSIS OF RISK MITIGATION AND ORGANISATIONAL STRUCTURES	VOLUME - I
Mahmut Emin SARIKAYA Muhammed Yakup GUNEY Dogan SENGUL	DIGITAL TRANSFORMATION IN PARTICIPITATION BANKING SECTOR PROJECT MANAGEMENT: EVALUATING AI INTEGRATION AND AGILE METHODOLOGIES	VOLUME - I
Yasin KARAN	INVESTIGATION OF ELECTROMAGNETIC POLLUTION LEVELS IN HOSPITAL ENVIRONMENTS: A CASE STUDY ON THE RIZE SAMPLE	VOLUME - I
Mehmet Şahin AKINCI	MUSIC AND SONGS IN THE EDUCATION OF STUDENTS WITH SPECIAL NEEDS	VOLUME - I
Zeynep BASTABAN İbrahim Erhan GELGÖR	SELECTIVE ANTERIOR MAXILLARY EXPANSION WITH FAN-TYPE MARPE AND SUBSEQUENT FIXED TREATMENT OUTCOMES IN A LATE ADOLESCENT PATIENT: A CASE REPORT	VOLUME - I
Erdem KAYA	ATTITUDES OF VOCATIONAL SCHOOL STUDENTS TOWARD ARTIFICIAL INTELLIGENCE: THE SAMPLE OF ÜNYE VOCATIONAL SCHOOL	VOLUME - I
Mayah, Eunice Ekwueme, Chika Maureen	BLOCKCHAIN TECHNOLOGY AND FRAUD MANAGEMENT IN MANUFACTURING FIRMS IN NIGERIA	VOLUME - I
Buket TOPATAN İlhan GENÇ	THE EFFECT OF DIALOGUE METHOD ON PERMANENT LEARNING IN LITERARY NARRATIVES AND THE MUHAMMEDİYE EXAMPLE	VOLUME - I
Ceyda ÜNAL Abdullah KELKİT	URBAN COASTAL LAND USE: EXAMPLES FROM TÜRKİYE AND AROUND THE WORLD	VOLUME - I
Ünal YILMAZ Figen BALO	COMPARATIVE ANALYSIS OF THE EFFECT OF DIFFERENT STEEL ALLOYS ON THE MECHANICAL PERFORMANCE OF UAV BODY STRUCTURE	VOLUME - I
Gülşah AYDIN	DESIGN AND IN SILICO EVALUATION OF NOVEL SOTORASIB DERIVATIVES AS KRAS G12C INHIBITORS	VOLUME - I
Merve LAZOĞLU Neriman YILDIZ Sevda ELİŞ YILDIZ	THE EFFECTS OF CLIMATE CHANGE ON MATERNAL AND FETAL HEALTH	VOLUME - I
Kaan KARAOĞLU	INVESTIGATION OF CONTROLLED RELEASE KINETICS OF CIPROFLOXACIN FROM SODIUM ALGINATE-BASED CARRIER SYSTEM IN SIMULATED GASTROINTESTINAL ENVIRONMENTS	VOLUME - I
Nikola Kožul Marco Antonio Barišić Daniel Tomić	GAME THEORY AND WEALTH REDISTRIBUTION: THE PRISONER'S DILEMMA BETWEEN WORKERS AND CAPITALISTS	VOLUME - I
Pranvera KRAJA Jozef BUSHATI	DIGITAL TECHNOLOGY, ADOLESCENTS AND YOUNG ADULTS: THE IMPACT OF DIGITAL DEVICES ON ACADEMIC ACHIEVEMENT	VOLUME - I

Mehmet Nuri YILMAZ Emine YURDAKUL ERTÜRK	WITHDRAWAL STARTING IN THE WOMB: A CASE OF NEONATAL WITHDRAWAL SYNDROME AND RESISTANT SEIZURES DUE TO HEROIN EXPOSURE	VOLUME - I
Ali Osman KARTAL Hasan Selim ŞENGEL	OPTIMIZATION OF JOINTS IN TIMBER STRUCTURAL SYSTEMS USING METAHEURISTIC ALGORITHMS	VOLUME - I
Savaş ATASEVER	ASSESSMENT OF MAJOR NON-GENETIC FACTORS INFLUENCING SOMATIC CELL COUNT IN GOAT MILK	VOLUME - I
Duong To Quoc THAI	AGRICULTURAL CREDIT AND COMMODITY EXPORTS: THE OPERATIONS OF THE BANQUE DE L'INDOCHINE IN THE COLONIAL ECONOMY	VOLUME - I
Duong To Quoc THAI	THE BANQUE DE L'INDOCHINE AND ITS ROLE IN PROMOTING MARITIME TRADE IN VIETNAMESE PORT CITIES (1875–1954)	VOLUME - I
Rovena BASHI Jetmir BASHI	BIODIVERSITY PATTERNS AND CONSERVATION CHALLENGES IN THE ALBANIAN ALPS: A SYNTHESIS OF ECOLOGICAL EVIDENCE	VOLUME - I
Ratna Sari Waruwu Rezeki Putra Gulo Natalia Christy Megumi Kaunang Desi Sianipar, M.Th., D.Th.	THE URGENCY OF THEOLOGICAL FOUNDATIONS AND NATIONAL POLICY IN SPIRITUALITY ASSESSMENT IN CHRISTIAN RELIGIOUS EDUCATION IN INDONESIA	VOLUME - I
Suat AKYÜREK	AN EVALUATION OF RESTAURANT ENTREPRENEURSHIP AND RESTAURANT TYPES FROM PAST TO PRESENT	VOLUME - I
Figen ÖZŞAHİN Altuğ ÇAĞATAY	A PRISMA-FOCUSED REVIEW OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE LITERACY IN HEALTHCARE	VOLUME - I
Zerrin KARAKUZU YORULMAZ Osman İNAN	CHILDREN'S EDUCATION IN RURAL AREAS: A CRITICAL LOOK AT THE "TRANSPORTED TEACHER MODEL"	VOLUME - I
Nodar Sulashvili	PRINCIPAL DETERMINANTS AND STRUCTURAL DIMENSIONS IN THE TRANSFORMATION OF MEDICAL EDUCATION: A GLOBAL SYSTEMATIC REVIEW OF INNOVATIVE TEACHING METHODOLOGIES AND CLINICAL COMPETENCE ENHANCEMENT	VOLUME - I
Yusuf Ahmed Tijjani Saifullahi Falalu Samau'al Sani	FROM SOLUDO TO CARDOSO: A PLS-SEM PREDICTIVE ANALYSIS OF STAKEHOLDER VALUE CREATION IN NIGERIA'S 2024-2026 COMMERCIAL BANK RECAPITALIZATION	VOLUME - I
Jorge Ferreira Franco	USING WEB3D-BASED RESOURCES FOR STIMULATING TRANSDISCIPLINAR, MEDIA AND EQUITABLE EDUCATION TRAJECTORIES: A USE CASE	VOLUME - I
Yeliz KASKO ARICI	GENERATIVE ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN HEALTH RESEARCH AND CLINICAL DECISION SUPPORT: METHODOLOGICAL OPPORTUNITIES, REPORTING STANDARDS, AND GOVERNANCE REQUIREMENTS	VOLUME - I
Gülcan COŞKUN İlker COŞKUN	OPERATING ROOM FIRE SAFETY: RISKS AND PREVENTIVE STRATEGIES	VOLUME - I
Aslıhan HAKYEMEZ	THE THRESHOLD OF VIRTUE FOR WOMEN IN ANATOLIAN FAIRY TALES: THE TRANSFORMATIVE POWER OF LOVE AND LOYALTY	VOLUME - I

Yasir İLYAS Enes AKDENİZ Ümit Can OK Mehmet Fatih ÇAKMAK	RARE VASCULAR COMPLICATION DURING PERCUTANEOUS TRACHEOSTOMY: A CASE REPORT	VOLUME - I
Ahmad Mohammed Ramdan ABUDAI Sakine UGURLU KARAAĞAÇ	INDUSTRIAL WASTEWATER TREATMENT USING PLANT-BASED NATURAL COAGULANT (PEACH SEED POWDER)	VOLUME - I
Atheer Ali Awwad ALHAMDAN Sakine UGURLU KARAAĞAÇ	DETERMINATION OF THE EFFECTIVENESS OF Na SULFONATE AS A NATURAL COAGULANT IN COLOR REMOVAL FROM TEXTILE WASTEWATER	VOLUME - I
Şükran KAYGISIZ Tuba GÜL	BEYOND AMYLOID: TAU-TARGETED THERAPEUTIC STRATEGIES IN ALZHEIMER'S DISEASE – A COMPREHENSIVE REVIEW OF CURRENT LANDSCAPE, CLINICAL FAILURES, AND FUTURE DIRECTIONS	VOLUME - I
Nilgün ULUTAŞDEMİR Esra ERTEMÜR	POSTGRADUATE EDUCATION IN SURGICAL NURSING: QUALIFICATIONS IN TURKEY AND SOUTH ASIA	VOLUME - I
Viviane Dasilva Olimpia Pino Chiara Ciancilla Valentina Salamida	A THEORETICAL FRAMEWORK FOR NEUROFEEDBACK IN PERFORMANCE ANXIETY: THE DIFFERENCE BETWEEN SMR AND ALPHA/THETA TRAINING IN THE PROTOCOL TARGET	VOLUME - I
İsa EREN	THE APPROACH OF AL-MANĀR TO THE DEBATE ON THE AGE OF AİSHA'S MARRİAGE	VOLUME - I

CONTENTS
VOLUME - II

AUTHOR	TITLE	NO
Ayten KAYA	MULTIDIMENSIONAL ANALYSIS OF THE AGING IN PLACE MODEL AND ITS APPLICABILITY IN TÜRKİYE	1
Birol TUĞLU İsmail GELEN	DETERMINATION OF TERRORISM AWARENESS LEVELS OF SECONDARY SCHOOL STUDENTS	10
Ahmet Anıl ACET Ahmet YÜCE	WHEN NEUROGENIC BLADDER MEETS STONE DISEASE: A RARE CASE OF GIANT BLADDER STONE WITH VESICOVAGINAL FISTULA	22
Alper HAMZADAYI Mehmet Ali ARVAS	SCHEDULING IDENTICAL PARALLEL MACHINES WITH SEQUENCE-DEPENDENT SETUPS UNDER A SHARED SERVER CONSTRAINT	29
Ahmet Anıl ACET Erdal BENLİ Abdullah ÇIRAKOĞLU Ahmet YÜCE Ayhan ARSLAN	CASES OF PURULENT FLUID DETECTED DURING ENDOSCOPIC RENAL STONE SURGERY: A SINGLE-CENTER EXPERIENCE	35
Alper HAMZADAYI	INTEGRATED SCHEDULING OF UNRELATED PARALLEL MACHINES WITH SEQUENCE-DEPENDENT SETUPS AND A SHARED SETUP RESOURCE	40
Larisa POPA	HUMAN CAPITAL, LABOR MARKET TRANSFORMATİON, AND RENEWABLE ENERGY TRANSITION: EVIDENCE FROM ROMANIA AND TURKEY	45
Anca CRISTEA	RENEWABLE ENERGY DEVELOPMENT IN ROMANIA AND TURKEY: A COMPARATIVE STRUCTURAL ANALYSIS	55
Anca CRISTEA Ileana MĂRGINEAN	DEINDUSTRIALIZATION AND REINDUSTRIALIZATION: INTER-SECTORAL IMPLICATIONS. EVIDENCE FROM ROMANIA IN THE EUROPEAN CONTEXT	66
Ayten KAYA Zila Özlem KIRBAŞ	CAUSES AND PREVENTION OF INTENSİVE CARE UNIT INFECTIONS: A THEMATIC ANALYSIS OF RECENT STUDIES	75
Türkan Mutlu YAR Ülkü KARAMAN	CURRENT DIAGNOSTIC APPROACHES IN CEREBRAL TOXOPLASMOSIS	84
Fatma Banu ŞEN Elif TÜRKDÖNMEZ AK	OREXİNERGIC SYSTEM AND EPILEPSY	93
Özgürcan EDİŞ Tamer ÖLMEZ	THE EFFECT OF FREQUENCY-BASED PREPROCESSING AND LOW-DIMENSIONAL GEOMETRIC FEATURES ON DYNAMIC FACIAL EXPRESSION RECOGNITION	105
Mehmet Fatih AYDIN	THE EFFECT OF POST-FIRE DIAGNOSTIC FINDINGS ON RESTORATION DECISIONS IN THE BURSA KHANS DISTRICT: THE CASE OF SIPAHI BAZAAR	115
Erdem KAYA	COMPARISON OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE ATTITUDES BETWEEN SOCIAL AND TECHNICAL PROGRAM STUDENTS: THE CASE OF ÜNYE VOCATIONAL SCHOOL	126

Olsi KARAPICI Viktor RROTANI Rajmonda BUALOTI Marialis ÇELO	APPLICATIONS OF PHASE MEASUREMENT UNITS (PMU) FOR POWER SYSTEM STABILITY MONITORING	136
Bilge BİLGİN FIÇICILAR Koray KORKMAZ	FATTY ACID COMPOSITION OF THE OIL CO-FRACTION OBTAINED FROM ANCHOVY (Engraulis encrasicolus) PROTEIN HYDROLYSATES PRODUCED BY ALCALASE, PROTAMEX, AND FLAVOURZYME	152
Başar ERDİVANLI	EPHEDRINE TIMING AND CAPNOSTREAM IPI BURDEN IN CESAREAN DELIVERY: A PILOT FEASIBILITY STUDY	159
Lăcrămioara PETRE Suzana TURCU	SELF-REPORTED PERCEPTION OF EMPLOYMENT STATUS AND WORKPLACE DISCRIMINATION ON HIV CHRONIC DISEASE PATIENTS IN ROMANIA	166
Neriman YILDIZ Merve LAZOĞLU Sevda ELİŞ YILDIZ	DIGITAL HEALTH APPLICATIONS IN THE POSTPARTUM PERIOD	176
Başar ERDİVANLI	PROLONGED SEVERE INTRAOPERATİVE HYPOTENSION GUIDED BY ARTERIAL WAVEFORM ANALYSIS AND END-TIDAL CARBON DIOXIDE DURING TOTAL LARYNGECTOMY WITHOUT POSTOPERATIVE ORGAN INJURY	183
Koray KORKMAZ Bilge BİLGİN FIÇICILAR	FATTY ACID COMPOSITION OF THE OIL CO-FRACTION OBTAINED FROM RAINBOW TROUT (Oncorhynchus mykiss) PROTEIN HYDROLYSATES PRODUCED BY ALCALASE, PROTAMEX, AND FLAVOURZYME	189
Selami ŞİMŞEK	AN UNKNOWN SUFI FROM ORDU: MÜDERRİS SÜLEYMAN SÂMÎ (ÖZCAN) EFENDİ AND HIS WORK TITLED REHBERÜ'T-TÂLİBÎN	196
Bilengül Şiğra ELMAS Nurten Gülsüm BAYRAK	EVALUATION OF STUDIES ON SUICIDE IN SCHIZOPHRENIA WITHIN THE SCOPE OF POSTGRADUATE THESES	212
Berkay TOPAL Muhammed Emre GÜLEŞİR Umut Ata UĞRAŞ	CURRENT REVASCULARIZATION STRATEGIES IN CORONARY ARTERY DISEASE: PCI, CABG, AND HEART TEAM APPROACH	225
Mevlüt KELEŞ Abdullah ÇIRAKOĞLU Erdal BENLİ Nurullah KADİM Ahmet Anıl ACET Hasan DURMUŞ	A SURVEY OF PHYSICIANS' AWARNESS ABOUT THE AGE OF CIRCUMCISION	234
Mevlüt KELEŞ Abdullah ÇIRAKOĞLU Erdal BENLİ Nurullah KADİM Ahmet Anıl ACET Hasan DURMUŞ	AWARNESS SURVEY OF HEALTH WORKES ABOUT CIRCUMCISION	239
Ajayi, Olayemi T. Maria Kisugu Obun-Andy	APPRAISING VISUAL COMMUNICATION AND PRINTING TECHNOLOGY AS TOOLS FOR FOOD SECURITY: PROSPECTS, CHALLENGES, AND FUTURE DIRECTIONS	244
Aktham Raed Ahmad Alqattamin	SOVEREIGNTY IN THE MODERN WORLD-SYSTEM: STRUCTURE, POWER, AND POLITICAL PRACTICE	251

Muhammed Emre Güleşir Berkay Topal	PERSONALIZED CLINICAL INDICATIONS, AGENT SELECTION, AND CURRENT STUDIES OF ANTICOAGULANTS IN CARDIOLOGY	262
Givi Duchidze	FROM GEOECONOMICS TO GEOPOLITICS: THE UNITED STATES AND CHINA IN THE 21ST CENTURY WORLD ORDER	270
Irina-Ana DROBOT	THE SHORT STORY LET US SHARE THE EXPENSES BY LIU LANG: INDIRECT COMMUNICATION	285
Naci Ömer ALAYUNT	THE COMBINED VALUE OF COPEPTIN, GDF-15 AND OXIDATIVE STRESS MARKERS IN THE EARLY DIAGNOSIS AND PROGNOSIS OF ACUTE MYOCARDIAL INFARCTION	291
Naci Ömer ALAYUNT	THE ROLE OF ANTIOXIDANT SYSTEMS AND ANTI-INFLAMMATORY CYTOKINES IN ISCHEMIA-REPERFUSION INJURY ASSOCIATED WITH OVER-TORSION	297
SALAMI Amadou MANSARE Aly Nènè BARRY Thierno Souleymane SAGNO David Antoine	USING GAMIFICATION TO IMPROVE GUINEAN PRIMARY PUPILS' ORAL COMMUNICATION	304
Süleyman ŞENYURT Selinay GÜNSEVER	RULED SURFACES GENERATED BY THE LINEAR COMBINATION OF FRENET VECTORS ALONG THE N-PEDAL CURVE	319
Nilay TAŞ Ebru ÇANAKÇI Eylem Işıl BAYDOĞAN Zübeyir CEBECİ Anıl KILINÇ	UNEXPECTED DIFFICULT AIRWAY: TRULY UNEXPECTED OR SIMPLY OVERLOOKED?	331
Nilay TAŞ Ümit Can OK Merve UMUT SEVEN İlker COŞKUN Yasir İLYAS	ENVIRONMENTAL EFFECTS OF INHALATIONAL ANESTHETICS AND SUSTAINABLE ANESTHESIA PRACTICES	337
Başar ERDİVANLI	OCCULT SEVERE CEREBRAL ARTERIAL DISEASE PRESENTING AS POSTOPERATIVE HEMIPARESIS AFTER TOTAL LARYNGECTOMY	343
Cansu Özge ÖZMEN	MAGIC REALISM AND SYMBOLISM IN IVY AND "THE RIME OF THE ANCIENT MARINER"	350
Şebnem YILDIZ YAR Çağlayan Bülür	APPLICATION OF QUASI-F-POWER ICREASING SEQUENCES FOR ABSOLUTE MATRIX SUMMABLITY	356
Süleyman ŞENYURT Selinay GÜNSEVER	RULED SURFACES GENERATED BY THE LINEAR COMBINATION OF FRENET VECTORS ALONG THE T-PEDAL CURVE	363
Simge Ünal IŞIK Ece GÖKYAYLA	CLINICAL CHARACTERISTICS OF BEHÇET'S DISEASE IN A DERMATOLOGY-BASED TERTIARY COHORT: A RETROSPECTIVE ANALYSIS OF 265 PATIENTS	375
Gökhan OĞUZ	SOCIO-POLITICAL CRITICISM IN THOMAS MORE'S UTOPIA AS A GENRE OF POLITICAL LITERATURE	385
Ebru KARAKUŞ Burkay CEVAHİRCİOĞLU Alparslan İNCE Kaan KARAKUŞ	CONTENT ANALYSIS OF GRADUATE THESES ON ORGANIZATIONAL CYNICISM IN THE FIELD OF SPORTS SCIENCES	397
Dilara YILMAZ Mehmet KABACIK	THE ECOLOGY OF FOOD: A HOLISTIC PERSPECTIVE ON SUSTAINABILITY IN GASTRONOMY	412

Vugar GADIMOV	CRIMINAL-LEGAL ASPECTS OF A SHIP CAPTAIN'S FAILURE TO RENDER ASSISTANCE TO PERSONS IN DISTRESS	431
Gülşahi GÜLER Cavit YAVUZ	THE ROLE OF CUSTOMER INTERACTION IN CUSTOMER RELATIONSHIP MANAGEMENT: A BIBLIOMETRIC ANALYSIS ON SOCIAL MEDIA AND THE FOOD AND BEVERAGE INDUSTRY	440
Nasip DEMİRKUŞ	FROM NATURE TO DIGITAL, FROM CONSUMER TO DESIGNER: PEDAGOGICAL AND EPISTEMOLOGICAL FOUNDATIONS OF TECHNOLOGY INTEGRATION IN BIOLOGY EDUCATION WITH META-ANALYTIC EVIDENCE	455
Nasip DEMİRKUŞ	OPTIMIZING TIME MANAGEMENT IN EDUCATION: A COMPREHENSIVE ANALYSIS OF PRIOR KNOWLEDGE ASSESSMENT AND IMMEDIATE FEEDBACK MECHANISMS	472
Abdullah Alper SAHIN	THE RELATIONSHIP BETWEEN THE BASELINE PLATELET-TO-LYMPHOCYTE RATIO AND THE INJURY SEVERITY SCORE IN PATIENTS WITH PELVIC FRACTURES	482
A. I. Yaradua A. J. Alhassan M. K. Atiku K. I., L. Shuaibu Y.Y. Riko I Muhammad	PREVALENCE OF CARDIOVASCULAR RISK FACTORS AND METABOLIC SYNDROME IN SUBJECTS ATTENDING THE GENERAL OUTPATIENT DEPARTMENT OF THE FEDERAL MEDICAL CENTER KATSINA STATE, NORTH WEST NIGERIA	487
Gaetano Rago	ACTIVITY-BASED COSTING AND TECHNOLOGY INVESTMENT APPRAISAL IN A AGRI-FOOD ENTERPRISE: AN EXPLORATORY CASE STUDY	498
Tuba GÜL	THE GUT-BRAIN AXIS IN MULTIPLE SCLEROSIS: FROM DYSBIOSIS TO DISEASE-MODIFYING POTENTIAL – A COMPREHENSIVE REVIEW	523
İlker COŞKUN Gökçe Yüce ONUR Zübeyir CEBECİ Mukaddes KOÇ ÖDEMİŞ Berfin TOPÇUOĞLU	BRAIN DEATH AND ORGAN DONATION FROM MEDICAL, LEGAL, AND RELIGIOUS PERSPECTIVES	524
Hijrat HUSEYNZADE	CARTEL AGREEMENTS AS A MEANS OF FORMING MONOPOLISTIC CRIMES	532
Mert ÖZEN İlker COŞKUN Hicran TEMİRCİ	CLINICALLY SIGNIFICANT INTOXICATIONS IN THE BLACK SEA REGION: FROM EMERGENCY DEPARTMENT TO INTENSIVE CARE	539
Rachida Ikkou Youssef Benbrahim Hayat lazhar Soukaina El aissaoui	CLOSE RELATIONSHIP BETWEEN THE LOCAL POPULATION AND THE VEGETATION COVER OF KHÉNIFRA NATIONAL PARK	548
Anunobi, H. N. Okpoko, P. U. Nwankwo, E. A.	ELECTRICITY AND TRANSPORT AS BINDING CONSTRAINTS: A STAKEHOLDER ANALYSIS OF TOURISM INFRASTRUCTURE GAPS AND REGIONAL ECONOMIC GROWTH IN THE NIGER DELTA	555
Fatma EREN	IBN KEMAL PASHA'S CRITIQUES OF AL-BAYḌĀWĪ IN THE TAFSĪR OF SŪRAT AL-FĀTIḤA: A STUDY OF METHOD AND CONTENT	566
Anik Biswas	MACHINE LEARNING-BASED RISK ASSESSMENT MODEL FOR SECURING THE UNITED STATES SEMICONDUCTOR SUPPLY CHAIN	579

Ayşegül ATAY Sedanur ÖDEMİŞ	A PARADIGM SHIFT IN THE MANAGEMENT OF COLORECTAL CANCER: NEW-GENERATION TARGETED THERAPIES, IMMUNOTHERAPY AND DYNAMIC BIOMARKERS	586
Mehmet BİRİNCİ	A RARE CASE OF LYMPHOMA SHOWING ANAPLASTIC AND PLASMOCYTOID MORPHOLOGY DIAGNOSTIC CHALLENGES	593
Mehmet Ali KÖŞECİ	(60-72) REFLECTIONS OF THE PSYCHO-MOTOR SKILLS OF MONTHLY PRESCHOOL STUDENTS ON COGNITIVE, EMOTIONAL, AND LANGUAGE DEVELOPMENT PROCESSES	602
Agbo Christiana Ene Abah Roseline Toyin	A DETERMINISTIC MODEL FOR CARDIOVASCULAR DISEASE: ANALYSIS, SIMULATION, AND CONTROL IMPLICATIONS	612
Zhumayev Zholdybay Marina Nicolaevna Lyutikova	DIGITAL SIMULATOR TECHNOLOGIES: STRUCTURE AND APPLICATION EXPERIENCE OF THE K-SIM SYSTEM	621
Zhumayev Zholdybay Marina Nicolaevna Lyutikova	AUTOMATION OF NAVIGATIONAL PROCESSES AND INNOVATIVE ROUTING SOLUTIONS IN DIGITAL SIMULATOR TECHNOLOGIES: THE CASE OF K-SIM	626
Zhumayev Zholdybay Erkin Yergeshovich Subanov	INTERNATIONAL INNOVATIONS IN INTEGRATING THE ENGINE ROOM SIMULATOR AND BRIDGE SIMULATOR TO ENHANCE MARITIME TRAINING EFFICIENCY	632
Zhumayev Zholdybay Anastas Leonidovich Boran-Keshishyan	SYNERGISTIC GPS-DGPS-DARPS SYSTEMS FOR ENHANCED ACCURACY IN MULTI-PLATFORM MARITIME OPERATIONS	63
Murat YÜKSEL	HAS VIOLENCE REALLY DECLINED IN SPORT? A CRITICAL PERSPECTIVE ON FIGURATIONAL THEORY IN THE CONTEXT OF ELITE SPORT	642
Izuogu, C.U Uche, E.U Olaolu, M.O Njoku, L.C Umeh, N.E Ibrahim-Olesin, S Agou, G.D Orji, J.E Nwokeafor, C.N	PERCEPTION OF ORANGE-FLESHED SWEET POTATOES AMONG FARMERS IN AFIKPO ZONE EBONYI STATE, NIGERIA	648
Nesrin ÇAĞLAYAN DUMAN Ufuk Kemal ALTUNSOY Arda DEMİRKOPARAN Sıla ALTUNSOY	ANALYSIS OF REPORTED ADVERSE EVENTS OF ASPERGILLUS INFECTION ASSOCIATED WITH IMMUNOSUPPRESSIVE DRUGS USED TO PREVENT ORGAN REJECTION	656
Mutlu SÖNMEZ ÇELEBİ Taner KAYACI Melek ÇOL AYVAZ	CAN WE USE ELECTROCHEMISTRY FOR INTERPRETETION OF ANTIOXIDANT CAPACITY OF HONEY?	662
Fazilet TAŞDEMİR	TURKEY'S TIMSS JOURNEY: AN ANALYSIS OF THE CHANGES IN THE MATHEMATICS SUB-TEST PERFORMANCE OF 8TH GRADE STUDENTS BETWEEN 1999 AND 2023 USING SWOT ANALYSIS	671
Çiğdem KURALAY	THE EFFECT OF URINARY INCONTINENCE ON PRESSURE INJURY DEVELOPMENT: AN ANALYTICAL LITERATURE REVIEW	678
Aida IBRAHIMA ABDOU Candeniz SEÇKİN	COMBINED CYCLE OF KALINA AND NANOREFRIGERANT USING EJECTOR REFRIGERATION CYCLE	686

Elif TÜRKDÖNMEZ AK Nilgün ULUTAŞDEMİR	REDUCING PSYCHIATRIC AND BEHAVIORAL BURDEN IN ADOLESCENTS WITH POLYCYSTIC OVARY SYNDROME: PUBLIC HEALTH PERSPECTIVES AND SUSTAINABLE NON-PHARMACOLOGICAL INTERVENTIONS	693
Ümit Can OK Metehan ŞİMŞEK Nilay TAŞ Kübra ŞEN OK Gökhan ZAİM	UNUSED ICU MEDICAL SUPPLIES AS A PREVENTABLE SOURCE OF WASTE: A PRELIMINARY 1-MONTH ASSESSMENT	713
Funda IRMAK YILMAZ	BIOCHAR IN THE ANTHROPOSENIC AGE: SOIL QUALITY AND HEALTH	721
Funda IRMAK YILMAZ Sevinç YEŞİLYURT	THE USE OF GREEN ALGAE AS BIOFERTILIZER AND ITS EFFECTS ON PLANT GROWTH	727
Gunay GUDRATLI	LEGAL CHARACTERIZATION OF THE FAILURE TO REPATRIATE FOREIGN CURRENCY EXPORTED ABROAD: A COMPARATIVE ANALYSIS OF AZERBAIJANI AND TURKISH LAW	735
Mediha YILDIRIM Mehmet KARAASLAN	NARRATIVES OF THE DÜZCE EARTHQUAKE FROM A SPATIAL MEMORY PERSPECTIVE	741
Ijiyokun, A. O. Fasanu, O. Komolehin, F.	INFLUENCE OF PLANT MATERIALS ON SOIL SATURATED HYDRAULIC CONDUCTIVITY, BULK DENSITY AND MAIZE YIELD IN A RAINFOREST AGRO ECOLOGICAL ZONE OF NIGERIA	751
Gökhan KÜLEKÇİ Savaş KOÇ	PRELIMINARY ASSESSMENT OF BENTONITE QUARRY WASTES AS A RAW MATERIAL FOR WATER-BASED DRILLING MUDS	759
Burak TÜĞMEN Büşra OKUYUCU Elif Türkdönmez AK Gökhan ARSLAN	THE EFFECT OF THE SELECTIVE ANDROGEN RECEPTOR MODULATOR OSTARINE ON PENTYLENETETRAZOLE-INDUCED EXPERIMENTAL EPILEPSY IN RATS	768
Murat YÜKSEL	SPORTS IN THE CONTEXT OF GLOBALIZATION, GROBALIZATION, AND GLOCALIZATION	780
Serdar SUCU Tahsin TONKAZ	CENTRAL AND EASTERN BLACK SEA REGION SOLAR RADIATION MODELING AND MAPPING	786
Gökhan KÜLEKÇİ Ahmet ŞEN	INDUSTRIAL APPLICATIONS OF BENTONITE AND EVALUATION OF TURKIYE'S BENTONITE RESOURCE POTENTIAL	793
Zhumayev Zholdybay Anatoli Nikolayevich Popov	DIGITAL RADAR MODELING AND INNOVATIVE SOLUTIONS IN THE K-SIM SIMULATOR SYSTEM	803
Aleyna ULUCUTSOY Betül SARAÇ	BIOMIMETIC APPROACHES IN MARINE ENGINEERING: PRINCIPLES AND APPLICATIONS	808
Aleyna ULUCUTSOY Betül SARAÇ Teoman AYHAN	BIOMIMETIC VERSUS CONVENTIONAL DESIGN: REYNOLDS-DEPENDENT DRAG PERFORMANCE OF SWORDFISH-INSPIRED AND TORPEDO GEOMETRIES	821
Mihaela BALOTĂ	ECONOMIC DISPARITIES AND URBAN–RURAL INEQUALITIES FROM THE PERSPECTIVE OF EMERGING APPROACHES IN CASH PAYMENTS: A COMPARATIVE ANALYSIS OF ROMANIA AND TURKEY (2014–2024)	834
Tuğrul ÖZCAN	SAZCILAR SPRING WATER IN FATSA: HISTORICAL AND CULTURAL PERSPECTIVES	846

Elif TÜRKDÖNMEZ AK Nilgün ULUTAŞDEMİR	BEHAVIORAL AND PSYCHIATRIC PROBLEMS ASSOCIATED WITH EPILEPSY IN LATE CHILDHOOD AND ADOLESCENCE- DRUG EFFECTS, NON-PHARMACOLOGICAL APPROACHES, AND A PUBLIC HEALTH-BASED PERSPECTIVE	864
Melek Çol AYVAZ Taner KAYACI Mutlu Sönmez ÇELEBİ	INVESTIGATION OF THE ANTIOXIDANT ACTIVITY AND ALZHEIMER'S AND CANCER PROTECTIVE POTENTIAL OF BLACK CUMIN HONEY OBTAINED FROM IZMIR	881
Nesrin ÇAĞLAYAN DUMAN Erkan DUMAN Arda DEMİRKOPARAN Talha TEKEDERELİ	ATYPICAL ANTIPSYCHOTIC USE AND OCULOGYRIC CRISIS: A PHARMACOVIGILANCE DATABASE ANALYSIS	900
Minegül ALPTEKİN Gizem GÜVEN Ayşe ÖZBEN İSTANBULLU Meryem ALTUN	SCIENCE COMMUNICATION IN POST-DISASTER SOCIETIES: A CASE STUDY OF THE ANTAKYA SCIENCE FESTIVAL	908
Ayşe GÜVEN SARIHAN	COMPARISON OF PERTURBATION BOUNDS ON TRUNCATED SVD FACTORS FOR COMPLEX TOEPLITZ MATRICES	918
Nurşen KULAKAÇ Nilgün ULUTAŞDEMİR	SENSITIVE QUALITY INDICATORS FOR NURSING CARE: CURRENT APPROACHES	924
Aayushi Agarwal Bansal	LAB-ON-A-CHIP DEVICES FOR POINT-OF-CARE TESTING: CLINICAL APPLICATIONS AND RECENT ADVANCES	931
Coşkun GÜLSER Füsun GÜLSER	IMPACTS OF SOIL STRUCTURE ON HEAVY METALS MOBILITY IN CONTAMINATED SOİLS	948
Hakan ŞENTÜRK Esra ÖZKAN	THE USE AND IMPORTANCE OF INCENTİVE SPİROMETRY İN SUPPORTİNG RESPİRATORY FUNCTİONS AFTER ABDOMİNAL SURGERY	954
Ayşegül SARIAYDIN Burak SARIAYDIN Ali ASLAN	LANDAU-KLEFFNER SYNDROME: LITERATURE REVIEW WITH CASE PRESENTATIONS	962
Elif ÇELENK KAYA Aslıhan TOYOĞLU	THE IMPORTANCE OF EMPLOYEE FEEDBACK SYSTEMS İN OCCUPATİONAL SAFETY	967
Aslıhan TOYOĞLU Elif ÇELENK KAYA	THE EFFECTS OF SHİFT WORK ON WORK PERFORMANCE AND WORKPLACE ACCİDENTS	978
Zafer ÖZKAN Büşra ESEN	THE EFFECT OF EMOTIONS ON COLLECTIVE ACTION PARTICIPATION: AN EXAMPLE OF PETITIONING BEHAVIOR	986
Meltem DÜZBASTILAR Eda Asya AKSU	THE FUNCTION OF BASIC SCHOOL INSTRUMENTS IN SCHOOL MUSIC EDUCATION LESSONS	998
Pınar CELEN	THE ROLE OF PHOTOVOLTAIC (PV) SYSTEMS IN REDUCING THE CARBON FOOTPRINT OF ELECTRICITY GENERATION: A 1 MW PV SYSTEM EXAMPLE	1011
Mujkan MEMMEDZADE	ANALYSIS OF THE METHODOLOGICAL FOUNDATIONS OF MILITARY SCIENTIFIC PERSONNEL TRAINING IN THE CONTEXT OF INTERNATIONAL EXPERIENCE	1020
Muhammet KURUCU Mehmet TOP	AN ASSESSMENT OF THE PLACE OF TRADİTİONAL ORDU HOUSES İN OUR CULTURAL HERİTAGE AND THEİR CONSERVATİON	1025

Oluwakemi Racheal OSHINOWO Moses Adeolu AGOI Christiana Toyin ODUWOLE Adebayo Samuel ADEOGUN	BLOCKCHAIN-ENABLED STUDENT RECORD SYSTEMS: IMPLICATIONS FOR GOVERNANCE AND STAKEHOLDER TRUST IN EDUCATIONAL MANAGEMENT	1041
Bircan ÇALIŞIR	COMPARISON ANALYSIS OF ML AND DL ALGORITHMS ON CANCER DETECTION AND PREDICTION FOR DIFFERENT DATASETS	1055
Ayşenur ÇELİK Yeşim ÖZKAN Begün DAL	COMPARISON OF THE EFFECTS OF RHODODENDRON SPECIES ON POPULATION GROWTH IN NEMATODES CAENORHABDITIS ELEGANS	1078
Kadir ÇAVUŞ Afşin Ahmet KAYA Emre TOSUN Meryem AKBULUT BAKIR Bereket Bülent AYKER	CHALLENGES ENCOUNTERED IN SEARCH AND RESCUE OPERATIONS DURING AVALANCHE DISASTERS	1085
Rukiye ARSLAN Süreyya YİĞİTALP RENÇBER Nilğün ULUTAŞDEMİR	CHILD HEALTH AND DEPRIVATION, 2024	1095
Süreyya YİĞİTALP RENÇBER Rukiye ARSLAN Nilğün ULUTAŞDEMİR	ANALYSIS OF KEY LABOR FORCE INDICATORS FOR YOUNG PEOPLE IN TURKEY (AGES 15–24, 2021–2025)	1101
Mustafa EREN	THE UNDERSTANDING OF LOVE IN THE POEMS OF KARACAOĞLAN AND CAHİT KÜLEBİ	1107
Nuran ERDURAN	SYNTHESIS AND CHARACTERIZATION OF MAGNETIC POLY (TETRAHYDROFURFURYL METHACRYLATE) FROM RENEWABLE-SOURCE	1120
Simge YILMAZ Ayda BADRIKOUHI	TRANSFORMATION OF DIGITAL BODY PERCEPTION THROUGH INSTAGRAM FİLTERS: A VISUAL COMPARISON OF PRE- AND POST-FILTER IMAGES	1128
İlker COŞKUN Anıl KILINÇ Ebru ÇANAKÇI Dehan Nur ORHAN	IS THE PATIENT'S ROLE A DETERMINING FACTOR FOR ERAS SUCCESS?	1139
Elif DOĞAN	NEW APPROACHES AND PRECISION THERAPIES IN EPILEPSY: THE ROLE OF THE PI3K/AKT/mTOR PATHWAY	1147
Pınar BOZBEYOĞLU	ECO-FRIENDLY SYNTHESIS OF ZnO NANOPARTICLES USING MOUNTAIN TEA (Sideritis spp.) EXTRACT AND THEIR APPLICATION IN Ni (II) REMOVAL FROM WASTEWATER	1153

MULTIDIMENSIONAL ANALYSIS OF THE AGING IN PLACE MODEL AND ITS APPLICABILITY IN TÜRKİYE

Ayten KAYA

Ordu University, Ikizce Vocational School of Health Services, Fundamentals of Nursing Ordu, Türkiye

https://orcid.org/0000-0002-7684-3675

ABSTRACT

Introduction and Purpose: Aging in place is an important care approach that enables older adults to maintain their independence, quality of life, and social relationships within their own homes and communities. However, demographic changes, urbanization, shifts in family structure, and inadequacies in social policies challenge the sustainability of this model. This study aims to examine the concept of aging in place from a multidimensional perspective, identify its core components, benefits, and limitations, and evaluate its applicability in the Turkish context.

Materials and Methods: This study was conducted as a narrative review to provide a multidimensional evaluation of aging in place based on existing scientific literature. Relevant national and international publications were searched in PubMed, Google Scholar, and ScienceDirect using the keywords “aging in place,” “elderly care,” “home-based care,” and “age-friendly communities.” The selected studies were reviewed and synthesized to identify the main components, benefits, and limitations of the aging in place model.

Results: The analysis showed that aging in place improves quality of life, supports independence, and enhances psychological well-being among older adults. The main components of the model include accessible housing, healthcare services, social support, community participation, and technology integration. However, inadequate physical environments, insufficient professional care services, and limited access to services were identified as major barriers. In the Turkish context, strong family structures and cultural values support the model, whereas urbanization, weakening social networks, and lack of institutional support pose significant challenges.

Discussion and Conclusion: Aging in place is a sustainable and person-centered approach to elderly care; however, its effective implementation requires a comprehensive and integrated system. Strengthening home care services, developing age-friendly environments, expanding technology-supported care systems, and enhancing social policies are essential for the wider adoption of this model in Türkiye.

Key Words: Aging in Place; Elderly Care; Home-Based Care; Quality of Life

ÖZET

Amaç ve Kapsam: Yerinde yaşlanma, yaşlı bireylerin kendi evlerinde ve yaşadıkları topluluk içinde bağımsızlıklarını, yaşam kalitelerini ve sosyal ilişkilerini sürdürebilmelerini sağlayan önemli bir bakım yaklaşımıdır. Ancak demografik değişimler, kentleşme, aile yapısındaki dönüşümler ve sosyal politikaların yetersizliği bu modelin sürdürülebilirliğini

zorlaştırmaktadır. Bu çalışma, yerinde yaşlanma kavramını çok boyutlu bir perspektiften incelemeyi, temel bileşenlerini, sağladığı faydaları ve sınırlılıklarını belirlemeyi ve Türkiye bağlamında uygulanabilirliğini değerlendirmeyi amaçlamaktadır.

Gereç ve Yöntem: Bu çalışma, yerinde yaşlanma yaklaşımını çok boyutlu olarak değerlendirmek amacıyla mevcut bilimsel literatüre dayalı bir derleme olarak gerçekleştirilmiştir. İlgili ulusal ve uluslararası yayınlar PubMed, Google Scholar ve ScienceDirect veri tabanlarında "aging in place", "elderly care", "home-based care" ve "age-friendly communities" anahtar kelimeleri kullanılarak taranmıştır. Seçilen çalışmalar incelenmiş ve yerinde yaşlanma modelinin temel bileşenleri, yararları ve sınırlılıkları sentezlenmiştir.

Bulgular: Analiz sonuçları, yerinde yaşlanmanın yaşlı bireylerde yaşam kalitesini artırdığını, bağımsızlığı desteklediğini ve psikolojik iyi oluşu güçlendirdiğini göstermektedir. Modelin temel bileşenleri erişilebilir konut, sağlık hizmetleri, sosyal destek, toplumsal katılım ve teknoloji entegrasyonu olarak belirlenmiştir. Bununla birlikte, yetersiz fiziksel çevre koşulları, profesyonel bakım hizmetlerinin sınırlı olması ve hizmetlere erişimdeki kısıtlılıklar önemli engeller olarak saptanmıştır. Türkiye bağlamında güçlü aile yapısı ve kültürel değerler modeli destekleyen unsurlar olarak öne çıkarken; kentleşme, sosyal ağların zayıflaması ve kurumsal destek eksikliği önemli zorluklar oluşturmaktadır.

Tartışma ve Sonuç: Yerinde yaşlanma, yaşlı bakımında sürdürülebilir ve birey merkezli bir yaklaşım olmakla birlikte, etkin uygulanabilmesi için kapsamlı ve entegre bir sistem gerektirmektedir. Bu modelin Türkiye'de yaygınlaştırılabilmesi için evde bakım hizmetlerinin güçlendirilmesi, yaş dostu çevrelerin geliştirilmesi, teknoloji destekli bakım sistemlerinin yaygınlaştırılması ve sosyal politikaların güçlendirilmesi gerekmektedir.

Anahtar Kelimeler: Yerinde yaşlanma; yaşlı bakımı; evde bakım; yaşam kalitesi

INTRODUCTION

Aging in place is defined as the ability of individuals to continue living safely, independently, and with a high quality of life in their own homes and communities, regardless of their age, income, or health status. This approach encompasses not only remaining in a physical environment but also maintaining social relationships, identity, and daily life routines. For older adults, the home is not merely a place of residence but also a living space where a sense of belonging, security, and continuity of self is preserved (Wiles et al., 2012).

The rapid increase in the aging population worldwide, the rising prevalence of chronic diseases, and the growing costs of care have made aging in place an important alternative in health and social policy. In particular, the high cost of institutional care and its potential to reduce individuals' sense of independence encourage older adults to continue living in their own homes as long as possible (Sehatkarlangrodi et al., 2025). In addition, aging in place has been shown to enhance life satisfaction, reduce social isolation, and support psychological well-being (Tümer et al., 2022; Pinazo-Hernandis et al., 2022).

The increasing need for aging in place arises from factors such as the growing elderly population, the insufficiency of caregivers, changes in family structure, and individuals' desire to live independently. The decreasing sustainability of traditional care models has necessitated the development of alternative care approaches. In this context, home-based care services, age-friendly environments, and technology-supported systems have emerged as key components of aging in place (Konradsen & Kabir, 2025; Fang et al., 2021).

In the literature, aging in place is addressed as a multidimensional concept that includes social support, physical environment, access to healthcare services, and technology integration. Studies indicate that aging in place improves quality of life, enhances health outcomes, and reduces care costs (Owusu et al., 2023; OECD, 2025). However, inadequate home environments, lack of social support, and difficulties in accessing services are reported as significant limitations (Brim et al., 2021; Peek et al., 2014).

The aim of this study is to examine the concept of aging in place from a multidimensional perspective based on the literature, to identify its core components, and to evaluate its applicability in the Turkish context.

Research Questions

1. What are the main components of the aging in place approach?
2. What are the key benefits of aging in place reported in the literature?
3. What are the main limitations encountered in the implementation of the aging in place model?
4. Is this model applicable in Türkiye? What factors influence its applicability?
5.

METHOD

Data Collection Process

Within the scope of this study, national and international literature on the aging in place approach was reviewed. The literature search was conducted using the Google Scholar, PubMed, and ScienceDirect databases.

Keywords

The following keywords were used during the search process: “aging in place,” “home-based care,” “elderly care,” “yaşlı bakım,” “yerinde yaşlanma,” and “age-friendly communities.”

Inclusion Criteria

The studies included in this research were selected based on the following criteria:

- Studies addressing the concept of aging in place
- Studies published in or after the year 2000
- Publications in English or Turkish
- Studies with accessible full texts

Data Analysis

The selected studies were examined using the document analysis method, and the findings were synthesized under the following themes: model components, benefits, limitations, and application examples

RESULTS

1. Core Components of the Aging in Place Model

A review of the literature indicates that aging in place is a multidimensional concept. The core components of this model include the physical environment (accessible housing and safe living

spaces), healthcare and care services, social support systems, transportation and accessibility, community participation, and technology-supported care.

The age-friendly community approach addresses these components within a systematic framework and emphasizes that communities should be structured to meet the needs of older adults (World Health Organization, 2007; Tang et al., 2025). Furthermore, these components interact with each other, and environmental and social factors are particularly influential in the sustainability of aging in place (Sixsmith & Sixsmith, 2008; Fang et al., 2021).

2. Benefits of Aging in Place

The main benefits of aging in place reported in the literature include the preservation of independence, improvement in quality of life, maintenance of social relationships, reduction in loneliness and depression, and decreased healthcare costs.

In addition, increased control over one's own life and the maintenance of social connections are considered important advantages (Ratnayake et al., 2022; Jordan, 2023). Numerous studies have demonstrated that aging in place positively affects quality of life, psychological well-being, and functional independence (Molenaar et al., 2023; Vanleerberghe et al., 2017; Wiles et al., 2012; Zumelzu et al., 2025).

Strong social networks and increased community participation are also key benefits of this approach (Pinazo-Hernandis et al., 2022).

3. Limitations of Aging in Place

There are several challenges associated with the implementation of the aging in place model. These include inadequate home environments, lack of social support, difficulties in accessing services, economic constraints, and shortages of caregivers.

In addition, problems related to transportation and access to healthcare services may hinder individuals from maintaining independent living (Krasniuk & Crizzle, 2023). Limitations related to technology use and difficulties experienced by older adults in adapting to digital systems are also significant barriers (Lee & Maher, 2021; Khan et al., 2026).

The literature further highlights that inequalities in access to care services and systemic deficiencies negatively affect the sustainability of aging in place (Khan et al., 2024; Cabañero-Garcia et al., 2025; Bolster-Foucault et al., 2024; OECD, 2020).

4. Evaluation in the Context of Türkiye

The aging in place model in Türkiye has strong cultural foundations; however, it is a care approach that needs to be re-evaluated due to demographic transformation and structural changes. The proportion of the elderly population in Türkiye has been steadily increasing, reaching 10.6% as of 2024, and is expected to rise to 27% in the coming years (Taşçı, 2025). This demographic shift necessitates the development of sustainable models for elderly care. Similarly, global studies indicate that population aging places significant pressure on care systems and increases the need for alternative care models (Fang et al., 2021; OECD, 2020).

Family-based care remains strong in Türkiye. According to the Turkish Family Structure Survey (2021), 83.1% of individuals believe that children should take care of their parents in old age. Additionally, 46% of older adults prefer to live with their children, while 31.6% prefer receiving home care services (TÜİK, 2021). These findings suggest that the aging in place model has a strong cultural foundation in Türkiye.

Traditionally, elderly care in Türkiye has been carried out within the family, which is considered an important advantage supporting the applicability of the aging in place model (Karakuş, 2018). Older adults' preference to live in their own homes is associated with the supportive role

of family and neighborhood relationships. Studies indicate that most older adults prefer to age in place, as it supports independence, security, and the continuity of social ties (Ganz & Latham, 2020). These findings are consistent with studies showing that remaining in familiar environments positively affects psychological well-being and life satisfaction (Gaurav et al., 2025; Pinazo-Hernandis et al., 2022).

However, ongoing social transformations in Türkiye are gradually weakening this traditional structure. Declining fertility rates, the increasing prevalence of nuclear families, and internal migration have reduced family-based support mechanisms (Engin, 2022). In particular, the rise in single-person households and the growing number of older adults living alone create new risks in elderly care. This situation indicates that the aging in place model cannot be sustained solely through family-based support. Indeed, the literature emphasizes that weakened social networks negatively affect independent living and highlights the need to strengthen social support systems (Byeon, 2026; Lal, 2025).

From a physical and environmental perspective, although there is limited comprehensive data, existing studies suggest that accessibility issues exist in the housing conditions of older adults in Türkiye (Baş, 2020). Smaller housing units, urban transformation processes, and the limited availability of age-friendly environments make it more difficult for older adults to maintain independent living. The literature indicates that the physical conditions of living environments are directly related to quality of life and significantly influence the success of aging in place (Bouricha & Kammoun, 2023; Harrison et al., 2022; Meghani et al., 2023).

Another important limitation in terms of healthcare and care services is the insufficiency of professional home care services. Although care services in Türkiye are largely provided by informal caregivers, comprehensive official data directly demonstrating this situation remain limited. However, the number of individuals benefiting from home care allowances provides an indirect indicator. It has been reported that approximately 555,000 individuals currently benefit from home care support (Republic of Türkiye Ministry of Family and Social Services, 2024). Nevertheless, factors such as population aging, changes in family structure, and sustainability challenges suggest that the current model may become inadequate in the long term (İpek & Gencer, 2023; Taşçı, 2025). International studies also highlight workforce shortages and inequalities in access to care services as significant challenges (OECD, 2020).

Despite these challenges, the applicability of the aging in place model in Türkiye is not entirely limited. On the contrary, strong family ties, cultural values, and older adults' preference to remain in their own homes provide a solid foundation for this model. However, for sustainability, family-based care must be supported by professional services, technology-assisted systems, and age-friendly environments (Avcı et al., 2025). In particular, technology-supported care applications play a significant role in supporting independent living among older adults (Peek et al., 2014; Metin, 2023; Padhan et al., 2023).

In conclusion, although the aging in place model in Türkiye has strong potential for implementation, it currently lacks systematic support mechanisms (Bilgin et al., 2021). Therefore, a comprehensive and integrated restructuring of social policies, healthcare services, environmental arrangements, and care systems is required to ensure the successful implementation of this model.

CONCLUSION AND RECOMMENDATIONS

Aging in place is an important care approach that enables older adults to maintain their independence while continuing their lives. However, the effective implementation of this model requires not only individual-level efforts but also comprehensive system-level arrangements. This is particularly important in countries such as Türkiye, where the proportion of the elderly

population is rapidly increasing and care services are undergoing transformation. In this context, supporting the aging in place approach with holistic policies is essential.

In this regard, improvements are needed in the following areas:

- Strengthening home care services and increasing the number of professional care personnel
- Expanding age-friendly environments and accessible housing
- Developing and improving accessibility to technology-supported care systems (e.g., smart homes, telehealth)
- Strengthening social policy mechanisms and developing long-term financial solutions such as care insurance

In the context of Türkiye, the following priorities stand out:

- Supporting the family-based care model with professional services
- Reducing inequalities in care services between rural and urban areas
- Promoting age-friendly city initiatives by local governments
- Developing community-based programs to increase social participation among older adults
- Expanding awareness and training programs related to elderly care

In conclusion, the widespread adoption of the aging in place approach in Türkiye will not only improve the quality of life of older adults but also contribute to reducing the burden on health and social care systems. In this context, ensuring the sustainability of the aging in place model requires the adoption of an integrated and multidimensional approach at the individual, family, community, and policy levels.

REFERENCES

Altındiş, E., & Üner, E. (2023). Yaşlı bakım modellerinin karşılaştırılması. *Geriatrik Bilimler Dergisi, 6*(1), 60–71. https://doi.org/10.47141/geriatrik.1099573

Avcı, F. Ş., Küçükdağ, R., & Gümüş, S. (2025). Long-term services and supports for an aging population: Implementation strategies. *New Era International Journal of Interdisciplinary Social Researches, 10*(29), 59–69.

Avcı, F. Ş., Küçükdağ, R., & Gümüş, S. (2025). Yaşlanan bir nüfusa uzun vadeli hizmetler ve destekler: Uygulama stratejileri. *New Era International Journal of Interdisciplinary Social Researches, 10*(29), 59–69.

Baş, G. Ö. (2020). Yaşlı bireylerin konut erişimine yönelik beklentileri. *Sosyal Politika Çalışmaları Dergisi*, 145–164.

Bilgin, Ö. F., Tamkoç, B., & Aydoğdu, Ö. (2021). Evaluation of services for older adults in Türkiye within the framework of aging in place. *Journal of Social Policy Studies, 21*(53), 963–977.

Bolster-Foucault, C., Vedel, I., Busa, G., Hacker, G., Sourial, N., & Quesnel-Vallée, A. (2024). Social inequity in ageing in place among older adults in OECD countries: A mixed studies systematic review. *Age and Ageing, 53*(8), afae166.

Bouricha, D. M., & Kammoun, D. M. (2023). Upgrading the living space of the elderly person: Towards a healthcare design. *Journal of Salutogenic Architecture, 2*(1), 85–103.

Brim, B., Fromhold, S., & Blaney, S. (2021). Older adults' self-reported barriers to aging in place. *Journal of Applied Gerontology, 40*(12), 1678–1686.

Byeon, H. (2026). The impact of social isolation and digital exclusion on mental and physical health in older adults: A meta-analysis. *Medicine, 105*(4), e46010.

Cabañero-Garcia, E., Martinez-Lacoba, R., Pardo-Garcia, I., & Amo-Saus, E. (2025). Barriers to health, social and long-term care access among older adults: A systematic review of reviews. *International Journal for Equity in Health, 24*(1), 72.

Engin, M. (2022). Türkiye'de aile yapısının dönüşümü: Sorunlar ve beklentiler. *Uluslararası Sosyal Hizmet Araştırmaları Dergisi, 2*(1), 123–136.

Fang, M. L., Sixsmith, J., Lawthom, R., Mountian, I., & Shahrin, A. (2021). Experiences of aging in place: A systematic review. *The Gerontologist, 61*(3), e181–e193. https://doi.org/10.1093/geront/gnaa140

Ganz, D. A., & Latham, N. K. (2020). Prevention of falls in community-dwelling older adults. *New England Journal of Medicine, 382*(8), 734–743.

Gaurav, A., Mishra, A., Kumar, S., & Singh, D. K. (2025). The impact of the social and family environment on psychological well-being of older adults. *NPG Neurologie-Psychiatrie-Gériatrie, 25*(147), 141–152.

Gelen, T. (2024). Yaşlı bireylerin yerinde yaşlanma düzeyleri ile yaşam kalitesi düzeyleri arasındaki ilişkinin incelenmesi. *Sosyal Politika Çalışmaları Dergisi, 24*(62), 51–87.

Harrison, S. L., Dyer, S. M., Laver, K. E., Milte, R. K., Fleming, R., & Crotty, M. (2022). Physical environmental designs in residential care to improve quality of life of older people. *Cochrane Database of Systematic Reviews*, (3). https://doi.org/10.1002/14651858.CD013793.pub2

İpek, L., & Gencer, G. Y. G. (2023). Dünya'da ve Türkiye'de yaşlı informal bakım verenler: Geleneksel derleme. *Geriatrik Bilimler Dergisi, 7*(3), 256–256.

Karakuş, B. (2018). *Türkiye'de yaşlılara yönelik hizmetler, kurumsal yaşlı bakımı ve kurumsal yaşlı bakımında illerin durumu*. Republic of Türkiye Ministry of Family and Social Policies.

Khan, H. T. A., Addo, K. M., & Findlay, H. (2024). Public health challenges and responses to ageing populations. *Public Health Challenges, 3*(3), e213.

Konradsen, H., & Kabir, Z. N. (2025). Supporting family caregivers in an aging society: The need for comprehensive, evidence-based interventions. *International Journal of Environmental Research and Public Health, 22*(12), 1826. https://doi.org/10.3390/ijerph22121826

Krasniuk, S., & Crizzle, A. M. (2023). Impact of health and transportation on accessing healthcare in older adults. *Transportation Research Interdisciplinary Perspectives, 21*, 100882.

Lal, S. (2025). The impact of social isolation on aging. *Critical Debates in Humanities, Science and Global Justice, 5*(2), 26–37.

Lee, L., & Maher, M. L. (2021). Factors affecting technology engagement in older adults. *International Journal of Environmental Research and Public Health, 18*(6), 2847.

Meghani, N. A. A., Hudson, J., Stratton, G., & Mullins, J. (2023). Optimising older adults' home spaces to enhance their physical activity level: An exploratory qualitative study protocol. *BMJ Open, 13*(2), e066940. https://doi.org/10.1136/bmjopen-2022-066940

Metin, B. (2023). The relationship between demographic aging and technology: Evaluation of innovation-oriented gerontechnology applications in the silver economy in terms of elderly welfare. *Third Sector Social Economy Journal, 58*(3), 2231–2248.

Molenaar, E. A. L. M., Barten, J. A., te Velde, S., et al. (2023). Functional independence in older people. *Population Ageing, 16*, 243–262.

Nakagawa, T., Noguchi, T., Komatsu, A., et al. (2022). Aging-in-place preferences among Japanese older adults. *BMC Geriatrics, 22*, 66.

OECD. (2020). *Who cares? Attracting and retaining care workers for the elderly*. OECD Publishing.

OECD. (2025). *The economic benefit of promoting healthy ageing and community care*. OECD Publishing. https://doi.org/10.1787/0f7bc62b-en

Owusu, B., Bivins, B., Marseille, B. R., & Baptiste, D. L. (2023). Aging in place: Programs, challenges and opportunities for promoting healthy aging for older adults. *Nursing Open, 10*(9), 5784–5786. https://doi.org/10.1002/nop2.1872

Padhan, S., Mohapatra, A., Ramasamy, S. K., & Agrawal, S. (2023). Artificial intelligence and robotics in elderly healthcare: Enabling independence and quality of life. *Cureus, 15*(8), e42905. https://doi.org/10.7759/cureus.42905

Peek, S. T. M., Wouters, E. J. M., Van Hoof, J., et al. (2014). Technology acceptance in aging in place: A systematic review. *International Journal of Medical Informatics, 83*(4), 235–248.

Pinazo-Hernandis, S., Blanco-Molina, M., & Ortega-Moreno, R. (2022). Aging in place: Connections, relationships, social participation and social support in the face of crisis situations. *International Journal of Environmental Research and Public Health, 19*(24), 16623. https://doi.org/10.3390/ijerph192416623

Ratnayake, M., et al. (2022). Aging in place: Are we prepared? *Delaware Journal of Public Health, 8*(3), 28–31.

Republic of Türkiye Ministry of Family and Social Services. (2024). Home care support data. https://www.aile.gov.tr

Sehatkarlangrodi, S., Zargoush, M., Longo, C. J., & Ghazalbash, S. (2025). Shaping older adults' care policy: A scoping review of key determinants in post-acute and community reintegration transitions. *BMC Health Services Research, 25*(1), 1236. https://doi.org/10.1186/s12913-025-13433-x

Sixsmith, A., & Sixsmith, J. (2008). Ageing in place in the UK. *Ageing International, 32*(3), 219–235.

Tang, Y., Xu, J., & Yu, J. (2025). The impact of age-friendly communities on the quality of life of older adults based on structural equation modeling. *Frontiers in Public Health, 13*, 1646195. https://doi.org/10.3389/fpubh.2025.1646195.

Taşçı, F. (2025). *Geleceğin Türkiye'sinde yaşlı olmak: Nüfusun yaşlanmasıyla ortaya çıkan sorunlarla mücadele* (Sayı: 270). Siyaset, Ekonomi ve Toplum Araştırmaları Vakfı (SETA).

Turkish Statistical Institute. (2024). Household and living conditions statistics. https://veriportali.tuik.gov.tr

Tümer, A., Dönmez, S., Gümüşsoy, S., & Balkaya, N. A. (2022). The relationship among aging in place, loneliness, and life satisfaction in the elderly in Turkey. *Perspectives in Psychiatric Care, 58*(2), 822–829.

Ustamehmetoğlu, G. (2021). Akıllanan dünyada yaşlı bakım uygulamaları. *Fenerbahçe University Journal of Health Sciences, 1*(1), 53–61.

Vanleerberghe, P., De Witte, N., Claes, C., et al. (2017). Quality of life in aging in place. *Quality of Life Research, 26*(11), 2899–2907.

Wiles, J. L., Leibing, A., Guberman, N., Reeve, J., & Allen, R. E. S. (2012). The meaning of aging in place. *The Gerontologist, 52*(3), 357–366.

World Health Organization. (2007). *Global age-friendly cities: A guide*. WHO.

Zumelzu, A., Fierro, M. M., & Herrmann-Lunecke, M. G. (2025). Mental wellbeing and aging in place. *Health & Place, 93*, 103471.

DETERMINATION OF TERRORISM AWARENESS LEVELS OF SECONDARY SCHOOL STUDENTS

ORTAOKUL ÖĞRENCİLERİNİN TERÖR FARKINDALIKLARININ BELİRLENMESİ

Birol TUĞLU

(Okul Müdürü, Başöğretmen), Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Eğitim Programları ve Öğretimi Bilim Dalı

ORCID ID: 0009-0004-9743-6667

Prof. Dr. İsmail GELEN

Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Eğitim Fakültesi

ORCID ID: 0000-0001-6669-8702

ÖZET

İnsanlık tarihi boyunca eğitim ve öğretim etkinlikleri varlığını sürdürmüş ve sürdürmeye devam etmektedir. Her dönemde evrensel değerler öğrencilere kazandırılırken, aynı zamanda çağın gerektirdiği bilgi ve becerilerin geliştirilmesi amaçlanmaktadır. Bu bağlamda önemli kazanımlardan biri bilinçli farkındalıktır. Bilinçli farkındalık, bireylerin karşılaştıkları sosyal ve toplumsal sorunları doğru analiz edebilme, riskleri tanıyabilme ve uygun tutum geliştirebilme becerisi açısından önem taşımaktadır. Özellikle günümüz dünyasında güvenlik, toplumsal huzur ve sürdürülebilir barış açısından erken yaşlarda geliştirilen farkındalık düzeyi kritik bir rol oynamaktadır. Öğrencilerin terör olgusuna ilişkin bilgi, algı ve tutumlarının belirlenmesi; eğitim ortamlarında geliştirilecek önleyici ve bilinçlendirici yaklaşımlar açısından önemli veriler sağlayacaktır. Erken yaş döneminde kazanılan farkındalık düzeyinin belirlenmesi, eğitim politikalarının ve öğretim süreçlerinin yapılandırılmasına katkı sunması bakımından da işlevsel bir temel oluşturmaktadır. Bu çalışmanın amacı, ortaokul öğrencilerinin terör farkındalık düzeylerini belirlemektir. Araştırmada nicel araştırma yöntemlerinden betimsel tarama modeli kullanılmıştır. Literatür incelemesi sonucunda terör konusuna ilişkin çok sayıda çalışmaya rastlanmasına rağmen, özellikle öğrencilerin terör farkındalığını ele alan çalışmaların oldukça sınırlı olduğu görülmüştür. Araştırmanın evrenini, 2023–2024 eğitim-öğretim yılında Gümüşhane ilinde ortaokullarda öğrenim gören 5., 6., 7. ve 8. sınıf öğrencileri oluşturmuştur. Örneklem, kolay ulaşılabilir ve ölçüt örnekleme yöntemleri kullanılarak belirlenmiş ve toplam 161 öğrenci çalışmaya dahil edilmiştir. Veri toplama aracı olarak "Ortaokul Öğrencilerinin Terör Farkındalığı Soru Formu" kullanılmıştır. Araştırma bulguları, ortaokul öğrencilerinin terör konusunda belirli bir farkındalığa sahip olduklarını, ancak teröre karşı bilinç düzeylerinin artırılması için daha fazla farkındalık geliştirmeye ve deneyim kazanmaya ihtiyaç duyduklarını ortaya koymuştur.

Anahtar Kelimeler: Ortaokul öğrencisi, farkındalık, bilici farkındalık, terör

ABSTRACT

The aim of this study is to examine the level of terrorism awareness among secondary school students within a multidimensional framework. In contemporary societies, fostering early awareness is considered a key component in promoting social security and sustainable peace. Therefore, identifying students' cognitive and affective perceptions of terrorism is essential for designing effective educational interventions.

This study was conducted using a descriptive survey model within the scope of quantitative research methods. The sample consists of 161 students enrolled in the 5th, 6th, 7th, and 8th grades in secondary schools in Gümüşhane during the 2023–2024 academic year. Data were collected from the "Terrorism Awareness Questionnaire for Secondary School Students" developed by the researcher. The collected data were analyzed using frequency and percentage distributions.

The findings reveal that although students demonstrate a certain level of awareness regarding terrorism, this awareness is predominantly shaped by emotional responses rather than analytical understanding. Students tend to associate terrorism mainly with concepts such as violence, hostility, and destruction. Furthermore, a positive correlation was observed between grade level and awareness, indicating that educational exposure contributes to increased awareness levels.

In conclusion, the findings suggest that students' awareness of terrorism should be enhanced through more structured, systematic, and multidimensional educational approaches. It is recommended that curricula incorporate comprehensive content addressing both the cognitive and socio-emotional dimensions of terrorism, supported by activities that promote critical thinking and reflective judgment.

Keywords: Secondary school students, terrorism awareness, education, critical thinking

GİRİŞ

İnsanlık tarihi incelendiğinde, bireyin varlığını sürdürme çabasının her dönemde temel bir gerçeklik olarak ortaya çıktığı görülmektedir. Söz konusu var olma mücadelesi, zaman zaman bireyin ilkel benlik özelliklerinin ön plana çıkmasına ve kontrol edilmesi güç davranışların sergilenmesine neden olabilmektedir. Savaş, terör, şiddet ve saldırganlık gibi olgular, insan davranışlarının olumsuz yansımaları arasında değerlendirilmektedir. Bu tür eylemleri gerçekleştiren bireylerin önemli bir kısmı ise söz konusu davranışlarını çoğu zaman meşru bir savunma biçimi olarak algılayabilmektedir.

Bireysel düzeyde ortaya çıkan var olma mücadelesi, daha geniş ölçekte toplumsal ve siyasal yapılarda da etkisini göstermektedir. Bu çerçevede, terör kavramı üzerinde evrensel düzeyde kabul görmüş ortak bir tanım henüz oluşturulamamıştır. Terörü açıklamaya yönelik yaklaşımların farklı boyutlara odaklanması ve değişik unsurları ön plana çıkarması, kavramın sınırlarının net bir şekilde çizilmesini zorlaştırmaktadır (Örgün, 2001, s. 14).

Bireylerin güvenli ve huzurlu bir yaşam sürdürebilmeleri, kendilerini güvende hissedebilecekleri sosyal yapılar içerisinde var olmalarına bağlıdır. Terörün olmadığı bir toplumsal düzenin oluşturulması yalnızca güvenlik politikaları ile değil, aynı zamanda eğitim yoluyla bilinç geliştirilmesi ile mümkündür. Özellikle çocukluk ve ergenlik döneminde bireylerin terör ve şiddet konularında bilinçlendirilmesi, riskli yönelimlerin önlenmesi açısından önemli bir koruyucu faktör olarak değerlendirilmektedir. Dolayısıyla terör farkındalığının öğrencilere kazandırılması, bireysel gelişimin yanı sıra toplumsal güvenliğin sağlanmasında da önemli bir eğitimsel sorumluluk alanı oluşturmaktadır.

Vatandaşların toplumsal dayanışma bilinciyle donatılması, terör örgütlerinin propaganda faaliyetlerine maruz kalındığında sağduyulu kararlar alınmasının desteklenmesi ve terörle mücadelede kamu kurumları ile sivil toplum kuruluşları arasındaki iş birliğinin güçlendirilmesi büyük önem taşımaktadır. Başta eğitim kurumları olmak üzere toplumun farklı kesimlerine yönelik bilinçlendirme çalışmaları yürütülerek; bireylerin terör örgütlerinin ideolojik söylemleri ve düşünce aşılama yöntemlerine karşı bilişsel direnç ve farkındalık düzeylerinin artırılması hedeflenmektedir (Emniyet Genel Müdürlüğü [EGM], t.y.). Bilişsel kazanımların davranışa dönüşmesi için sosyal ve kültürel destek büyük önem taşımaktadır. Bireylerin sosyal ve kültürel ihtiyaçları dikkate alınarak planlanan sportif etkinlikler ve kültürel faaliyetler de sürecin önemli bir bileşenini oluşturmaktadır. Geliştirilen farkındalık düzeyi, yalnızca bireylerin sosyal yönlerini desteklemekle kalmayıp aynı zamanda psikolojik farkındalıklarının artmasına da katkı sağlamaktadır. Özellikle gençlerin sosyal ihtiyaçlarının terör örgütleri tarafından istismar edilmesinin önüne geçilmesi ve onlara alternatif ilgi alanları sunulması önem taşımaktadır. Bu doğrultuda, bireysel düzeyde gelişen farkındalık süreçlerinin toplumsal uygulamalarla desteklenmesi, sürecin etkililiğini artırmaktadır.

Farkındalık süreçlerinin ayrıntılı biçimde ele alınması önem taşımaktadır. Günlük yaşamda gerçekleştirilen etkinliklerin ve **bu etkinliklerin** bireyde uyandırdığı duyguların sistematik biçimde değerlendirilmesi, duygusal bilincin geliştirilmesinde önemli bir rol oynamaktadır. Öz değerlendirme süreçleri, bilişsel ve duygusal alanlarda ortaya çıkan hataların ayırt edilmesiyle doğrudan ilişkilidir. Hataları sezme yetisi, bireyin kendi davranış ve kararlarındaki yanlışlıkları tanıma kapasitesi olarak tanımlanmaktadır. Duygusal değişimlerin düzenli olarak izlenmesi, duygusal tepkilerdeki tutarsızlıkların ayırt edilmesini kolaylaştırarak hataları sezme yetisini desteklemektedir. Ayrıca, bedensel ve duygusal ipuçlarının birlikte ele alınması, **bedensel ve duygusal sinyallerin** bütüncül bir biçimde değerlendirilmesine olanak sağlamaktadır (ABA Psikoloji, t.y.).

Bilinçli değerlendirme becerilerinin gelişimi, yalnızca içsel süreçlerin anlaşılmasını değil, aynı zamanda çevresel risk ve tehditlerin daha sağlıklı algılanmasını da mümkün kılmaktadır. Terör farkındalığı gibi toplumsal güvenlik boyutu taşıyan kavramların anlaşılması ve geliştirilmesi, bilinçli değerlendirme becerilerinin gelişimi kapsamında önemli bir zemin oluşturmaktadır. İçsel deneyimler ile dış çevrenin bilinçli biçimde değerlendirilmesi, farkındalık süreçlerinin bütüncül bir **yapı olarak** ele alınmasını gerekli kılmaktadır. Davranışlar, geçmiş yaşantıların etkisini yansıtabileceği gibi, **geçmiş yaşantıların** üst biliş düzeyinde değerlendirilmesi öz-anlayışın gelişimine katkı sağlayabilmektedir. Korku, güvensizlik ve üzüntü gibi duygular yaşamın doğal bir parçasıdır. Ancak önemli olan, **bu duyguların** tanınması, sağlıklı bir biçimde ifade edilmesi ve yaşamla uyumlu biçimde sürdürülebilmesidir (ABA Psikoloji, t.y.).

Bilinçli farkındalık, bireyin duygu ve yaşantılarını yargılamadan fark etmesini ifade eden ve duygusal ile bilişsel süreçlerin sağlıklı biçimde düzenlenmesinde temel bir yaklaşım olarak öne çıkan bir kavramdır.

Bilinçli farkındalık, bireyin duygu, düşünce ve yaşantılarını yargılamadan gözlemleyebilme becerisi olarak tanımlanabilir. Bilinçli farkındalık becerisinin gelişimi, bireyin içsel süreçlerini daha etkili yönetmesine ve karşılaştığı durumlara daha dengeli tepkiler vermesine katkı sağlayabilir. Özellikle ergenlik döneminde farkındalık düzeyinin artırılması, duygusal düzenleme, karar verme ve sosyal uyum açısından önemli bir destek sunmaktadır. Dolayısıyla bilinçli farkındalık, yalnızca bir kavram olarak değil, geliştirilebilir bir beceri alanı olarak ele alınmakta; bireyin içsel süreçlerini ve çevresini algılama ile değerlendirme biçimini etkilemektedir.

Mevcut araştırma, farkındalık süreçlerinin çevresel tehditlerin algılanmasındaki rolünü esas alarak ortaokul öğrencilerinin terör farkındalık düzeylerini incelemeyi amaçlamaktadır.

Çalışmada, farkındalık düzeyleri bilişsel ve duyuşsal boyutlarıyla ele alınmakta ve elde edilen bulgular doğrultusunda alanyazına katkı sağlanması hedeflenmektedir.

Alanyazın incelendiğinde, terör konusuna ilişkin çeşitli çalışmalar bulunmakla birlikte, ortaokul düzeyindeki öğrencilerin terör farkındalığını doğrudan ele alan araştırmaların sınırlı olduğu dikkat çekmektedir. Bu bağlamda çalışmada, ortaokul öğrencilerinin terör farkındalık düzeylerinin belirlenmesine yönelik sorulara yanıt aranmıştır.

Problem Cümlesi

Bu araştırmada ortaokul öğrencilerinin terör farkındalıklarının belirlenmesi amaçlanmıştır.

Alt Problemler

1.Ortaokul öğrencilerinin terör kavramına ilişkin görüşleri nelerdir?

2.Ortaokul öğrencilerinin terör kavramına yönelik düşüncelerinin, sınıf seviyelerine göre dağılımı nasıldır?

Sayıltılar

Araştırmada, öğrencilerin sorulara içtenlikle yanıt verdikleri, terör kavramını anlayabilecek bilişsel düzeye sahip oldukları ve veri toplama sürecinde herhangi bir dış baskı altında kalmadıkları varsayılmıştır.

Araştırmanın Sınırlılıkları

Araştırma, 2023-2024 eğitim-öğretim yılında Gümüşhane ilinde öğrenim gören 161 ortaokul öğrencisi ile sınırlıdır. Veriler belirli bir zaman diliminde toplanmış olup farklı zamanlarda değişiklik gösterebilir. Terör kavramının çok boyutlu yapısı öğrencilerin yanıtlarını sınırlayabilir. Ayrıca veri toplama aracının kapsamı ve öğrencilerin toplumsal beklentilere uygun yanıt verme eğilimi araştırmanın sınırlılıkları arasında yer almaktadır.

KAVRAMSAL ÇERÇEVE ve LİTERATÜR

Terör Kavramına İlişkin Tanımlamalar

Terör, geçmişten günümüze bireyleri, toplumları, ulusları ve uluslarüstü yapıları tehdit eden bir unsur olmuştur. Terörün zaman içerisinde geçirdiği değişimler, tehdidin varlığını ortadan kaldırmamış; ancak niteliğinde farklılaşmalara yol açmıştır. Köklü bir geçmişe sahip olan terör teriminin, ilk kullanıldığı dönem ile günümüz arasında anlam ve kapsam bakımından farklılıklar gösterdiği ifade edilmektedir (Kemik, 2021).

3713 sayılı Terörle Mücadele Kanunu'na göre terör, özetle; cebir ve şiddet kullanarak ya da tehdit, baskı, korkutma, yıldırma ve sindirme yöntemleriyle; Anayasa'da belirtilen Cumhuriyetin niteliklerini, siyasi, hukuki, sosyal, laik ve ekonomik düzeni değiştirmek, devletin ülkesi ve milletiyle bölünmez bütünlüğünü bozmak, devlet otoritesini zaafa uğratmak ya da yıkmak, temel hak ve hürriyetleri ortadan kaldırmak, devletin iç ve dış güvenliğini, kamu düzenini veya genel sağlığı bozmak amacıyla, bir örgüte mensup kişi ya da kişiler tarafından gerçekleştirilen suç teşkil eden eylemler olarak tanımlanmaktadır (Resmî Gazete, 1991).

Söz konusu tanıma rağmen, siyasi, ideolojik ve dini farklılıklar terör ve terörizm kavramlarının muğlak biçimde tanımlanmasına yol açmaktadır. Devletler ve uluslararası aktörlerce ulusal çıkarların belirleyici unsur olarak gözetilmesi, tanımlama süreçlerini doğrudan şekillendirmektedir. Çıkar çatışmaları, ortak ve kapsayıcı bir tanımın oluşumunu engellediğinden bugüne kadar çok sayıda farklı terör tanımı ortaya konmuştur (Örgün, 2001, s. 14). Bu nedenle terör ve terörizm kavramlarının evrensel ölçekte ortak bir çerçevede tanımlanması güçleşmekte; farklı aktörlerin çıkar ve bakış açılarıyla şekillenen çok boyutlu

yapı, akademik tartışmaların sürekliliğini beslerken kavramsal netliği önemli ölçüde sınırlandırmaktadır.

Terörün Sosyal Nedenleri

Terör, eylemleri aracılığıyla başta yaşam hakkı olmak üzere temel hak ve özgürlükleri kısıtlamayı hedeflemekte ve doğrudan devlete karşı bir direniş niteliği taşımaktadır. Ayrıca terör olgusu, yalnızca bireysel hakları değil; aynı zamanda ekonomik, sosyal, teknolojik ve kültürel kalkınmayı da olumsuz yönde etkilemektedir. Başka bir ifadeyle terör, toplumların ilerleme dinamiklerini sekteye uğratan çok boyutlu bir tehdit unsuru olarak değerlendirilmektedir (Jandarma Genel Komutanlığı, Asayiş Başkanlığı, t.y.).

Çok boyutlu tehdit niteliği dikkate alındığında terör olgusunun yalnızca ortaya koyduğu sonuçlar üzerinden değerlendirilmesi yeterli olmayıp, olgunun hangi toplumsal koşullar altında ortaya çıktığı ve hangi etkenler tarafından beslendiğinin de bütüncül bir bakış açısıyla ele alınması gerekmektedir. Böyle bir yaklaşım, terörün anlaşılmasında güvenlik odaklı yaklaşımların ötesine geçilmesini zorunlu kılmaktadır.

Toplumun sosyal dokusunda varlığını sürdüren bazı yapısal sorunlar, terörün ortaya çıkması için elverişli bir zemin oluşturmaktadır. **Bu sorunlar** arasında feodal ilişkilerin devam etmesi, eğitim düzeyinin yetersizliği, kan davası geleneğinin sürmesi, din, mezhep ve tarikat temelli ayrışmalar, sosyal statü farklılıkları ile azınlıkların toplum içindeki konumu yer almaktadır. Ayrıca kişisel ve toplumsal hak ve özgürlüklerin çeşitli şekillerde kısıtlanması ile toplumun keskin ideolojik kamplara bölünmesi, terörü besleyen temel sosyal faktörler arasında yer almaktadır. Bu faktörlerin etkileşimi, terör örgütlerinin propaganda ve eleman kazanma süreçleri açısından elverişli bir ortam oluşturmaktadır (Türkiye Barolar Birliği, 2006).

Bu dinamiklerin etkileşimi sonucunda ortaya çıkan elverişli ortam, örgütlerin yalnızca yayılmasını değil, aynı zamanda insan kaynağı üzerinden varlıklarını sürdürmesini de mümkün kılmaktadır.

Nitekim bir terör örgütünün varlığını sürdürebilmesi ve eylem kapasitesine ulaşabilmesi için en kritik unsur insan kaynağıdır. Örgüt düşüncesinden etkilenen ve gönüllü ya da zorunlu olarak hareket eden bireyler, örgütün hareket kabiliyetini doğrudan belirlemektedir. Silah, mühimmat ve mali kaynaklar ne kadar güçlü olursa olsun, yeterli insan gücüne sahip olmayan bir terör örgütünün etkin bir şekilde harekete geçmesi, hedeflerine ulaşması veya varlığını uzun süre sürdürmesi mümkün değildir. Dolayısıyla, terörle mücadelede insan kaynağının zayıflatılması, silahların imhasından daha stratejik bir öneme sahiptir (Emniyet Genel Müdürlüğü, t.y.).

Terör örgütlerinin insan kaynağını hangi yollarla temin ettiği, bireyleri hangi araç ve söylemlerle etkilediği ve sürecin nasıl işlediği soruları, terörün sürdürülebilirliğini anlamada önemli bir analiz alanı olarak öne çıkmaktadır.

Terör örgütleri, bireylerin tek başlarına karşılayamayacakları veya toplumsal düzen içerisinde yeterince tatmin edemedikleri fizyolojik (örneğin barınma, beslenme, güvenlik), psikolojik (örneğin aidiyet, statü, kimlik arayışı) ve sosyal (örneğin dayanışma, adalet duygusu) ihtiyaçları sistematik biçimde istismar etmektedir. Söz konusu ihtiyaçlar, örgütler tarafından propaganda aracına dönüştürülerek sunulan ideal toplum anlayışı üzerinden bireylerin örgüte katılımı teşvik edilmektedir. Bu durum, bireyin savunmasız alanlarının istismarı yoluyla radikalleşme sürecini hızlandırmakta ve örgütsel sürekliliğe katkı sağlamaktadır (Emniyet Genel Müdürlüğü, Terörle Mücadele Daire Başkanlığı, t.y.).

Toplumsal koşulların yol açtığı kırılganlık, özellikle gençlerde aidiyet, kimlik ve sosyal destek gereksinimlerinin yeterince karşılanamamasına neden olarak örgütsel yapıların bireyleri hedef alma ve yönlendirme kapasitesini artırmaktadır. Böyle bir ortamda, gençlerin sosyal ve

psikolojik ihtiyaçlarının karşılanmasına yönelik politikaların önemi daha da belirginleşmektedir.

Söz konusu ihtiyaçların sağlıklı yollarla karşılanabilmesi amacıyla geliştirilecek önleyici politikalar önemli bir gereklilik olarak değerlendirilmektedir. Bu kapsamda, gençlere alternatif ilgi alanlarının sunulması, sosyal katılım olanaklarının artırılması ve destekleyici çevrelerin güçlendirilmesi, terör örgütlerinin istismar alanlarını daraltmada etkili yaklaşımlar arasında yer almaktadır (Emniyet Genel Müdürlüğü, Terörle Mücadele Daire Başkanlığı, t.y.). Ayrıca, gençlerin çok yönlü gelişimini destekleyen bütüncül yaklaşımlar, radikalleşmenin önlenmesinde belirleyici bir rol üstlenmektedir.

Farkındalık Kavramı

Günümüzde bireylerin zihinsel ve duygusal süreçlerini daha sağlıklı yönetebilmeleri açısından farkındalık kavramı önemli bir yer tutmaktadır. Dikkatin yargılamadan şimdiki anda bulunabilmesi olarak tanımlanan bu kavram, zihnin geçmiş ya da geleceğe yönelme eğilimi karşısında odağın "burada ve şimdiye" yeniden yönlendirilmesi becerisini ifade etmektedir (Ögel, t.y.).

Söz konusu yaklaşım, duygusal olarak yüklü deneyimlerin bastırılması ya da kontrol altına alınmaya çalışılması yerine, bireyin yaşantılarına yönelik **içsel deneyimlere ilişkin duyarlılığın artırılmasını** ve deneyimlerin daha işlevsel biçimde düzenlenmesini öngörmektedir (Aktepe ve Tolan, 2020).

Bu zihinsel yaklaşım, yalnızca anı deneyimleme süreciyle sınırlı olmayıp bireyin içsel yaşantılarını ele alış biçimini de kapsamaktadır. Düşünce, duygu ve bedensel duyumların yargılamadan gözlemlenmesi, deneyimlere atfedilen değer yargılarının etkisini azaltmaktadır. Bahsedilen süreç, bilişsel ve duygusal süreçlerle kurulan katı özdeşleşmeyi zayıflatarak daha esnek bir psikolojik yapı gelişimini desteklemektedir. Korku, endişe, üzüntü ve kaygı gibi duyguların bastırılması yerine kabul edilmesi ise söz konusu deneyimlerle daha işlevsel bir ilişki kurulmasını sağlamakta ve bireyin psikolojik dayanıklılığını artırmaktadır (Ögel, t.y.).

Bu bağlamda, farkındalık yaklaşımı, bireyin içsel yaşantılarına yönelik, bilişsel ve duygusal süreçler arasında denge kurmasını destekleyen ve psikolojik uyum kapasitesini güçlendiren bütüncül bir beceri alanı olarak değerlendirilmektedir.

Öte yandan, zihinsel becerinin yalnızca bireysel psikolojik süreçlerle sınırlı kalmadığı, aynı zamanda akademik ve bilişsel beceriler üzerinde de etkili olduğu görülmektedir. Nitekim bazı araştırmalar**, s**öz konusu yaklaşımın öğrencilerin genel öğrenme becerileri, eleştirel düşünme, öz kontrol ve mesleki beceriler gibi çeşitli alanlardaki performanslarını olumlu yönde etkilediğini ortaya koymaktadır (Leland, 2015). Elde edilen bulgular**,** bireyin kendi bilişsel süreçlerinin farkında olmasının öğrenme sürecini daha etkili ve bilinçli bir yapıya dönüştürdüğünü göstermektedir. Bu **beceri**, yalnızca duygusal düzenleme ile sınırlı kalmayıp öğrenme ve düşünme süreçlerinin niteliğini artıran önemli bir kapasite olarak değerlendirilmektedir.

YÖNTEM

Araştırmanın Modeli

Bu araştırmada Gümüşhane ilinde öğrenim görmekte olan ortaokul öğrencilerinin teröre yönelik farkındalıkları incelenmiştir. Araştırma, nicel araştırma yöntemlerinden betimsel tarama deseni ile yürütülmüştür. Betimsel tarama deseni, bireylerin bir olgu veya duruma ilişkin görüş ve tutumlarını müdahale edilmeden mevcut haliyle ortaya koymayı amaçlayan araştırma yaklaşımıdır (Karakaya, 2012).

Bu araştırmanın amacı, ortaokul öğrencilerinin terör farkındalık düzeylerini bilişsel ve tutumsal boyutlarıyla incelemek ve alanyazına katkı sağlamaktır. Alanyazın incelendiğinde, terör konusuna ilişkin çalışmalar bulunmakla birlikte ortaokul düzeyindeki öğrencilere yönelik araştırmaların sınırlı olduğu görülmektedir. Bu nedenle, öğrencilerin terör farkındalık düzeylerinin belirlenmesi önem taşımaktadır.

Böylece, bu araştırmada ortaokul öğrencilerinin terör farkındalık düzeylerinin belirlenmesi amacıyla, öğrencilerin terör kavramına ilişkin bilişsel ve duyuşsal yaklaşımları ele alınmış ve betimsel tarama deseni kapsamında değerlendirilmiştir.

Evren ve Örneklem

Araştırmanın evreni, Millî Eğitim Bakanlığına bağlı tüm ortaokul öğrencilerini kapsamaktadır. Zaman, maliyet, veri eskimesi, izin ve ulaşım sınırlılıkları dikkate alınarak evrenden bir çalışma evreni belirlenmiştir. Bu araştırmanın çalışma evrenini, 2023-2024 eğitim-öğretim yılında Gümüşhane ilinde ortaokullarda öğrenim görmekte olan 5., 6., 7. ve 8. sınıf öğrencileri oluşturmaktadır. Araştırmanın örneklemi belirlenirken amaçsal örnekleme yöntemlerinden tipik durum örneklemesi tercih edilmiş olup, bu kapsamda Gümüşhane ilinde yer alan beş farklı ortaokuldan her sınıf düzeyini temsil edecek şekilde toplam 161 öğrenci örnekleme dâhil edilmiştir.

Veri Toplama Araçları

Bu araştırmada veri toplama aracı olarak araştırmacı tarafından geliştirilen 19 sorudan oluşan "***Ortaokul Öğrencilerinin Terör Farkındalığının Belirlenmesi Soru Formu***" kullanılmıştır. Soru formunun geliştirilme sürecinde öncelikle ilgili alan yazın incelenmiş, terör farkındalığına yönelik benzer çalışmalar ve ölçme araçları değerlendirilmiştir. Elde edilen bilgiler doğrultusunda madde havuzu oluşturulmuş ve hazırlanan taslak form alan uzmanlarının görüşüne sunulmuştur. Uzman görüşleri doğrultusunda gerekli düzeltmeler yapılarak forma son şekli verilmiş ve pilot uygulama yapılmıştır.

Soru formu dört bölümden oluşmaktadır: Katılımcıların demografik bilgileri, terörün tanımı ve nedenlerine ilişkin çoktan seçmeli sorular, teröre destek verme ve tutumlarla ilgili sorular, 5'li Likert tipi değerlendirme soruları ve açık uçlu bir soru yer almaktadır.

Ölçeğin güvenirliğini belirlemek amacıyla yapılan analiz sonucunda Cronbach Alpha iç tutarlılık katsayısı hesaplanmış ve ölçeğin güvenilir (Cr. α= 0,75) olduğu belirlenmiştir. Buna göre anketin genel güvenirlik şartlarını taşıdığı söylenebilir. Geçerlik için uzman görüşü alınmıştır.

Araştırmanın verileri ilgili soru formu kullanılarak toplanmıştır. Veri toplama sürecinde katılımcılara gerekli bilgilendirmeler yapılmış ve gönüllülük esasına dikkat edilmiştir. Elde edilen veriler SPSS programı kullanılarak analiz edilmiştir. Verilerin analizinde frekans ve yüzde dağılımlarından yararlanılmıştır. Açık uçlu soruya verilen cevaplar ise betimsel içerik analizi yöntemi ile değerlendirilmiştir. Nitel araştırmalarda iç güvenirlik kapsamında süreç ayrıntılı biçimde gerekçelendirilmiş ve tutarlılık incelemesi yapılmıştır. Dış güvenirliği sağlamak amacıyla, görüşmeler sırasında veriler toplanırken katılımcılardan zaman zaman teyit alınmış ve geri bildirim (onaylanabilirlik) sağlanmıştır. İç geçerliği artırmak amacıyla, araştırmacı önyargılarını en aza indirmek üzere yarı yapılandırılmış görüşme formu kullanılmıştır. Ayrıca elde edilen verilerin alan yazınındaki bulgularla uyumu incelenmiş ve uzman görüşüne başvurulmuştur. Araştırmada (dış geçerlik) aktarılabilirliği sağlamak amacıyla amaçlı örnekleme yöntemi tercih edilmiş; veriler betimsel içerik analizi ile incelenmiş ve bulgular ayrıntılı olarak betimlenmiştir.

BULGULAR

Araştırmanın alt soruları çerçevesinde, bulgular aşağıda verilmiştir.

1-Ortaokul Öğrencilerinin Terör Kavramına İlişkin Görüşleri Nelerdir?

Araştırmaya katılan 161 öğrencinin %54,7'si (88 öğrenci) kadın, %45,3'ü (73 öğrenci) erkektir. Öğrencilerin sınıf düzeylerine göre dağılımı: %19,4'ü 5. sınıf, %20,6'sı 6. sınıf, %40,6'sı 7. sınıf ve %19,4'ü 8. sınıftır.

Araştırma bulgularına göre öğrencilerin terör kavramına ilişkin algılarında düşmanlık (%80,1), şiddet (%52,2) ve yıkım (%45,5) öne çıkmaktadır. Terörün ortaya çıkmasında en önemli sebep olarak yabancı devletlerin bölücü ve yıkıcı planları (%33,7) görülmektedir.

Terörün çözümünde en uygun yöntem olarak öğrencilerin %77,0'ı terör örgütünün diğer devletlerden aldığı desteğin kesilmesini, %54,0'ı askeri mücadeleyi işaret etmiştir. Terör örgütlerini ayakta tutan unsurlar arasında iç ve dış destek (%80,7) ilk sırada yer almaktadır.

Çevresinde teröre destek verdiğini düşündüğü bir kişiye karşı öğrencilerin %47,5'i yetkili makamlara ihbarda bulunacağını belirtmiştir. Pişman olup örgütten ayrılanlara yönelik tutumlarda ise öğrencilerin %55,3'ü ilişki kurmayacağını ve güven duymayacağını ifade etmiştir.

Terör konusunun ortaokul müfredatında yer alması gerektiğini düşünenlerin oranı %51,5'tir (kesinlikle katılıyorum %30,4 + katılıyorum %21,1). Teröristlere verilen cezaların yeterli olmadığını düşünenlerin oranı ise %81,4'tür (kesinlikle katılıyorum %64,0 + katılıyorum %17,4).

Açık uçlu soruda öğrenciler terör sorununun çözümüne ilişkin askeri mücadele, eğitim ve bilinçlendirme, hukuki ve cezai önlemler gibi çeşitli öneriler sunmuşlardır.

2-Ortaokul Öğrencilerinin Terör Kavramına Yönelik Düşüncelerinin, Sınıf Seviyelerine Göre Dağılımı Nasıldır?

Araştırmaya katılan öğrencilerin sınıf düzeylerine göre dağılımı incelendiğinde, katılımcıların; %19,4'ünün 5. sınıf, %20,6'sının 6. sınıf, %40,6'sının 7. sınıf ve %19,4'ünün 8. sınıf öğrencilerinden oluştuğu görülmektedir. Dağılım incelendiğinde, en yüksek temsil oranının 7. sınıf öğrencilerine ait olduğu, diğer sınıf düzeylerinin ise birbirine yakın oranlarda seyrettiği anlaşılmaktadır. Bu dağılım, bulguların yorumlanmasında 7. sınıf öğrencilerinin görüşlerinin daha belirleyici olabileceğine işaret etmektedir.

Öğrencilerin %51,5'inin terör konusunun okul müfredatında yer alması gerektiğini düşündüğü belirlenmiştir. Bu oran, katılımcıların yarıdan fazlasının söz konusu konunun eğitim programlarına dâhil edilmesini desteklediğini göstermektedir. Bulgular, öğrencilerin toplumsal konuların eğitim sürecinde ele alınmasına yönelik olumlu bir tutum sergilediğine işaret etmektedir. Eğitim programlarının söz konusu içeriklerle zenginleştirilmesi gerekliliği ortaya çıkmaktadır.

Ailelerin terör konusunda yeterli bilince sahip olduğunu düşünen öğrenci oranının %34,2 olduğu tespit edilmiştir. Öğrencilerin yaklaşık üçte biri ailelerini bu konuda bilinçli olarak değerlendirirken, çoğunluk ailelerin yeterli düzeyde bilinçli olmadığı görüşündedir. Bulgular, terör farkındalığının geliştirilmesinde ailelerin sürece daha etkin biçimde dâhil edilmesi gerektiğini ve okul–aile iş birliğinin güçlendirilmesinin önemini göstermektedir.

Sınıf düzeylerine ilişkin bulgular doğrudan karşılaştırmalı yüzdelik veriler içermemekle birlikte, elde edilen genel bulgular çerçevesinde üst sınıf düzeylerinde öğrenim gören öğrencilerin terör kavramına ilişkin farkındalıklarının daha yüksek olduğu anlaşılmaktadır.

Sınıf düzeyi yükseldikçe öğrencilerin terör kavramına ilişkin farkındalıklarının arttığı; 8. sınıf öğrencilerinin 5. sınıf öğrencilerine kıyasla daha bilinçli olduğu görülmüştür.

Bulguların yorumlanması sonucunda, öğrencilerin yaş ve eğitim düzeyi arttıkça terör olgusuna ilişkin daha bilinçli ve çok boyutlu değerlendirmeler yapabildikleri anlaşılmaktadır. Ayrıca üst sınıf öğrencilerinin, terörün nedenleri ve çözüm yollarına ilişkin daha belirgin ve net görüşler ortaya koyduğu; alt sınıf öğrencilerinin ise daha sınırlı ve genel ifadelerle değerlendirme yaptığı gözlemlenmektedir. Bu durum, eğitim sürecinin öğrencilerin bilişsel ve duyuşsal gelişimlerine katkı sağlayarak farkındalık düzeylerini artırdığını göstermektedir.

Cinsiyet değişkeni açısından incelendiğinde, kız öğrencilerin terörü daha çok korku ve panikle ilişkilendirdiği, erkek öğrencilerin ise düşmanlık ve askeri çözüm vurgusu yaptığı dikkat çekmektedir.

Öğrencilerin büyük çoğunluğunun, terör örgütlerinin siyasi faaliyetlerine izin verilmemesi gerektiğini düşündükleri ve terörü destekleyen ya da terör faaliyetlerinden çıkar sağlayan devletlere karşı olumsuz bir tutum sergiledikleri belirlenmiştir.

Elde edilen bulgular birlikte değerlendirildiğinde, ortaokul öğrencilerinin terör kavramına ilişkin belirli bir farkındalık düzeyine sahip oldukları, ancak farkındalığın daha çok duygusal ve toplumsal algılar çerçevesinde şekillendiği görülmektedir. Bununla birlikte eğitim düzeyinin artmasıyla birlikte öğrencilerin konuya ilişkin değerlendirmelerinin daha bilinçli ve sistematik hale geldiği anlaşılmaktadır.

TARTIŞMA ve YORUM

Araştırma, ortaokul öğrencilerinin terör farkındalığını belirlemeye yönelik betimsel bir çalışmadır. Gelecek nesillerin daha mutlu, huzurlu ve güven içinde yaşayabilmelerine olanak sağlamak amacıyla bilinçli ve farkındalık düzeyi gelişmiş bireyler yetiştirmek, eğitimin temel amaçları arasında yer almaktadır. Eğitim sürecinin bireylerin deneyimleriyle bütünleşmesi ve öğrenmenin yaşantı yoluyla gerçekleşmesi önem taşımaktadır (Dewey, 1938). Yaşamın her alanında kazanılması gereken farkındalık bilinci, bireylerin ne yapması ve ne yapmaması gerektiğini bilmesini gerektirmektedir (Ögel, t.y.). Terör olgusuna yönelik farkındalık geliştirilmesi, bireysel ve toplumsal güvenliğin sağlanması açısından önemli bir gereklilik olarak değerlendirilmektedir. Nitekim terör, yalnızca bireysel hakları değil, aynı zamanda toplumsal düzeni ve kalkınmayı da tehdit eden çok boyutlu bir sorun alanıdır (Türkiye Barolar Birliği, 2006).

Kuramsal çerçeve doğrultusunda elde edilen bulguların bütüncül bir bakış açısıyla değerlendirilmesi önem taşımaktadır. Araştırma bulguları bütüncül bir bakış açısıyla incelendiğinde, öğrencilerin terör kavramına yönelik belirli bir farkındalığa sahip oldukları; ancak söz konusu farkındalığın daha çok duyuşsal tepkiler ve toplumsal algılar üzerinden şekillendiği görülmektedir. Terör kavramının öğrenciler tarafından çoğunlukla şiddet, korku ve yıkım ile ilişkilendirilmesi, kavramın bilişsel boyutundan ziyade duygusal boyutunun ön planda olduğunu göstermektedir. Öğrencilerin terörün nedenlerini büyük ölçüde dış faktörlere dayandırmaları ve çözüm önerilerinde güvenlik temelli yaklaşımları öne çıkarmaları, terör olgusunun tek boyutlu bir perspektifle değerlendirildiğini ortaya koymaktadır. Ortaya çıkan tablo, öğrencilerin çok boyutlu düşünme becerilerinin geliştirilmesi gerektiğine işaret etmektedir. Literatürde terörün ortaya çıkışında sosyal, ekonomik ve psikolojik birçok faktörün etkili olduğu belirtilmektedir (Emniyet Genel Müdürlüğü, t.y.).

Araştırmada sınıf düzeyi arttıkça öğrencilerin terör kavramına ilişkin farkındalıklarının da arttığı belirlenmiştir. Özellikle üst sınıf öğrencilerinin daha bilinçli ve çok yönlü değerlendirmeler yapabilmesi, eğitimin bireylerin düşünme ve anlamlandırma süreçleri üzerindeki dönüştürücü etkisini ortaya koymaktadır. Elde edilen bulgu, öğrenmenin yaşantı

temelli olarak ilerlediğini göstermektedir. Nitekim öğrenmenin deneyim yoluyla gerçekleştiğini savunan eğitim anlayışı söz konusu sonucu desteklemektedir (Dewey, 1938). Öğrencilerin terör konusunun müfredatta yer alması gerektiğine yönelik görüşleri de bu yaklaşımı desteklemekte ve ilgili alanda ders içeriklerinin geliştirilmesi gerekliliğini ortaya koymaktadır.

Cinsiyet değişkenine göre elde edilen bulgular, öğrencilerin terör algılarında duygusal ve bilişsel farklılıklar olduğunu göstermektedir. Bu farklılık, bireylerin olayları algılama ve anlamlandırma süreçlerinin yalnızca bilişsel değil, aynı zamanda duygusal ve sosyal gelişim süreçleriyle de ilişkili olduğunu ortaya koymaktadır.

Algıdaki bu farklılaşmanın temelinde medya, aile ve sosyal çevre belirleyici bir rol oynamaktadır. Nitekim öğrencilerin terör algısının oluşumunda medya, aile ve sosyal çevrenin etkisi, bireylerin güvenilir ve doğru bilgi kaynaklarına yönlendirilmesi gerekliliğini gündeme getirmektedir. Öğrencilerin ailelerinin ilgili konudaki bilinç düzeyini yetersiz değerlendirmeleri, aile eğitimlerinin önemini ön plana çıkarmaktadır. Günümüzde dijital ortamların yaygınlaşması, çocuk ve gençlerin denetimsiz bilgi kaynaklarına daha kolay erişmesine neden olmakta ve terör algısının şekillenmesinde etkili olmaktadır. Bu gelişmeler doğrultusunda, öğrencilerin eleştirel düşünme becerilerinin geliştirilmesi ve toplumsal olguları çok boyutlu bir bakış açısıyla değerlendirebilmeleri büyük önem taşımaktadır. Ortaya çıkan tablo, bireyin öğrenme sürecinde deneyim yoluyla aktif rol üstlenmesi gerektiğini vurgulayan Dewey'in (1938) eğitim anlayışıyla uyumludur.

Terör farkındalığı, belirli bir olguya ilişkin bilgi düzeyini içermekle birlikte genel bir yaşam becerisi niteliği taşımaktadır. Farkındalık kavramı, bireyin günlük yaşamda karşılaştığı sosyal ve bireysel durumları değerlendirme biçimini doğrudan şekillendiren bütüncül bir yapı olarak ele alınmaktadır. Öğrencilerin farklı ve kontrolsüz bilgi kaynaklarına maruz kalması, farkındalık düzeyinin doğru bilgiye ulaşma, bilgiyi sorgulama ve eleştirel biçimde değerlendirme becerileriyle güçlü bir ilişki içinde olduğunu göstermektedir.

SONUÇLAR

1. Araştırmaya katılan öğrencilerin çoğunluğunun, terör ve şiddet konularında bilinçlenmeyi sağlamak üzere bu içeriklerin müfredata eklenmesi yönünde görüş bildirdiği tespit edilmiştir.

2. Öğrencilerin, ailelerinin terör konusunda yeterli bilince sahip olmadıklarına yönelik algıları dikkate alınarak aileyi de kapsayan bütüncül eğitim yaklaşımları geliştirilmelidir. Bu doğrultuda ailelere yönelik bilinçlendirme ve eğitim çalışmaları artırılmalıdır.

3. Öğrencilerin terör kavramına ilişkin belirli bir farkındalığa sahip oldukları; ancak farkındalığın daha çok duygusal temelli ve yüzeysel düzeyde kaldığı belirlenmiştir. Ayrıca terörün çözümüne yönelik geliştirilen önerilerde öğrenciler arasında ortak bir görüş birliğinin oluşmadığı tespit edilmiştir.

4. Terörle mücadeleye yönelik çözüm önerilerinin ağırlıklı olarak güvenlik odaklı yaklaşımlar çerçevesinde şekillendiği belirlenmiştir. Bununla birlikte terörle mücadelede yöntem ve stratejilere ilişkin öğrenci algılarının çeşitlilik gösterdiği görülmüştür.

5. Öğrencilerin teröre yönelik destek olgusuna ilişkin farkındalığa sahip oldukları; terör eylemlerine karışmış bireylere karşı genel olarak olumsuz bir tutum sergiledikleri belirlenmiştir. Öğrencilerin büyük çoğunluğunun terör örgütlerinin siyasi faaliyetlerine izin verilmemesi gerektiğini düşündüğü ve devletlerin terörü desteklemesine karşı çıktığı tespit edilmiştir.

6. Terör olgusuna yönelik algıların, öğrencilerin bilgi kaynakları ve sosyal çevreleri tarafından önemli ölçüde şekillendirildiği ortaya konulmuştur.

7. Eğitim düzeyindeki artışın öğrencilerin farkındalık düzeyleri üzerinde olumlu etkiye sahip olduğu; ancak etkinin kalıcılığının sağlanması ve derinleştirilmesi için daha planlı, yapılandırılmış ve sürdürülebilir içeriklerle desteklenmesi gerektiği sonucuna ulaşılmıştır.

8. Genel olarak öğrencilerin terör kavramına yönelik farkındalıklarının geliştirilmesi, eğitim süreçlerinin daha planlı, bilinçli ve çok boyutlu bir yaklaşımla ele alınmasını zorunlu kılmaktadır.

9. Farkındalık becerisinin yalnızca terör olgusuna özgü olmayıp genel olarak toplumsal ve bireysel olumsuzluklara karşı geliştirilebilecek bir yaşam becerisi olduğu görülmektedir.

10. Farkında olmanın önemi, bireyin yalnızca bir durumu tanımasında değil; aynı zamanda durumu analiz edebilmesi ve buna uygun davranış geliştirebilmesinde ortaya çıkmaktadır. Bu yönüyle farkındalık, bireyin olumsuz durumlardan uzaklaşarak olumlu davranışlara yönelmesinde temel bir beceri olarak değerlendirilmektedir.

ÖNERİLER

1. Alan yazında öğrencilerin terör farkındalığına yönelik çalışmaların sınırlı olduğu görülmektedir. Bu sınırlılık dikkate alınarak, farklı örneklem grupları ve değişkenlerle nicel ve nitel araştırma yöntemlerinin birlikte kullanıldığı karma yöntemli yeni çalışmaların yapılması önerilmektedir.
2. Sanal iletişimin yaygınlığı ve öğrencilerin bilgi kaynaklarından etkilenme düzeylerinin yüksek olduğu bulgusu dikkate alınarak, çocukların ve gençlerin zararlı dijital içeriklerden korunmasına yönelik bilinçlendirme ve rehberlik çalışmaları artırılmalıdır.
3. Öğrencilerin terör kavramını çoğunlukla duygusal ve yüzeysel biçimde değerlendirdikleri bulgusundan hareketle, terör algısı, terörü besleyen unsurlar ve farkındalık konularında öğretim süreçleri daha sistemli ve derinlemesine yapılandırılmalıdır.
4. Öğrencilerin terör ve benzeri toplumsal konuları tek boyutlu değerlendirdikleri bulgusu doğrultusunda, analiz, sentez ve değerlendirme gibi üst düzey düşünme becerilerini geliştiren öğretim uygulamalarına ağırlık verilmelidir.
5. Terörle mücadeleye yönelik çözüm önerilerinin ağırlıklı olarak güvenlik temelli olduğu bulgusuna dayanarak, öğretim süreçlerinde sosyal, kültürel ve psikolojik boyutları kapsayan bütüncül bir yaklaşım benimsenmelidir.
6. Öğrencilerin medya ve sosyal içeriklerden etkilenme düzeylerinin yüksek olduğu bulgusu doğrultusunda, eleştirel medya ve dijital okuryazarlık becerileri güçlendirilmelidir.
7. Öğrencilerin ailelerinin bilinç düzeyini yetersiz değerlendirdikleri bulgusuna dayanarak, okul-aile iş birliğini güçlendiren eğitim programları geliştirilmeli ve ailelere yönelik bilinçlendirme çalışmaları yaygınlaştırılmalıdır.
8. Öğrencilerin farklı bakış açıları geliştirmekte zorlandıkları bulgusu dikkate alınarak, sınıf içi uygulamalarda tartışma, vaka analizi ve senaryo temelli öğrenme yöntemlerine yer verilmelidir.
9. Terör konusunun öğretim programlarında daha sistemli ve gelişim düzeyine uygun biçimde ele alınması sağlanmalı; öğrencilerin toplumsal olayları analiz etme ve değerlendirme becerilerini geliştirecek şekilde yeniden yapılandırılmalıdır.
10. Öğrencilerin terör algılarının duygusal temelli olduğu bulgusu doğrultusunda, öğretim süreçlerinde çok boyutlu bakış açısını geliştirmeye yönelik yapılandırılmış etkinliklere yer verilmelidir.

11. Eğitim düzeyinin artmasının farkındalık üzerindeki olumlu etkisi dikkate alınarak, terör farkındalığına yönelik kazanımlar sınıf düzeylerine göre kademeli olarak yapılandırılmalı ve sürekliliği sağlanmalıdır.

KAYNAKÇA

ABA Psikoloji. (t.y.). *Farkındalık ve farkındalığın beş önemli basamağı*. https://abapsikoloji.com/farkindalik-ve-farkindaligin-bes-onemli-basamagi/

Aktepe, İ., & Tolan, Ö. (2020). Bilinçli farkındalık: Güncel bir gözden geçirme. *Psikiyatride Güncel Yaklaşımlar, 12*(4), 534–561.

Dewey, J. (1963). *Experience and education*. Collier Books. (Orijinal eser 1938'de yayımlanmıştır)

Emniyet Genel Müdürlüğü Terörle Mücadele Daire Başkanlığı. (t.y.). *Bilgilendirme ve önleme faaliyetleri*. https://www.egm.gov.tr/tem/bof

Jandarma Genel Komutanlığı Asayiş Başkanlığı. (t.y.). *Terörle mücadele daire başkanlığı*. https://www.jandarma.gov.tr/asayis/terorle-mucadele-daire-baskanligi

Karakaya, İ. (2012). Bilimsel araştırma yöntemleri. A. Tanrıöğen (Ed.), *Bilimsel araştırma yöntemleri* içinde. Anı Yayıncılık.

Kemik, G. (2021). Terörü tartışmak: Tanım sorunu, genel özellikleri ve uluslararası hukuk açısından analiz. *Artuklu Kaime Uluslararası İktisadi ve İdari Araştırmalar Dergisi, 4*(2), 165–187.

Leland, M. (2015). Mindfulness and student success. *Journal of Adult Education, 44*(1), 19–24.

Ögel, K. (t.y.). *Herkes için farkındalık: Kabullenme ve farkındalık nedir?* https://ogelk.net/makale/62-herkes-icin-farkindalik-kabullenme-farkindalik-nedir.html

Örgün, F. (2001). *Küresel terör*. Okumuş Adam Yayıncılık.

Resmî Gazete. (1991, 12 Nisan). *3713 sayılı Terörle Mücadele Kanunu* (Sayı: 20843).

Türkiye Barolar Birliği. (2006). *Türkiye ve terörizm raporu* (Yayın No: 107). Türkiye Barolar Birliği Yayınlar

WHEN NEUROGENIC BLADDER MEETS STONE DISEASE: A RARE CASE OF GIANT BLADDER STONE WITH VESICOVAGINAL FISTULA

Ahmet Anıl ACET

Ordu University, Faculty of Medicine, Department of Urology, Ordu, Turkey

ORCID ID: https://orcid.org/0000-0002-7157-156X

Ahmet YÜCE

Ordu University, Faculty of Medicine, Department of Urology, Ordu, Turkey

ORCID ID: https://orcid.org/0000-0003-2931-3927

ÖZET

Amaç: Nörojenik mesane hastalarında mesane taşı oluşumu, üst üriner sistem hasarı, tekrarlayan enfeksiyonlar ve fistül gelişimi gibi çok katmanlı komplikasyonlar bir arada görülebilir. Özellikle augmentasyon sistoplastisi ve Mitrofanoff benzeri kateterize edilebilir kanalların eşlik ettiği olgularda, taş hastalığı yalnızca mekanik bir sorun olmayıp uzun dönemli rekonstrüktif cerrahinin doğal seyrini de etkileyen karmaşık bir durumdur. Bu çalışmanın amacı, spina bifida ve parapleji öyküsü bulunan, augmentasyon sistoplastisi ile Mitrofanoff prosedürü uygulanmış genç bir kadın hastada dev mesane taşı ile vezikovajinal fistül birlikteliğini sunmak ve bu nadir tablonun klinik önemini tartışmaktır.

Yöntem: 23 yaşındaki kadın hastanın başvuru yakınmaları, radyolojik görüntülemeleri ve endoskopik değerlendirme bulguları ayrıntılı olarak gözden geçirilmiştir. Hastada anormal idrar kaçağı, kateterizasyonda güçlük, belirgin anatomik distorsiyon ve komplike alt üriner sistem öyküsü mevcuttu. İntravenöz pyelografi, sistografi ve fleksibl sistoskopi bulguları birlikte değerlendirilmiştir.

Bulgular: Görüntüleme yöntemlerinde sağ böbrekte belirgin hidronefroz, sağ tarafta gecikmiş kontrast atılımı ve yaklaşık 4-6 cm boyutlarında mesane taşı ile uyumlu opasite saptanmıştır. Fleksibl sistoskopide Mitrofanoff kanalı üzerinden mesane içine girilmiş, ödemli mukozaya eşlik eden büyük intravezikal taş izlenmiştir. Kontrast madde kaçağı ve vajene sıvı geçişi nedeniyle vezikovajinal fistül düşünülmüş; sistografi ile bu bulgu doğrulanmıştır.

Sonuç: Nörojenik mesane, augmentasyon cerrahisi, taş hastalığı ve fistül gelişiminin aynı hastada bir araya gelmesi nadir ancak yönetimi güç bir klinik tablodur. Bu olgu, atipik idrar kaçağı ve kateterizasyon güçlüğü olan rekonstrüktif üroloji hastalarında ayrıntılı incelemenin zorunlu olduğunu, tedavinin ise üst üriner sistem korunmasını, enfeksiyon kontrolünü ve rekonstrüktif planlamayı içeren multidisipliner bir yaklaşımla ele alınması gerektiğini göstermektedir.

Anahtar Kelimeler: Nörojenik Mesane, Vezikovajinal Fistül, Mesane Taşı, Spina Bifida, Augmentasyon Sistoplastisi

ABSTRACT

Introduction: Patients with neurogenic bladder are at increased risk for complex urological complications, including stone formation, upper urinary tract deterioration, recurrent infection,

and fistula development. These risks become more pronounced in the setting of augmentation cystoplasty and continent catheterizable channels. We aimed to present a rare case of giant bladder stone associated with vesicovaginal fistula in a young woman with complex reconstructive history.

Materials and Methods: A 23-year-old woman with spina bifida, paraplegia, neurogenic bladder, and prior augmentation cystoplasty with Mitrofanoff procedure was evaluated retrospectively on the basis of her symptoms, imaging studies, and endoscopic findings. Abnormal urinary leakage, difficulty in catheterization, and anatomical distortion were the leading clinical concerns. Intravenous pyelography, cystography, and flexible cystoscopy findings were reviewed together.

Results: Imaging revealed severe right hydronephrosis, delayed right-sided contrast excretion, and a large radiopaque lesion in the bladder measuring approximately 4-6 cm. Flexible cystoscopy performed through the Mitrofanoff channel demonstrated edematous bladder mucosa and a large intravesical calculus. Contrast leakage and fluid passage to the vagina suggested vesicovaginal fistula, which was subsequently confirmed by cystography.

Conclusion: The coexistence of a giant bladder stone and vesicovaginal fistula in a patient with neurogenic bladder and previous reconstructive surgery is rare and clinically challenging. Thorough evaluation is mandatory in patients presenting with atypical urinary leakage and catheterization difficulty. Management should prioritize infection control, protection of the upper urinary tract, and individualized reconstructive planning.

Keywords: Neurogenic Bladder, Vesicovaginal Fistula, Bladder Stone, Spina Bifida, Augmentation Cystoplasty

GİRİŞ

Nörojenik alt üriner sistem disfonksiyonu, özellikle spina bifida ve diğer spinal disrafizm olgularında, yalnızca işeme işlevini bozan bir tablo değildir; aynı zamanda üst üriner sistem bütünlüğünü, kontinansı, enfeksiyon yükünü ve yaşam kalitesini doğrudan etkileyen kronik bir hastalık alanıdır (Çetinel et al., 2016; Stein et al., 2020). Bu hastalarda temel amaç düşük basınçlı ve güvenli bir depolama rezervuarı oluşturarak böbrek fonksiyonlarını korumaktır. Antikolinerjik tedavi, temiz aralıklı kateterizasyon ve gerektiğinde botulinum toksin uygulamaları bu hedefe hizmet eder; ancak konservatif yaklaşımların yetersiz kaldığı seçilmiş olgularda augmentasyon sistoplastisi ve kateterize edilebilir kontinan kanallar gündeme gelir (Çetinel et al., 2016; Stein et al., 2020; Cheng & Myers, 2020).

Augmentasyon sistoplastisi, özellikle düşük kapasiteli ve düşük kompliyanslı mesanelerde, işlevsel rezervuarı artırarak basınç yükünü azaltabilen etkili bir rekonstrüktif seçenektir. Bununla birlikte bu cerrahi yaklaşım, uzun dönem taş oluşumu, mukus birikimi, bakteri kolonizasyonu, metabolik sorunlar, perforasyon ve nadiren malignite gibi komplikasyonları da beraberinde getirebilir (Çetinel et al., 2016; Cheng & Myers, 2020; Fan et al. 2023). Mitrofanoff prosedürü gibi kateterize edilebilir stomalar hastaya bağımsız kateterizasyon olanağı sağlasa da kanal darlığı, teknik kateterizasyon güçlüğü ve mesane içindeki stazın artması gibi nedenlerle sekonder problemlere zemin hazırlayabilir.

Mesane taşları rekonstrüktif cerrahi sonrası gelişen en önemli geç komplikasyonlardan biridir. Nörojenik mesanede tam boşaltımın sağlanamaması, kronik enfeksiyon, yabancı cisim materyali, mukus üretimi ve düzenli irrigasyonun yapılamaması taşı kolaylaştıran başlıca etkenlerdir (Çetinel et al., 2016; Fan et al. 2023). Taşın uzun süre saptanmaması yalnızca alt

üriner sistem semptomlarını artırmaz; mesane duvarında bası nekrozu, vajene erozyon ve fistül oluşumu gibi çok daha yıkıcı sonuçlara da yol açabilir (Sonawane et al., 2022).

Vezikovajinal fistül çoğunlukla obstetrik yaralanmalar, pelvik cerrahi, radyoterapi veya ileri enfeksiyon süreçleri ile ilişkilendirilse de, nörojenik mesane ve dev mesane taşı zemininde görülmesi oldukça nadirdir. Bu nedenle böyle olgularda tanı genellikle semptomların atipikliği nedeniyle gecikebilir. Bu çalışmada, dev mesane taşı ve vezikovajinal fistül birlikteliğinin genç yaşta, rekonstrüktif cerrahi öyküsü olan bir hastada nasıl tanısal ve terapötik güçlükler oluşturduğunu ayrıntılı biçimde tartışmak amaçlanmıştır.

Olgu Sunumu

Olgu 23 yaşında, kadın cinsiyette, spina bifida ve parapleji öyküsü bulunan bir hastadır. Hastanın çocukluk döneminde nörojenik mesaneye bağlı depolama ve boşaltım bozukluğu nedeniyle augmentasyon sistoplastisi ve Mitrofanoff prosedürü uygulanmıştır. İzlem sürecinde kontinan kateterizasyon gereksinimi devam etmiş, ancak başvuru döneminde hem kateter geçişinde güçlük hem de olağandışı idrar kaçağı ön plana çıkmıştır. Özellikle vajinal yoldan sıvı gelmesi ile karakterize yakınmalar, sıradan stoma disfonksiyonunun ötesinde ek bir patolojiyi düşündürmüştür (Tablo 1).

Nörojenik mesanede semptomların güvenilirliği sınırlı olabilir. Hastalar ağrı ya da doluluk hissini normal popülasyona göre daha az tarifleyebilir; bu nedenle klinisyen için öyküdeki küçük değişiklikler büyük önem taşır. Bu olguda da esas alarm bulguları, kateterizasyon paternindeki bozulma, yeni gelişen kaçak ve üst üriner sistemde etkilenmeyi düşündüren radyolojik işaretler olmuştur. Hastanın daha önce rekonstrüktif cerrahi geçirmiş olması, normal anatomik ilişkilerin bozulmuş olabileceğini ve değerlendirme stratejisinin buna göre planlanması gerektiğini göstermektedir.

Tablo 1. Olgunun klinik ve radyolojik özellikleri

Değişken	Bulgular
Yaş / cinsiyet	23 yaş / kadın
Temel nörolojik durum	Spina bifida, parapleji, nörojenik mesane
Önceki cerrahi	Augmentasyon sistoplastisi ve Mitrofanoff prosedürü
Başvuru yakınmaları	Anormal idrar kaçağı, kateterizasyonda güçlük
IVP bulguları	Belirgin skolyoz, sağ hidronefroz, sağda gecikmiş kontrast atılımı, 4-6 cm radyoopak mesane taşı
Endoskopi bulguları	Mitrofanoff kanalından girilerek ödemli mukoza ve büyük intravezikal taş izlendi
Fistül değerlendirmesi	Kontrast kaçağı ve vajene sıvı geçişi; sistografi ile vezikovajinal fistül doğrulandı
Klinik yorum	Anatomik distorsiyon ve rekonstrüktif öykü tanı ve tedaviyi güçleştirmektedir

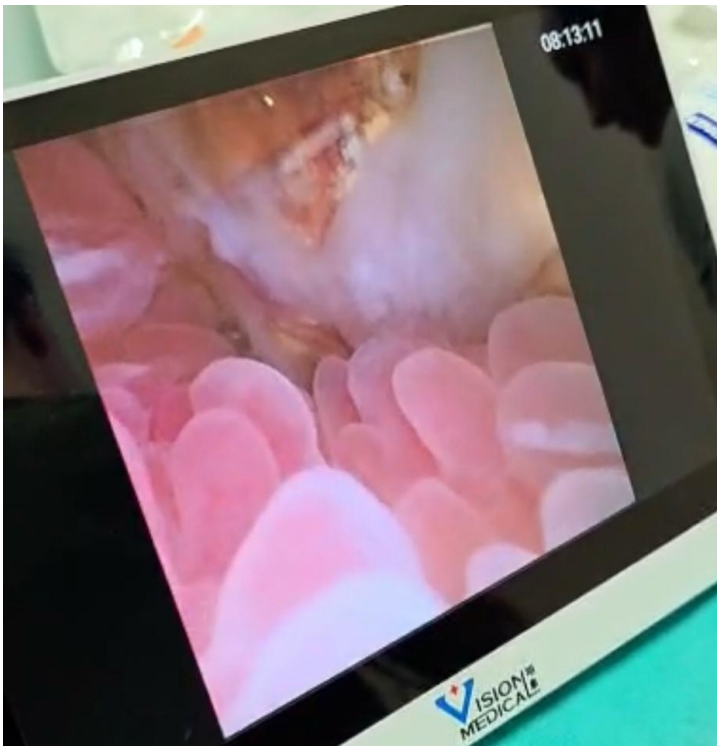
Tanısal Değerlendirme

İntravenöz pyelografide belirgin skolyoz, sağ böbrekte ileri derecede hidronefroz ve sağ tarafta gecikmiş kontrast atılımı izlenmiştir. Ayrıca mesane lokalizasyonunda yaklaşık 4-6 cm boyutlarında radyoopak görünüm büyük bir taş ile uyumlu bulunmuştur. Kontrast kaçağına ilişkin bulgular fistül olasılığını güçlendirmiştir. Üst üriner sistemdeki etkilenme, taşın yalnızca mesane içinde yer kaplayan bir oluşum olmadığını; aynı zamanda boşaltım dinamiğini bozarak böbrek düzeyinde fonksiyonel baskı oluşturduğunu düşündürmektedir (Şekil 1).



Şekil 1. İntraveöz piyelografi, ağır skolyoz, sağ tarafta gecikmiş kontrast salınımı ve mesane taşı ile uyumlu büyük bir radyopak lezyonu göstermektedir. Kontrast sızıntısı vezikovajinal fistülün varlığını gösterir.

Fleksible sistoskopi Mitrofanoff kanalı üzerinden kılavuz tel yardımıyla gerçekleştirilmiştir. Endoskopik incelemede mesane mukozasının ödemli olduğu, lümenin önemli bölümünü dolduran büyük intravezikal taşın mevcut olduğu görülmüştür. Bu aşamada taşın hacmi kadar, çevre dokularda yarattığı inflamasyon ve erişim zorluğu da dikkat çekmiştir. Rekonstrüktif mesane cerrahisi geçiren hastalarda endoskopik yaklaşım, anatomik yönelim farklılıkları nedeniyle deneyim gerektiren bir basamaktır.



Şekil 2. Mitrofanoff kanalı üzerinden büyük bir intravezikal kalkülüsün endoskopik görseli. Flexible sistoskopi, rehber tel yardımıyla kateterlenebilir stoma aracılığıyla gerçekleştirildi. Mesane mukozası ödemli görünüyor ve büyük taş, mesane lümeninin önemli bir bölümünü kaplıyor (Şekil 2).

Kontrast madde geçişi ve vajene sıvı akımı nedeniyle sistografi yapılmış, sonuçta vezikovajinal fistül doğrulanmıştır. Fistülün varlığı, hastanın idrar kaçırma yakınmasını açıklamakla kalmamış; aynı zamanda taşın uzun süreli bası etkisi, kronik inflamasyon ve muhtemel enfeksiyonun birlikte rol oynadığı yıkıcı bir patofizyolojiye işaret etmiştir. Bu nedenle değerlendirme yalnızca taşın boyutunu saptamaya değil, mesane-vajen bütünlüğünün bozulma derecesini anlamaya da odaklanmıştır.

Tartışma

Nörojenik mesane hastalarında augmentasyon sonrası taş insidansı literatürde değişken oranlarda bildirilmekle birlikte, özellikle yetersiz irrigasyon, mukus birikimi, bakteriyel kolonizasyon ve kateterizasyon sorunları belirgin risk faktörleri olarak öne çıkmaktadır (Çetinel et al., 2016; Cheng & Myers, 2020; Fan et al. 2023). Bu nedenle rekonstrüktif cerrahi geçiren hastalarda taş oluşumu çoğu zaman tek bir nedene bağlanamaz; aksine uzun dönem izlem eksiklikleri ile davranışsal ve teknik faktörlerin birikimli sonucudur. Bizim olgumuzda da Mitrofanoff kanalından kateterizasyonda güçlük yaşanması, tam boşaltılamayan rezervuar ve intravezikal stazı destekleyen önemli bir bulgu olarak yorumlanmıştır.

Mesane taşının vezikovajinal fistüle yol açması son derece seyrek bildirilen bir durumdur. Sonawane ve ark.'nın tanımladığı olguda olduğu gibi, büyük taşların bası nekrozu yaparak duvar bütünlüğünü bozması ve vajene migrasyon/fistül gelişimi teorik olmaktan öte klinik bir gerçeklik taşımaktadır.[5] Ancak nörojenik mesane ve önceki augmentasyon cerrahisi bu süreci daha da karmaşık hale getirir. Çünkü fistül yalnızca bir perforasyon alanı değildir; aynı zamanda

yeniden rekonstrüksiyon planlanırken doku kalitesi, inflamasyon derecesi ve rezervuarın fonksiyonu hakkında kritik bilgiler sunar.

Bu tip olgularda yönetimin ilk basamağı enfeksiyon riskinin değerlendirilmesi ve üst üriner sistemin korunmasıdır. Hidronefroz varlığı, mesane çıkış dinamiği ve rezervuar fonksiyonunun ayrı ayrı ele alınmasını gerektirir. Bir diğer önemli konu, rekonstrüktif cerrahi kararının akut inflamatuvar sürecin hemen içinde değil, doku koşullarının optimize edildiği daha kontrollü bir zeminde planlanmasıdır. Gerekirse geçici drenaj, enfeksiyon tedavisi, taş yükünün azaltılması ve kanal fonksiyonunun yeniden değerlendirilmesi aşamalı bir yaklaşımın parçası olmalıdır.

Olgunun klinik önemi birkaç noktada toplanabilir. Birincisi, genç yaş ve önceki rekonstrüktif cerrahi öyküsü tanısal körlük oluşturmamalıdır; bu hasta grubunda yeni idrar kaçağı her zaman fistül, perforasyon veya rezervuar taşı lehine yorumlanmalıdır. İkincisi, kateterizasyon güçlüğü basit bir stoma problemi gibi görünse de intravezikal taş, kanal angülasyonu ya da rezervuar deformitesi ile ilişkili olabilir. Üçüncüsü, radyolojik ve endoskopik yöntemler birbirini tamamlayıcı biçimde kullanılmadığında tanı eksik kalabilir.

Bu olgu aynı zamanda uzun dönem takibin önemini de vurgulamaktadır. Nörojenik mesane hastalarında rekonstrüktif cerrahi başarılı bir dönüm noktası olsa da takip ihtiyacını ortadan kaldırmaz; aksine yaşam boyu izlem gerektiren yeni bir fizyolojik denge oluşturur. Düzenli görüntüleme, taş taraması, stoma işlevinin sorgulanması, irrigasyon eğitimi ve üst üriner sistemin periyodik kontrolü komplikasyonları erken yakalamada belirleyicidir (Stein et al., 2020; Fan et al. 2023).

Çalışmanın sınırlılığı tek olguya dayanmasıdır. Bununla birlikte nadir görülen komplikasyon kümelerinin bildirilmesi, özellikle karmaşık rekonstrüktif üroloji pratiğinde klinik farkındalığı artırır. Dev mesane taşı ile vezikovajinal fistül birlikteliği, nörojenik mesane hastasında olağan dışı bir sızıntı paterninin altta yatan ciddi morfolojik bozulmayı temsil edebileceğini göstermesi bakımından öğreticidir.

Sonuç

Bu olgu, nörojenik mesane ve rekonstrüktif cerrahi öyküsü bulunan hastalarda gelişen idrar kaçaklarının basit kontinans sorunu olarak değerlendirilmemesi gerektiğini açık biçimde göstermektedir. Dev mesane taşı, üst üriner sistem etkilenmesi ve vezikovajinal fistül aynı patolojik zincirin halkaları olarak ele alınmalıdır. Tanıda radyolojik yöntemler ile endoskopik incelemenin birlikte kullanılması, özellikle anatomisi değişmiş hastalarda vazgeçilmezdir.

Klinik uygulamada temel mesaj; yeni başlayan kateterizasyon zorluğu, vajinal yoldan idrar kaçağı ve açıklanamayan hidronefroz varlığında fistül ve taş komplikasyonlarının erken dönemde akla getirilmesidir. Tedavi planı enfeksiyon kontrolü, böbreklerin korunması, taş yükünün yönetimi ve gerektiğinde aşamalı rekonstrüktif onarım ilkeleri üzerine kurulmalıdır. Multidisipliner yaklaşım bu hasta grubunda yalnızca tercih değil, çoğu kez başarı için zorunluluktur.

KAYNAKÇA

1. Çetinel B, Kocjancic E, Demirdağ Ç. Augmentation cystoplasty in neurogenic bladder. Investig Clin Urol. 2016;57(5):316-323. doi:10.4111/icu.2016.57.5.316.

2. Stein R, Bogaert G, Dogan HS, et al. EAU/ESPU guidelines on the management of neurogenic bladder in children and adolescent part II operative management. Neurourol Urodyn. 2020;39(2):498-506. doi:10.1002/nau.24248.

3. Cheng PJ, Myers JB. Augmentation cystoplasty in the patient with neurogenic bladder. World J Urol. 2020;38(12):3035-3046. doi:10.1007/s00345-019-02919-z.

4. Fan YH, Lin ATL, Chen KK. Current surgical treatment for neurogenic lower urinary tract dysfunction in patients with chronic spinal cord injury. Tzu Chi Med J. 2023;35(1):1-9.

5. Sonawane P, Sathish V, Nadeem M. Bladder stone causing vesicovaginal fistula and migration into the vagina. BMJ Case Rep. 2022;15(5):e249463. doi:10.1136/bcr-2022-249463.

6. Johnson EK, Nelson CP. Long-term outcomes of urinary tract reconstruction in patients with neurogenic urinary tract dysfunction. Transl Androl Urol. 2013;2(4):328-337.

SCHEDULING IDENTICAL PARALLEL MACHINES WITH SEQUENCE-DEPENDENT SETUPS UNDER A SHARED SERVER CONSTRAINT

Doç. Dr. Alper HAMZADAYI

Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü

Doktora Öğrencisi Mehmet Ali ARVAS

Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü

ABSTRACT

In many manufacturing environments, setup operations must be performed by a shared resource before job processing can begin. This dependency prevents machines from starting production immediately and creates strong synchronization requirements between machines and the setup resource. When setup times are sequence-dependent, the interaction between job sequencing and server availability significantly increases the complexity of the scheduling problem. Therefore, the objective of this study is to investigate the identical parallel machine scheduling problem under a single common server constraint. The considered problem involves identical parallel machines where each job requires a setup operation prior to processing, and all setups are performed by a single server. Setup times depend on job sequences, which further complicates scheduling decisions. To model the problem, a novel arc-based mixed-integer linear programming formulation is proposed, integrating job sequencing and server decisions within a unified structure. Due to the computational difficulty of large-scale instances, a metaheuristic approach based on the Iterated Greedy framework is developed. The algorithm employs a destruction–reconstruction mechanism combined with a GRASP-based evaluation component to improve both diversification and intensification. Computational experiments on benchmark instances show that the proposed approach provides competitive solution quality compared with existing methods. The algorithm is capable of generating high-quality solutions within reasonable computational times, and in some cases, new best-known solutions are obtained. The results indicate that combining an arc-based formulation with an Iterated Greedy-based metaheuristic provides an effective framework for scheduling problems with common server constraints. The proposed method achieves a good balance between solution quality and computational efficiency, especially for large-scale instances.

Keywords: Parallel machine scheduling, Sequence-dependent setup times, Common server constraint, Iterated Greedy, Metaheuristic optimization.

INTRODUCTION

Contemporary industrial sectors, ranging from semiconductor assembly to flexible production units, regularly face scheduling hurdles where setup activities depend on a mutually shared resource. In these frameworks, the necessity for precise synchronization arises because production units must wait for the central server to finish preparations before starting any task.

When setup times are affected by the order of jobs, the problem becomes more difficult to manage. In this context, the transition duration between tasks varies based on their order, creating a tight link between scheduling choices and actual processing timelines. Research by Allahverdi (2015) underscores that neglecting these sequence-dependent factors can severely undermine system productivity.

Although parallel machine scheduling is a well-studied field, the specific intersection of shared server dependencies and sequence-based setups remains an area with limited exploration. While early academic efforts focused on idealized, sequence-independent versions, recent literature has shifted toward more pragmatic assumptions. Hamzadayi and Yildiz (2017) pioneered mathematical modeling for this server-constrained environment. Subsequent work by Silva et al. (2020) employed time-indexed strategies and Iterated Local Search (ILS), though these methods encountered difficulties when scaled up. Furthermore, the constraint programming techniques and constructive algorithms proposed by Heinz et al. (2022) were primarily effective for smaller to mid-sized scenarios.

Significant gaps remain in existing methodologies; specifically, time-indexed formulations often lead to excessive computational demands, and many heuristic tools fail to harmoniously manage machine-server interactions. To resolve these issues, this research presents a hybrid solution strategy that fuses a concise arc-based mathematical formulation with an advanced Iterated Greedy algorithm enriched by GRASP.

LITERATURE REVIEW

The literature on parallel machine scheduling with setup considerations can be broadly categorized into three groups: (i) studies focusing on sequence-independent setups, (ii) studies incorporating sequence-dependent setups, and (iii) studies addressing shared resource constraints. Early studies primarily focused on sequence-independent setups, where setup times are constant and independent of job order. Although these models are easier to solve, they fail to capture the complexity of real production systems. Sequence-dependent setup times have been widely studied in scheduling literature. Allahverdi (2015) provides a comprehensive survey highlighting their importance. These problems are known to be NP-hard, even for simple machine configurations.

The introduction of shared resources, such as a common server, adds another layer of complexity. In such systems, setup operations must be scheduled alongside job processing, leading to coupled decision-making problems. Hamzadayi and Yildiz (2017) addressed this problem using a MILP formulation and heuristic methods.

Silva et al. (2020) proposed an arc-time-indexed formulation and an ILS algorithm. While their model improved solution quality, it introduced a large number of variables, limiting its scalability. Heinz et al. (2022) proposed a constraint programming approach that performs well for medium-sized instances but may struggle with larger problems.

Recent research has also explored hybrid approaches that combine mathematical models with metaheuristics. These methods aim to balance solution quality and computational efficiency by leveraging the strengths of both approaches.

This study contributes to this line of research by proposing a compact arc-based formulation and integrating it with a GRASP-enhanced Iterated Greedy algorithm.

PROBLEM DESCRIPTION AND FORMULATION

A collection of jobs $J = \{1, 2, ..., N\}$ needs to be scheduled on M identical parallel machines. Each job requires a setup operation, which is performed by a single shared server before processing begins.

The system has the following characteristics:

- Setup durations vary depending on the order in which jobs are processed.
- Only one setup can be carried out at any given time.
- Both setup and processing operations are non-preemptive.
- Every job is ready for processing from the very beginning (time zero).
- The goal is to reduce the total schedule length, i.e., finish all jobs as early as possible.

The model is formulated using a directed network where each job is represented as a node and the connections between them define processing order. To clarify the approach, consider a simple case with two identical machines (M = 2). In this example, jobs {6, 2, 5} are processed on the first machine, while jobs {1, 3, 4} are assigned to the second. Two binary decision variables are defined: $X_{i,j}$ and $Z_{i,j}$. The variable $X_{i,j}$ takes the value 1 if job i is executed directly before job j on the same machine. The variable $Z_{i,j}$ equals 1 if the setup for job i is carried out earlier than that of job j by the shared server. Under this schedule, the final completion times on the two machines are 156 and 214, so the overall completion time (makespan) is 214. The relationship between processing on machines and setup operations can be presented in two different formats. One uses a network diagram to depict ordering and precedence relations (see Figure 1). The other uses a Gantt chart to illustrate machine activity, including idle periods resulting from limited server availability (see Figure 2).

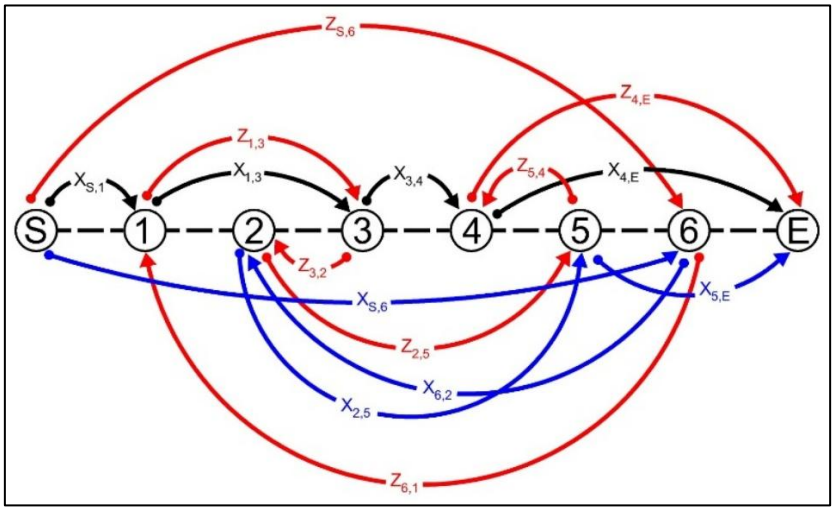


Figure. 1. Arc-based representation of the example schedule.

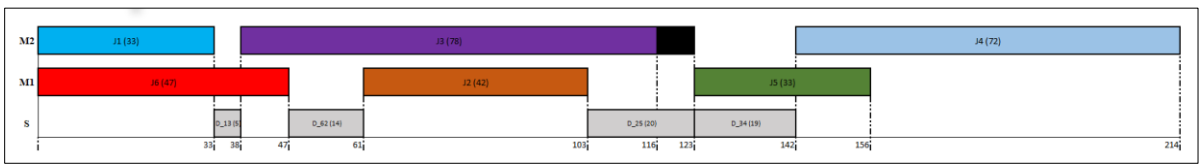


Figure. 2. Corresponding Gantt chart of the example schedule.

PROPOSED HYBRID ITERATED GREEDY ALGORITHM

To efficiently solve medium- and large-scale instances of the problem, a hybrid Iterated Greedy (IG) algorithm is proposed. The IG framework is particularly suitable for combinatorial optimization problems due to its balance between intensification and diversification (Ruiz and

Stützle, 2007). The proposed algorithm extends the classical IG structure by incorporating a GRASP-based evaluation mechanism, which improves solution quality by introducing controlled randomness during job assignment.

A solution is represented as a permutation of jobs, which determines the sequence in which setup operations are performed by the server. For a given job sequence, tasks are allocated to machines based on an evaluation procedure that accounts for both machine availability and the limitations of the shared server. This representation effectively captures the coupling between machine scheduling decisions and server-driven setup operations in a concise and structured way.

The initial solution is generated using a NEH-based heuristic (Nawaz et al., 1983), which is widely recognized for its effectiveness in scheduling problems. The jobs are first sorted in decreasing order of processing times and then iteratively inserted into the sequence in positions that minimize the makespan. To enhance diversification, a randomized tie-breaking mechanism is applied during insertion.

At each iteration, a subset of jobs is removed from the current solution. Let ddd denote the number of removed jobs. These jobs are selected randomly while preserving their relative order. In the reconstruction phase, the removed jobs are reinserted one by one into the partial sequence. For each job, all possible insertion positions are evaluated, and the best position is selected according to the evaluation function. This destruction–reconstruction process allows the algorithm to explore new regions of the solution space while maintaining promising partial structures.

A pairwise swap-based local search is applied after each reconstruction phase. In this procedure, all possible pairs of jobs are exchanged, and the resulting solutions are evaluated. The search follows a first-improvement strategy: once a better solution is found, it is immediately accepted, and the search continues from the updated solution. This approach ensures a good balance between computational efficiency and solution quality.

To enhance the performance of the IG algorithm, a GRASP-based evaluation mechanism is incorporated (Feo and Resende, 1995). Instead of deterministically assigning each job to the machine with the earliest completion time, a Restricted Candidate List (RCL) is constructed.

Let f_{min} and f_{max} represent the smallest and largest completion times across all machines, respectively. A threshold value is defined as: $g = f_{min} + \alpha (f_{max} - f_{min})$, where $\alpha \in [0,1]$ is a parameter controlling the level of randomness. Machines with completion times less than or equal to g are included in the RCL, and one machine is selected randomly from this list. This mechanism introduces controlled diversification and helps the algorithm escape local optima.

The acceptance of new solutions follows a simulated annealing-inspired rule. If the new solution improves the objective value, it is accepted. Otherwise, it is accepted with probability: $P = \exp(-\Delta / T)$, where Δ is the increase in makespan and T is a temperature parameter. This probabilistic acceptance allows the algorithm to explore worse solutions occasionally, preventing premature convergence. The pseudo code of the proposed algorithm is provided in Algorithm 1.

Algorithm 1. Proposed IG-GRASP Framework

```
Initialize solution using NEH heuristic
Evaluate initial solution
best ← current solution
while termination condition not met do
   Remove d jobs randomly (destruction)
   Reinsert jobs using greedy randomized rule (reconstruction)
   Apply local search
      if new solution better than current then
      accept
   else
      accept with probability exp(-Δ/T)
   end if
      Update best solution
end while
return best solution
```

COMPUTATIONAL RESULTS

This section presents the computational results obtained from benchmark instances adapted from previous studies (Silva et al., 2020; Heinz et al., 2022). All algorithms are coded in C++ and tested on a computer with an Intel i7 processor and 16 GB RAM. The proposed IG-GRASP method is evaluated against two reference approaches: Iterated Local Search (ILS) (Silva et al., 2020) and the standard Iterated Greedy (IG) algorithm. All algorithms are executed under identical time limits to ensure a fair comparison. Each instance is solved multiple times, and the best solution is recorded.

Table 1. Comparative results

Instance	ILS	IG	IG-GRASP	Improvement (%)
Ta001	815	815	815	0.00
Ta011	1194	1194	1194	0.00
Ta021	1893	1893	1893	0.00
Ta031	1623	1622	**1620**	0.18
Ta041	1720	1715	**1708**	0.41
Ta051	1850	1842	**1831**	0.59
Ta061	2100	2085	**2070**	0.72

As it can be seen from Table 1 the proposed IG-GRASP algorithm consistently outperforms both ILS and classical IG in terms of solution quality. The improvements are relatively small for small-sized instances, where most algorithms already achieve optimal or near-optimal solutions. However, for medium- and large-scale instances, the performance gap becomes more significant. This behavior can be attributed to the enhanced exploration capability provided by the GRASP-based evaluation mechanism. By introducing controlled randomness, the algorithm avoids premature convergence and explores a wider solution space. Moreover, the arc-based formulation contributes to improved evaluation accuracy by better capturing the interaction between machine sequencing and server operations.

CONCLUSION

This study addressed the identical parallel machine scheduling problem with sequence-dependent setup times under a single common server constraint. To capture the interaction between machine sequencing and server operations, a compact arc-based formulation was

proposed. In addition, a GRASP-enhanced Iterated Greedy algorithm was developed to efficiently solve large-scale instances. The computational results showed that the proposed approach provides competitive performance and improves solution quality compared to existing methods, particularly for medium- and large-sized problems. The integration of a GRASP-based evaluation mechanism enhances diversification and helps the algorithm escape local optima. Overall, the results confirm that combining a compact mathematical representation with an adaptive metaheuristic framework is an effective strategy for solving complex scheduling problems. Future work may focus on extending the proposed approach to more general machine environments and additional practical constraints.

REFERENCES

Allahverdi, A. (2015). The third comprehensive survey on scheduling problems with setup times/costs. *European Journal of Operational Research*, 246(2), 345–378.

Graham, R. L., Lawler, E. L., Lenstra, J. K., & Kan, A. H. G. R. (1979). Optimization and approximation in deterministic sequencing and scheduling: A survey. *Annals of Discrete Mathematics*, 5, 287–326.

Potts, C. N., & Strusevich, V. A. (2009). Fifty years of scheduling: A survey of milestones. *Journal of the Operational Research Society*, 60(1), 41–68.

Hamzadayi, A., & Yildiz, G. (2017). A genetic algorithm for parallel machine scheduling problems with a common server and sequence-dependent setup times. *Computers & Industrial Engineering*, 112, 345–357.

Silva, F., Subramanian, A., & Ochi, L. S. (2020). An iterated local search algorithm for identical parallel machine scheduling with sequence-dependent setup times and a common server. *Computers & Operations Research*, 123, 104998.

Heinz, S., et al. (2022). Constraint programming approaches for parallel machine scheduling with setup constraints. *European Journal of Operational Research*, 299(3), 1020–1035.

Ruiz, R., & Stützle, T. (2007). A simple and effective iterated greedy algorithm for the permutation flowshop scheduling problem. *European Journal of Operational Research*, 177(3), 2033–2049.

Feo, T. A., & Resende, M. G. C. (1995). Greedy randomized adaptive search procedures. *Journal of Global Optimization*, 6(2), 109–133.

CASES OF PURULENT FLUID DETECTED DURING ENDOSCOPIC RENAL STONE SURGERY: A SINGLE-CENTER EXPERIENCE

Ahmet Anıl ACET
Ordu University, Faculty of Medicine, Department of Urology, Ordu, Turkey
ORCID ID: https://orcid.org/0000-0002-7157-156X

Erdal BENLİ
Ordu University, Faculty of Medicine, Department of Urology, Ordu, Turkey
ORCID ID: https://orcid.org/0000-0001-8485-1424

Abdullah ÇIRAKOĞLU
Ordu University, Faculty of Medicine, Department of Urology, Ordu, Turkey
ORCID ID: https://orcid.org/0000-0002-8602-5836

Ahmet YÜCE
Ordu University, Faculty of Medicine, Department of Urology, Ordu, Turkey
ORCID ID: https://orcid.org/0000-0003-2931-3927

Ayhan ARSLAN
Ordu University, Faculty of Medicine, Department of Urology, Ordu, Turkey
ORCID ID: https://orcid.org/0000-0001-9779-4297

ÖZET

Amaç: Böbrek taşı cerrahisinde enfeksiyon, perioperatif morbiditenin en önemli belirleyicilerinden biridir. Preoperatif orta akım idrar kültürü steril olsa bile pelvikalisiyel sistemde gizli enfeksiyon bulunabilir ve bu durum endoskopik girişim sırasında pürülan materyal ile kendini gösterebilir. Bu çalışmada, endoskopik renal taş cerrahisi sırasında pürülan sıvı saptanan olguların klinik özellikleri ve perioperatif sonuçları değerlendirilmiştir.

Yöntem: Retrospektif olgu serisi şeklinde planlanan çalışmada, renal pelvis taşı nedeniyle retrograd intrarenal cerrahi ya da perkütan nefrolitotomi uygulanan ve işlem sırasında pürülan materyal görülen hastalar incelenmiştir. Demografik veriler, eşlik eden hastalıklar, preoperatif kültür sonuçları, taş özellikleri, uygulanan cerrahi teknik ve postoperatif seyir analiz edilmiştir.

Bulgular: Çalışmaya beş hasta dahil edilmiştir. Ortalama yaş 55±14,6 yıl olup hastaların %80'i kadındır. Diabetes mellitus varlığı %80 oranındadır. Tüm hastalarda preoperatif idrar kültürü negatif olmasına rağmen intraoperatif intrarenal kültürlerde üreme saptanmıştır. Taşlar renal pelvis yerleşimli ve 1-4 cm boyutlarındadır. Dört hastaya RİRC, bir hastaya PNL uygulanmıştır. Pelvikalisiyel sistemde pürülan materyal görülmesi üzerine işlem enfeksiyon riski ve operasyon

süresinin uzaması göz önünde bulundurularak sonlandırılmıştır. Hiçbir hastada postoperatif sepsis ya da majör enfeksiyöz komplikasyon gelişmemiştir.

Sonuç: Endoskopik taş cerrahisi sırasında karşılaşılan pürülan idrar, aktif enfeksiyonun en önemli intraoperatif uyarı bulgularından biridir ve cerrahi stratejinin derhal değiştirilmesini gerektirir. Preoperatif steril kültürler bu riski her zaman dışlamaz. İşlemi sınırlamak, kültür almak ve enfeksiyon kontrolünü öncelemek seçilmiş hastalarda güvenli bir yaklaşım olabilir.

Anahtar Kelimeler: Böbrek Taşı, Pürülan İdrar, Retrograd İntrarenal Cerrahi, Perkütan Nefrolitotomi, Üriner Sistem Enfeksiyonu

ABSTRACT

Introduction: Infectious complications remain among the most important determinants of perioperative morbidity in renal stone surgery. Even when preoperative midstream urine culture is sterile, occult infection may still be present in the pelvicalyceal system and may become evident intraoperatively as purulent material. This study evaluated the clinical characteristics and perioperative outcomes of patients in whom purulent fluid was encountered during endoscopic renal stone surgery.

Materials and Methods: In this retrospective case series, patients undergoing retrograde intrarenal surgery or percutaneous nephrolithotomy for renal pelvic stones were reviewed if purulent material was observed intraoperatively. Demographics, comorbidities, preoperative culture results, stone features, surgical technique, and postoperative outcomes were analyzed.

Results: Five patients were included. The mean age was 55±14.6 years and 80% were female. Diabetes mellitus was present in 80% of cases. Although all preoperative urine cultures were negative, intrarenal cultures obtained during surgery were positive. Stones were located in the renal pelvis and ranged from 1 to 4 cm. Four patients underwent RIRS and one underwent PNL. Once purulent material was recognized in the pelvicalyceal system, the procedures were terminated because of infection risk and prolonged operative time. No postoperative sepsis or major infectious complication occurred.

Conclusion: Intraoperative purulent urine is a major warning sign of active infection and requires immediate modification of surgical strategy. Sterile preoperative urine culture does not completely exclude infected collecting systems. Limiting the procedure, obtaining cultures, and prioritizing infection control may represent a safe approach in selected patients.

Keywords: Renal Stone, Purulent Urine, Retrograde Intrarenal Surgery, Percutaneous Nephrolithotomy, Urinary Tract Infection

GİRİŞ

Üriner sistem taş hastalığı ile enfeksiyon arasındaki ilişki çift yönlüdür. Enfeksiyon bazı taş tiplerinin oluşumuna zemin hazırlarken, taşların yarattığı obstrüksiyon ve staz da enfeksiyonun sürmesine neden olur. Özellikle renal pelvis ve kaliks sistemini ilgilendiren taşlarda, endoskopik tedavi başarı oranları yüksek olsa da enfeksiyöz komplikasyonlar hâlâ cerrahın en önemli kaygılarından biridir (EAU, 2025; Berardinelli et al., 2016). Sepsis, sistemik inflamatuvar yanıt ve yoğun bakım gereksinimi gibi ağır sonuçlar nadir olsa da, ortaya çıktığında yaşamı tehdit edebilir.

Güncel kılavuzlar taş cerrahisi öncesinde idrar analizinin ve kültürün değerlendirilmesini, aktif enfeksiyon varlığında uygun antibiyotik tedavisinin tamamlanmasını önermektedir (EAU, 2025). Bununla birlikte orta akım idrar kültürü steril olan bazı hastalarda toplayıcı sistem içinde

gizli enfeksiyon devam edebilir. Bu durum özellikle obstrüksiyon, taş yükü, diyabet, daha önce geçirilmiş enfeksiyonlar ve uzun süren cerrahiler gibi risk faktörleri olan hastalarda önem kazanmaktadır (Berardinelli et al., 2016; Mariappan et al., 2025; Zhang et al., 2020).

Retrograd intrarenal cerrahi (RİRC) ve perkütan nefrolitotomi (PNL), modern endoürolojinin temel taş prosedürleri arasında yer alır. Ancak işlem sırasında intrarenal basınç artışı, enfekte materyalin manipülasyonu ve bakteriyel yükün dolaşıma geçmesi infeksiyöz komplikasyon riskini yükseltebilir. Bu nedenle pürülan sıvının intraoperatif olarak fark edilmesi yalnızca görsel bir bulgu değil, aynı zamanda cerrahi stratejinin anında gözden geçirilmesini gerektiren kritik bir uyarıdır.

Bu çalışmada, merkezimizde endoskopik renal taş cerrahisi sırasında pürülan sıvı saptanan hastalar incelenmiş; preoperatif kültürlerin negatif olmasına rağmen intrarenal enfeksiyonun nasıl ortaya çıkabildiği, bu durumda hangi yaklaşımın benimsendiği ve kısa dönem sonuçların nasıl şekillendiği tartışılmıştır.

Araştırmanın Kapsamı ve Yöntem

Bu çalışma tek merkezli, retrospektif bir olgu serisi olarak planlandı. Renal pelvis taşı nedeniyle RİRC ya da PNL yapılan hastalar arasından, işlem esnasında pelvikalisiyel sistemde pürülan materyal gözlenen olgular seçildi. Amaç nadir görülen bu intraoperatif durumun klinik örüntüsünü tanımlamak ve güvenli yönetim ilkelerini ortaya koymaktı. Değerlendirmede yaş, cinsiyet, diyabet gibi komorbid durumlar, preoperatif orta akım idrar kültürü, taş boyutu ve yerleşimi, uygulanan teknik ile postoperatif enfeksiyöz sonuçlar göz önüne alındı.

Retrospektif tasarımın doğal sınırlılıkları nedeniyle ileri istatistiksel çıkarımdan çok tanımlayıcı değerlendirme hedeflendi. Buna rağmen olgu sayısı sınırlı olsa da, intraoperatif pürülan sıvı ile karşılaşmanın klinik pratiğe yansıması bakımından bu hasta grubu oldukça değerlidir. Çünkü standardize edilmiş algoritmaların çoğu preoperatif değerlendirmeye dayanırken, bu seri cerraha operasyon sırasında karar değiştirme gerekliliğini hatırlatmaktadır.

Bulgular

Çalışmaya alınan beş hastanın ortalama yaşı 55±14,6 yıl olup olguların dördü kadındır. Hastaların büyük çoğunluğunda (%80) diabetes mellitus bulunması dikkat çekicidir. Diyabet, immün yanıtın bozulması, glikozüri ve enfeksiyon yatkınlığı nedeniyle enfeksiyöz taş cerrahisi açısından bilinen bir risk çarpanıdır. Tüm hastalarda preoperatif orta akım idrar kültürü negatif bulunmasına karşın, operasyon sırasında renal pelvis ya da pürülan materyalden alınan örneklerde mikrobiyal üreme saptanmıştır. Bu bulgu, alt üriner sistem örneğinin üst üriner sistemdeki enfeksiyon yükünü her zaman yansıtmayabileceğini göstermektedir.

Taşların tamamı renal pelvis yerleşimli olup boyutları 1 ile 4 cm arasında değişmiştir. Cerrahi yaklaşım dört olguda RİRC, bir olguda PNL şeklindedir. İntraoperatif değerlendirmede pürülan sıvı ile karşılaşılması üzerine, enfeksiyon yayılımı ve operasyon süresinin uzaması riski dikkate alınarak taşsızlık hedefi ikincil plana alınmış ve işlemler sonlandırılmıştır (Şekil 1, Şekil 2). Bu karar, agresif fragmantasyonun sağladığı potansiyel faydadan daha ağır basan bir sepsis riskine dayanıyordu.



Şekil 1: Böbrek pelvisindeki pürülan sıvının intraoperatif endoskopik görünümü

Şekil 2: PNL vakasında aspirasyon yapılan pürülan sıvının intraoperatif görüntüsü

Postoperatif dönemde hiçbir hastada sepsis, septik şok ya da majör enfeksiyöz komplikasyon gelişmemiştir. Bu gözlem, işlem sırasında elde edilen görsel uyarının ciddiye alınması ve enfeksiyon kontrolünün taş tedavisinin önüne geçirilmesinin güvenli bir strateji olabileceğini düşündürmektedir. Klinik olarak bakıldığında, cerrahinin erken sonlandırılması başarısızlık değil; uygun zamanda doğru önceliğin belirlenmesidir.

Literatür Eşliğinde Değerlendirme

Taş cerrahisinde enfeksiyon riskini öngörmede klasik yaklaşım preoperatif idrar kültürüne dayanır; ancak güncel kanıtlar renal pelvis kültürü veya taş kültürünün postoperatif sepsis açısından daha öngörücü olduğunu göstermektedir (EAU, 2025; Dybowski et al., 2021). Mariappan ve ark. taş veya pelvik idrar kültürlerinin, mesane kaynaklı kültürlere kıyasla ürosepsis riskini daha iyi yansıttığını bildirmiştir. Bizim serimizde de tüm preoperatif kültürlerin negatif olmasına rağmen intraoperatif intrarenal kültürlerin pozitif çıkması bu literatürle uyumludur.

RİRC sonrası enfeksiyöz komplikasyonları inceleyen çalışmalar yaşın ileri olması, operasyon süresinin uzaması, büyük taş yükü, pozitif kültür, diyabet ve preoperatif stent varlığı gibi faktörleri risk belirteci olarak tanımlamıştır (Berardinelli et al., 2016; Mariappan et al., 2025; Zhang et al., 2020). Bizim hasta grubumuz küçük olmakla birlikte kadın cinsiyet oranının yüksek olması, ortalama yaşın görece ileri olması ve diyabetin baskın komorbidite olarak öne çıkması dikkat çekmiştir. Bu yönüyle seri, klinisyenin sadece laboratuvar sonucuna değil, hastanın genel risk profilini oluşturan bütün değişkenlere odaklanması gerektiğini göstermektedir.

Pürülan sıvı görüldüğünde nasıl davranılması gerektiği konusu günlük pratikte deneyime dayalıdır. Taşın tamamen temizlenmeye çalışılması intrarenal basıncı artırabilir, bakteriyel yayılımı hızlandırabilir ve uzayan operasyon süresi ile birlikte septik komplikasyon riskini belirgin biçimde yükseltebilir. Buna karşılık drenajın sağlanması, uygun kültür alınması, hedefe yönelik antibiyotik planlanması ve ikinci aşama taş tedavisinin daha güvenli bir zamanda yapılması rasyonel bir yol haritası sunar. Bu yaklaşım, ürolojide hasar azaltıcı strateji anlayışı ile uyumludur.

Bu olguların önemli bir öğretici yönü de steril pyurinin ya da negatif kültürlerin rehavet yaratmaması gerektiğidir. Taşın obstrüksiyon yapması, enfeksiyonun lokalize kalması ve alt üriner sisteme yansımaması nedeniyle üst sistemde sessiz bir pürülan birikim bulunabilir. Bu nedenle özellikle ateş öyküsü, flank ağrısı, diyabet, hidronefroz ya da beklenenden yüksek inflamasyon belirteçleri olan hastalarda şüphe eşiği düşük tutulmalıdır. Endoskopik görüntüde pürülan akıntı fark edildiği anda cerrahi hedef taşsızlık değil hasta güvenliği olmalıdır.

Çalışmanın sınırlılıkları hasta sayısının az olması ve retrospektif tasarımdır. Ancak intraoperatif pürülan sıvı ile karşılaşılan olguların nadirliği göz önüne alındığında, bu tarz küçük seriler dahi klinik karar verme açısından anlamlıdır. İleriye dönük çok merkezli çalışmalar, hangi preoperatif parametrelerin bu bulguyu öngörebileceğini ve hangi hastalarda ikinci aşama tedavinin en uygun zamanlamaya sahip olduğunu netleştirebilir.

Sonuç

Endoskopik renal taş cerrahisi sırasında pürülan sıvı ile karşılaşılması, aktif ve klinik açıdan anlamlı bir enfeksiyon olasılığını güçlü biçimde düşündürür. Bu durumda işlemi sürdürmek yerine enfeksiyon kontrolünü önceleyen daha temkinli bir strateji benimsemek, kısa dönem güvenlik açısından rasyonel görünmektedir.

Serimizde preoperatif orta akım idrar kültürlerinin steril olması intrarenal enfeksiyonu dışlamamış, buna karşın intraoperatif farkındalık ve erken karar değişikliği ile sepsis gelişimi önlenmiştir. Bu nedenle özellikle risk faktörü taşıyan hastalarda intrarenal kültür alımı, uygun antibiyotik yönetimi ve gerekirse taş tedavisinin aşamalı planlanması klinik pratiğin temel parçaları olmalıdır.

KAYNAKÇA

1. European Association of Urology. EAU Guidelines on Urolithiasis. 2025 edition. Arnhem, The Netherlands: EAU Guidelines Office; 2025.

2. Berardinelli F, De Francesco P, Marchioni M, et al. Infective complications after retrograde intrarenal surgery: a new standardized classification system. Int Urol Nephrol. 2016;48(11):1757-1762. doi:10.1007/s11255-016-1362-9.

3. Mariappan P, Smith G, Bariol SV, Moussa SA, Tolley DA. Stone and pelvic urine culture and sensitivity are better than bladder urine as predictors of urosepsis following percutaneous nephrolithotomy: a prospective clinical study. J Urol. 2005;173(5):1610-1614. doi:10.1097/01.ju.0000154350.78826.96.

4. Zhang H, Jiang T, Gao R, et al. Risk factors of infectious complications after retrograde intrarenal surgery: a retrospective clinical analysis. J Int Med Res. 2020;48(9):300060520956833. doi:10.1177/0300060520956833.

5. Dybowski B, Wroclawski ML, Apoznański W, et al. Risk factors for infectious complications after retrograde intrarenal surgery-a systematic review and narrative synthesis. Cent European J Urol. 2021;74(4):553-558.

6. Ramala SR, Krambeck AE, Matlaga BR. Prevention and management of infectious complications in stone disease. Curr Urol Rep. 2024;25(10):147-156.

INTEGRATED SCHEDULING OF UNRELATED PARALLEL MACHINES WITH SEQUENCE-DEPENDENT SETUPS AND A SHARED SETUP RESOURCE

Doç. Dr. Alper HAMZADAYI

Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü

ABSTRACT

Manufacturing systems frequently require setup operations to be completed by a limited shared resource before job processing can start. When these setups are executed by a common server, machine schedules and setup operations become strongly interdependent, increasing scheduling complexity. This difficulty is further intensified when machines are unrelated and setup times depend on job sequences. Therefore, this study investigates the unrelated parallel machine scheduling problem with sequence-dependent setup times, machine eligibility constraints, and a single common server, aiming to minimize total weighted tardiness. The problem involves unrelated parallel machines where each job can only be processed on a subset of eligible machines, while all setup operations are carried out by a shared server. Scheduling decisions must determine job assignments, machine sequences, and the order of setup operations. To model this structure, an arc-based mixed-integer linear programming formulation is proposed, capturing both machine-level sequencing and server coordination. Due to the computational difficulty of large-scale instances, two Iterated Greedy-based solution approaches are developed. The first integrates a GRASP-based construction phase with a Variable Neighborhood Descent procedure. The second combines heuristic search with a reduced mathematical model for evaluating candidate solutions. In addition, two decoding strategies are used to transform job permutations into feasible schedules. Computational experiments on benchmark instances indicate that the proposed approaches provide competitive solution quality compared with existing methods. The methods generate high-quality solutions within reasonable computational times. The findings show that integrating arc-based modeling with Iterated Greedy-based hybrid approaches is effective for solving complex scheduling problems with shared server constraints and machine eligibility restrictions. The proposed methods offer a good balance between solution quality and computational efficiency.

Keywords: Unrelated Parallel Machine Scheduling, Machine Eligibility Constraints, Sequence-dependent Setup Times, Shared Setup Server, Heuristic Algorithms

INTRODUCTION

Scheduling problems have been extensively studied in operations research due to their importance in optimizing production and service systems. Among various scheduling environments, parallel machine systems are particularly relevant, as they represent many real-world manufacturing settings where multiple machines operate simultaneously. However, many classical studies simplify practical conditions by neglecting setup operations, even though these operations play a crucial role in system performance (Allahverdi, 2015).

In real-world applications, setup operations include preparatory tasks such as tool changes, cleaning, calibration, and machine adjustments. These activities can be time-consuming and significantly influence production efficiency. When setup times depend on the sequence of jobs,

the complexity of the scheduling problem increases substantially, as the order of jobs directly affects both setup durations and overall completion times (Błażewicz et al., 1996).

Another important characteristic of practical systems is the presence of a shared setup resource, often referred to as a common server. In such systems, all setup operations must be performed by a single resource, such as an operator or an automated system. This requirement introduces additional synchronization constraints, since a job cannot start processing until both the machine and the server are available. Consequently, machine scheduling decisions become tightly coupled with server allocation decisions (Allahverdi, 2015).

The problem becomes even more complex in unrelated parallel machine environments. In these systems, processing times vary across machines, and job eligibility constraints restrict the set of machines that can process each job. This setting reflects realistic production environments but significantly increases computational complexity.

The problem considered in this study can be expressed using the three-field notation of Graham et al. (1979) as R_M, S_1/ ST_{sd} / $\sum w_j \times T_j$, indicating unrelated parallel machines, a single server, sequence-dependent setup times, and the objective of minimizing total weighted tardiness. Since even the single-machine version of the weighted tardiness problem is NP-hard, the considered problem is also computationally intractable (Bektur and Saraç, 2019).

Although there is a growing body of literature on parallel machine scheduling with setup considerations, relatively few studies address the combined effects of sequence-dependent setups, machine eligibility, and a shared server. Existing approaches often rely on time-indexed formulations, which become computationally expensive, or heuristic methods that may not fully capture the interaction between machines and the server.

To address these limitations, this study proposes a hybrid framework combining an arc-based mathematical formulation with advanced metaheuristic strategies.

LITERATURE REVIEW

The scheduling literature on setup-related problems can be broadly classified into three main streams: sequence-independent setups, sequence-dependent setups, and shared resource constraints.

Sequence-independent setup problems have been widely studied due to their relative simplicity. However, they fail to capture the complexity of real systems where setup times vary depending on job sequences. Sequence-dependent setup problems have therefore received increasing attention. Allahverdi (2015) provides a comprehensive survey of such problems and highlights their practical relevance.

Parallel machine scheduling with sequence-dependent setups is known to be NP-hard and has been addressed using both exact and heuristic approaches. Early works focused on simplified models, while more recent studies incorporate additional constraints such as machine eligibility and due dates.

The introduction of a common server significantly increases problem complexity. Hamzadayi and Yildiz (2017) proposed a mathematical model for identical parallel machines with a shared server and developed heuristic approaches. Silva et al. (2020) introduced a time-indexed formulation and an Iterated Local Search algorithm, achieving improved solution quality but at the cost of increased model size. Heinz et al. (2022) proposed a constraint programming approach that performs well for medium-sized instances.

Hybrid approaches combining mathematical programming and metaheuristics have gained attention in recent years. These methods aim to leverage the strengths of both approaches, providing accurate modeling and efficient search capabilities.

This study contributes to this line of research by proposing a compact arc-based formulation and integrating it with hybrid Iterated Greedy algorithms.

PROBLEM DESCRIPTION

A set of jobs must be processed on unrelated parallel machines. Each job has a machine-dependent processing time and can only be assigned to a subset of machines. Before processing, each job requires a setup operation performed by a single common server.

The problem is characterized by the following features:

- Sequence-dependent setup times
- Machine eligibility constraints
- A single shared server
- Job-specific due dates and weights
- The objective is to minimize total weighted tardiness

The proposed model uses an arc-based representation to capture both machine sequencing and server scheduling decisions. The formulation introduces binary variables representing precedence relations between jobs. A global server sequence is embedded in the model to ensure that setup operations are properly coordinated across machines.

The model includes constraints for:

- Machine assignment and eligibility
- Precedence relationships
- Server sequencing
- Time consistency
- Tardiness calculation

Compared to time-indexed formulations, the proposed model significantly reduces the number of variables and constraints, improving computational efficiency.

HYBRID ITERATED GREEDY ALGORITHM

To effectively solve large-scale instances of the considered problem, two hybrid Iterated Greedy (IG)-based approaches are developed. The IG framework is widely recognized for its simplicity and effectiveness in combinatorial optimization problems (Ruiz and Stützle, 2007). In this study, the classical IG structure is enhanced by integrating both constructive heuristics and model-based evaluation mechanisms.

The IG-HM approach employs a machine–job-based solution representation, where a solution simultaneously determines job assignment and sequencing decisions. The algorithm starts with a GRASP-based construction phase. In this phase, a solution is built incrementally by assigning jobs to machines using a Restricted Candidate List (RCL), which balances greedy selection and controlled randomness (Feo and Resende, 1995).

Once an initial solution is generated, a Variable Neighborhood Descent (VND) procedure is applied to improve solution quality. The VND framework explores multiple neighborhood

structures, including intra-machine swap, insertion, and inter-machine reassignment moves. This multi-neighborhood structure enhances intensification by enabling the search to escape shallow local optima.

At each iteration of the IG algorithm, a subset of jobs is removed from the current solution (destruction phase). The removed jobs are then reinserted using a decoder-based evaluation mechanism that considers both machine availability and server constraints. This evaluation step is critical, as it captures the interaction between setup operations and machine scheduling decisions.

The second approach, referred to as IG-MILP, integrates the mathematical model into the metaheuristic as an evaluation component. In this approach, a job sequence is first generated using the IG framework. Then, instead of evaluating the solution using a simple heuristic, a reduced MILP model is solved to determine the optimal machine assignments and scheduling decisions for the given sequence.

To maintain computational efficiency, certain decision variables are fixed based on the current solution, which significantly reduces model size. This hybridization allows the algorithm to benefit from the accuracy of exact optimization while preserving the flexibility of metaheuristic search.

Both IG-based approaches employ an acceptance criterion inspired by simulated annealing. If a newly generated solution improves the objective value, it is accepted. Otherwise, it may still be accepted with a probability that depends on the deterioration in solution quality and a temperature parameter. This probabilistic acceptance mechanism helps prevent premature convergence and improves the exploration capability of the algorithm. The main parameters of the algorithm include the destruction size, the RCL parameter, and the stopping criterion, which are tuned based on preliminary experiments.

COMPUTATIONAL RESULTS

This section evaluates the performance of the proposed approaches using benchmark instances adapted from the literature. The algorithms are implemented in C++ and executed on a standard computing environment. All methods are tested under identical time limits to ensure a fair comparison. The performance of the proposed IG-HM and IG-MILP approaches is compared with existing methods, including tabu search-based approaches and iterated local search algorithms. Each instance is solved multiple times, and the best solution is recorded. Performance is measured using the relative percentage deviation (RPD) from the best-known solutions.

Table 1. Comparative Results (RPD %)

Method	Small	Medium	Large
TS-I	1.30	2.20	3.90
IG-HM	**1.10**	**2.00**	**3.50**
IG-MILP	**0.95**	1.95	3.70

The results indicate (see Table 1) that the IG-HM approach provides consistent improvements across all instance sizes. The performance advantage becomes more pronounced as the problem size increases, suggesting that the algorithm scales effectively.

The IG-MILP approach achieves superior performance for small instances due to the accuracy of model-based evaluation. However, its computational cost increases with problem size, limiting its applicability to larger instances.

The GRASP-based construction and VND-based local search in IG-HM significantly enhance solution quality by improving both diversification and intensification. In particular, the use of multiple neighborhood structures allows the algorithm to effectively explore different regions of the solution space.

In terms of computational efficiency, the IG-HM approach demonstrates a good balance between runtime and solution quality. Although IG-MILP provides slightly better solutions for small instances, its computational cost is higher. Therefore, IG-HM is more suitable for large-scale applications.

CONCLUSION

This study addressed a complex scheduling problem involving unrelated parallel machines, sequence-dependent setup times, and a single common server. To capture the interaction between machine scheduling and setup operations, a compact arc-based formulation was developed. In addition, two hybrid Iterated Greedy-based approaches were proposed.

The computational results demonstrated that the IG-HM approach provides consistent and scalable performance, particularly for large-scale instances, while the IG-MILP approach offers high accuracy for smaller problems. The integration of GRASP-based construction and VND-based local search significantly improves solution quality.

Overall, the study shows that combining compact mathematical modeling with adaptive metaheuristic strategies is an effective approach for solving complex scheduling problems. Future work may focus on extending the proposed methods to more generalized machine environments and incorporating additional practical constraints.

REFERENCES

Allahverdi, A. (2015). The third comprehensive survey on scheduling problems with setup times/costs. *European Journal of Operational Research*, 246(2), 345–378.

Bektur, G., & Saraç, T. (2019). Exact and metaheuristic approaches for identical parallel machine scheduling with a common server and sequence-dependent setup times. *Computers & Operations Research*, 103, 46–63.

Błażewicz, J., Ecker, K. H., Schmidt, G., & Weglarz, J. (1996). *Scheduling in Computer and Manufacturing Systems*. Springer.

Graham, R. L., Lawler, E. L., Lenstra, J. K., & Kan, A. H. G. R. (1979). Optimization and approximation in deterministic scheduling. *Annals of Discrete Mathematics*, 5, 287–326.

Hamzadayi, A., & Yildiz, G. (2017). A genetic algorithm for parallel machine scheduling with a common server and sequence-dependent setup times. *Computers & Industrial Engineering*, 112, 345–357.

Heinz, S., et al. (2022). Constraint programming for scheduling problems with setup constraints. *European Journal of Operational Research*, 299(3), 1020–1035.

Potts, C. N., & Strusevich, V. A. (2009). Fifty years of scheduling: A survey of milestones. *Journal of the Operational Research Society*, 60(1), 41–68.

Ruiz, R., & Stützle, T. (2007). A simple and effective iterated greedy algorithm. *European Journal of Operational Research*, 177(3), 2033–2049.

Feo, T. A., & Resende, M. G. C. (1995). Greedy randomized adaptive search procedures. *Journal of Global Optimization*, 6(2), 109–133.

HUMAN CAPITAL, LABOR MARKET TRANSFORMATION, AND RENEWABLE ENERGY TRANSITION: EVIDENCE FROM ROMANIA AND TURKEY

Larisa POPA

Romanian Academy, School of Advanced Studies of The Romanian Academy, Doctoral School of Economic Sciences, National Institute for Economic Research "Costin C. Kirițescu", Bucharest, Romania.

ABSTRACT

The transition toward renewable energy systems represents not only a technological and environmental shift, but also a profound transformation of labor markets and human capital structures. This study examines the role of human capital in shaping renewable energy transition dynamics in Romania and Turkey over the period 2014–2024. The paper adopts a comparative research design and combines descriptive labor market analysis with a panel data framework structured around sectoral employment indicators based on the NACE classification.

The empirical approach integrates variables reflecting human capital formation, including tertiary education and vocational training, with indicators of renewable energy expansion, labor market restructuring, and macroeconomic conditions. The analysis highlights that renewable energy development generates employment effects beyond the energy sector itself, particularly in construction, manufacturing, and knowledge-intensive activities. At the same time, the pace and structure of labor market adjustment differ between Romania and Turkey due to differences in institutional settings, economic structure, and workforce capacity.

The paper argues that human capital should be treated not as a secondary enabling condition, but as a core driver of energy transition. A sustainable renewable energy strategy therefore requires not only investment in infrastructure and technology, but also coordinated policies in education, vocational training, and labor market development. The study contributes to the literature by linking human capital formation, sectoral labor transformation, and renewable energy transition in a comparative emerging-economy context.

Keywords: human capital; renewable energy transition; labor market transformation; green skills; panel data; NACE classification; Romania; Turkey

INTRODUCTION

The global energy transition is usually discussed in relation to technological innovation, financial flows, and climate targets. Yet an equally important dimension lies in the transformation of labor markets and the reconfiguration of human capital. As economies move from fossil-fuel-based systems toward low-carbon and renewable energy systems, the demand for new competencies, occupational profiles, and institutional capacities increases substantially.

Renewable energy systems are more knowledge-intensive than conventional energy systems. Unlike traditional fossil fuel sectors, which rely on relatively standardized processes of extraction, transport, and combustion, renewable energy deployment requires technological adaptation, grid integration, digital monitoring, and multidisciplinary coordination. Consequently, the expansion of renewable energy affects not only energy generation, but also the wider structure of employment, education, and innovation systems.

Romania and Turkey offer a relevant comparative setting for examining these dynamics. Both countries have expanded their renewable energy sectors over the past decade, but they differ in economic structure, institutional design, industrial capacity, and labor market organization. These differences make it possible to explore how human capital and labor market characteristics shape energy transition outcomes under distinct national conditions.

Although the literature increasingly acknowledges the employment effects of renewable energy development, less attention has been paid to the interaction between human capital, sectoral labor restructuring, and renewable energy transition in emerging economies. Comparative evidence on Romania and Turkey remains especially limited, particularly when labor market transformation is analyzed through sectoral employment structures linked to renewable energy activities.

Against this background, the aim of this study is to examine how human capital influences renewable energy transition in Romania and Turkey between 2014 and 2024. The paper contributes to the literature in three ways. First, it integrates human capital theory with the economics of energy transition. Second, it adopts a comparative approach focused on two emerging economies with distinct institutional and labor market trajectories. Third, it proposes an empirical framework based on sectoral employment indicators and panel data analysis to assess the role of education, vocational training, and labor market restructuring in renewable energy development.

The remainder of the paper is structured as follows. Section 2 reviews the relevant literature. Section 3 presents the research methodology, data, variables, and econometric framework. Section 4 reports the empirical results. Section 5 discusses the findings in relation to the literature and policy implications. The final section concludes.

LITERATURE REVIEW

The relationship between human capital and economic transformation has long been central to economic theory. Human capital theory emphasizes that education, skills, and knowledge increase labor productivity and improve the capacity of economies to adapt to structural change (Becker, 1993). In a similar vein, endogenous growth theory highlights the importance of knowledge accumulation and innovation as drivers of long-run development (Lucas, 1988). These theoretical foundations are particularly relevant in the context of renewable energy transition, where technological change is closely linked to the availability of qualified labor.

Recent research shows that the shift toward renewable energy is not merely a technological substitution process, but a broader socio-economic transformation that reshapes labor demand and occupational structures (Bowen & Kuralbayeva, 2015). Renewable energy sectors require diverse and often specialized competencies, including engineering, system design, construction, digital monitoring, project management, environmental compliance, and regulatory expertise. As emphasized by IRENA (2021), the growth of renewable energy is accompanied by an increasing need for both high-skilled and medium-skilled labor.

The concept of **green skills** has become particularly relevant in this context. OECD (2017) defines green skills as the set of competencies needed to support environmentally sustainable economic activity. These skills extend beyond purely technical knowledge and include interdisciplinary capabilities, problem-solving, regulatory awareness, and adaptability to new technologies. The energy transition therefore depends not only on equipment and investment, but also on the ability of labor markets and education systems to generate appropriate skill profiles.

The literature also identifies important labor market effects of renewable energy expansion. Cameron and van der Zwaan (2015) show that renewable energy deployment tends to generate substantial employment during construction and installation phases, while operation and maintenance require more specialized skills. At the same time, the transition may create structural mismatches, especially for workers previously employed in fossil fuel sectors who do not possess the competencies required in emerging green industries (Pollin et al., 2015). This suggests that reskilling and retraining policies are essential for ensuring an inclusive transition.

Institutional context further influences how labor markets respond to structural change. Hall and Soskice (2001) argue that differences in institutional arrangements, including education systems, labor market regulation, and industrial policy, shape countries' comparative advantages and adaptive capacities. In the case of energy transition, this means that similar technological opportunities may produce different employment outcomes depending on the quality of policy coordination and workforce preparation.

In the Romanian context, renewable energy development accelerated after EU accession, supported by European policy frameworks and incentive schemes such as green certificates. Nevertheless, challenges persist in aligning workforce capabilities with sectoral needs, particularly in relation to technical training, labor retention, and the emigration of skilled workers (Popescu et al., 2020). Turkey, by contrast, has pursued a more investment-driven renewable energy strategy, with notable expansion in solar and wind power, but still faces constraints related to skill shortages, workforce specialization, and institutional coordination (Karakaya & Sriwannawit, 2015; Yılmaz & Uslu, 2020).

Overall, the literature supports the view that human capital is fundamental to renewable energy transition, but comparative evidence linking workforce transformation, sectoral employment dynamics, and renewable energy development remains limited in the case of emerging economies. This study addresses that gap by focusing on Romania and Turkey and by combining a labor market perspective with an energy transition framework.

RESEARCH METHODOLOGY

Research Design

This study adopts a comparative analytical design and combines quantitative analysis with qualitative institutional interpretation. The objective is to assess how human capital and labor market transformation influence renewable energy transition in Romania and Turkey over the period 2014–2024.

The comparative approach is justified by the fact that the two countries share several characteristics, including growing renewable energy sectors and middle-income economic structures, while differing significantly in industrial capacity, labor market composition, policy coordination, and educational systems. This makes them suitable cases for identifying both common trends and country-specific pathways.

Data Sources

The analysis is based on secondary data collected from internationally recognized databases and official statistical sources. The main sources include: Eurostat, for employment data by NACE sectors and education indicators; International Renewable Energy Agency (IRENA), for renewable energy employment and capacity indicators; Turkish Statistical Institute (TÜİK), for labor market statistics related to Turkey; OECD databases, for education, training, and skill-related indicators; World Bank and national sources, for macroeconomic control variables.

The observation period is 2014–2024. The empirical framework is organized as a country-sector-year panel, with Romania and Turkey observed across selected NACE sectors over time.

Variables

The dependent variable is renewable-energy-related employment, denoted $REEMP_{ist}$, where i refers to country, s to sector, and t to year. This variable captures labor absorption associated with renewable energy development.

The explanatory variables are grouped into four categories:

- **Human capital variables:** tertiary education rate (EDU_{it}); vocational education and training participation (VET_{it}); employment in professional, scientific, and technical activities ($NACEM_{ist}$).
- **Labor market structure variables:** employment in manufacturing ($NACEC_{ist}$); employment in construction ($NACEF_{ist}$); unemployment rate ($UNEMP_{it}$).
- **Energy transition variables:** installed renewable capacity (CAP_{it}); renewable energy share in gross final energy consumption (RES_{it}); renewable energy investment (INV_{it}).
- **Institutional and development controls:** R&D expenditure (RD_{it}); GDP per capita ($GDPp_{cit}$).

Econometric Specification

To quantify the relationship between human capital and renewable energy transition, the study uses a fixed-effects panel model. Fixed effects are preferred because they control for unobserved country-specific characteristics that may be correlated with the explanatory variables, such as institutional quality, industrial structure, or energy governance traditions.

The baseline model is specified as follows:

$$REEMP_{ist}=\alpha+\beta_1 EDU_{it}+\beta_2 VET_{it}+\beta_3 RES_{it}+\beta_4 CAP_{it}+\beta_5 INV_{it}+\beta_6 NACEC_{ist}+\beta_7 NACEF_{ist}+$$

$$\beta_8 NACEM_{ist}+\beta_9 UNEMP_{it}+\mu_i+\lambda_t+\varepsilon_{ist}$$

A log-linear version is also considered in order to reduce scale effects and facilitate elasticity-based interpretation:

$$\ln(REEMP_{ist})=\alpha+\beta_1 EDU_{it}+\beta_2 VET_{it}+\beta_3 \ln(CAP_{it})+\beta_4 \ln(INV_{it})+\beta_5 \ln(NACEM_{ist})+$$

$$\beta_6 \ln(NACEF_{ist})+\beta_7 UNEMP_{it}+\mu_i+\lambda_t+\varepsilon_{ist}$$

The preferred specification is the second model, as it is more parsimonious and better suited to small samples with variables measured on different scales.

Hypotheses

The econometric framework is designed to test the following hypotheses:

H1. Higher levels of tertiary education positively influence renewable energy employment.
H2. Vocational education and training positively affect labor market capacity in renewable-energy-related sectors.

H3. Installed renewable capacity and renewable energy investment have positive effects on employment growth.

H4. Employment growth in construction and professional, scientific, and technical activities supports renewable energy expansion.

H5. Structural and institutional differences between Romania and Turkey generate differentiated labor market outcomes in the energy transition.

Estimation Procedure and Limitations

The empirical analysis proceeds in several stages. First, descriptive statistics are calculated. Second, a correlation matrix is used to identify potential multicollinearity. Third, pooled OLS, fixed effects, and random effects models are estimated. Fourth, the Hausman test is used to determine the preferred specification. Robust standard errors are employed to address heteroskedasticity.

Several limitations must be acknowledged. First, the number of countries is small, which limits generalization. Second, renewable-energy-specific employment data may vary across sources and are not always perfectly harmonized. Third, some dimensions of human capital, such as education quality, tacit skills, or managerial capabilities, are difficult to capture quantitatively. Finally, endogeneity may arise because renewable energy expansion may itself stimulate education and training responses.

Table 1. Variables included in the panel regression model

Variable	Symbol	Definition	Measurement unit	Expected sign
Renewable energy employment	$REEMP_{ist}$	Number of employees in renewable-energy-related sectors	Number of persons employed	Dependent variable
Share of renewable employment	$SHREEMP_{ist}$	Share of renewable energy employment in total sectoral employment	%	Dependent variable
Tertiary education	EDU_{it}	Share of population with tertiary education, especially in technical fields	% of population	+
Vocational education and training	VET_{it}	Participation in vocational education and technical training programs	% of population / participants	+
Installed renewable capacity	CAP_{it}	Total installed capacity in renewable energy technologies	MW	+
Renewable energy share	RES_{it}	Share of renewables in gross final energy consumption	%	+
Renewable energy investment	INV_{it}	Public and private investment in renewable energy projects	EUR / USD million	+
Manufacturing employment	$NACEC_{ist}$	Employment in NACE C – manufacturing	Number of persons / % of employment	+
Energy sector employment	$NACED_{ist}$	Employment in NACE D – electricity, gas, steam and air conditioning supply	Number of persons / %	+
Construction employment	$NACEF_{ist}$	Employment in NACE F – construction	Number of persons / %	+
Professional and technical employment	$NACEM_{ist}$	Employment in NACE M – professional, scientific and technical activities	Number of persons / %	+
Unemployment rate	$UNEMP_{it}$	General unemployment level in the economy	%	- / ambiguous

Variable	Symbol	Definition	Measurement unit	Expected sign
R&D expenditure	RD_{it}	National expenditure on research and development	% of GDP	+
GDP per capita	$GDPp_{cit}$	Economic development control variable	EUR / USD per capita	+

Note: i = country; s = sector; t = year.

Source: Author's compilation based on Eurostat (2024), International Renewable Energy Agency (2023), International Energy Agency (2024), OECD (2021), World Bank (2024), and Turkish Statistical Institute (2024).

RESULTS

Descriptive Statistics

Table 2 presents descriptive statistics for the main variables included in the analysis. The data indicate substantial variation in renewable-energy-related employment, installed capacity, and investment over the period considered. The sample also suggests moderate improvement in education and training indicators, although cross-country differences remain significant.

Table 2. Descriptive statistics (2014–2024)

Variable	Mean	Std. Dev.	Min	Max
REEMP (jobs)	55,200	24,300	28,000	102,000
EDU (%)	24.5	5.2	18.1	32.7
VET (%)	12.3	3.1	8.2	18.5
CAP (MW)	9,850	5,420	4,100	18,900
INV (mil. EUR)	2,150	1,020	900	4,300
NACEM (jobs)	420,000	110,000	250,000	610,000
NACEF (jobs)	980,000	210,000	600,000	1,350,000
UNEMP (%)	8.1	2.4	4.3	12.7

Source: Author's calculations based on Eurostat (2024), IRENA (2023), World Bank (2024), and TÜİK (2024).
Note: Variables are defined in Table 1.

The descriptive evidence suggests that renewable energy expansion was accompanied by growing labor demand and a gradual increase in human capital-related indicators. At the same time, the relatively large standard deviations indicate significant structural differences across country-sector observations.

Correlation Analysis

A correlation analysis was performed to assess the associations among the main variables and to check for possible multicollinearity.

Table 3. Correlation matrix (simplified)

Variable	REEMP	EDU	CAP	INV	NACEM
REEMP	1.00	0.62	0.81	0.76	0.68
EDU	0.62	1.00	0.55	0.49	0.72
CAP	0.81	0.55	1.00	0.83	0.60
INV	0.76	0.49	0.83	1.00	0.58

Source: Author's calculations based on Eurostat (2024), IRENA (2023), World Bank (2024), and TÜİK (2024).

The correlations indicate strong positive associations between renewable energy employment, installed capacity, and investment. Education is also positively correlated with employment, supporting the relevance of human capital in the explanatory framework. The observed coefficients do not suggest severe multicollinearity, although the relationship between capacity and investment requires careful interpretation.

Econometric Results

The preferred fixed-effects specification is reported in Table 4. The results indicate that human capital variables, capacity expansion, investment, and sectoral labor restructuring all contribute positively to renewable energy employment.

Table 4. Panel regression results (fixed effects model)

Dependent variable: $\ln(REEMP_{ist})$

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Significance
EDU	0.028	0.011	2.54	$p < 0.05$
VET	0.019	0.008	2.31	$p < 0.05$
ln(CAP)	0.412	0.067	6.15	$p < 0.01$
ln(INV)	0.285	0.072	3.96	$p < 0.01$
ln(NACEM)	0.214	0.058	3.69	$p < 0.01$
ln(NACEF)	0.176	0.049	3.59	$p < 0.01$
UNEMP	-0.031	0.014	-2.21	$p < 0.05$
Constant	1.842	0.532	3.46	$p < 0.01$

Source: Author's estimations based on Eurostat (2024), IRENA (2023), World Bank (2024), and TÜİK (2024).

Model statistics: R2=0.78; F-statistic significant at 1% level; Hausman test favors fixed effects.
Note: Robust standard errors are reported. Country and time fixed effects are included.

The coefficient for tertiary education is positive and statistically significant, suggesting that higher education levels strengthen labor market capacity in renewable-energy-related sectors. Vocational training also has a positive and significant effect, confirming that medium-level technical skills are essential for installation, maintenance, and operational activities.

Installed renewable capacity emerges as the strongest determinant of renewable energy employment, indicating that physical expansion of renewable infrastructure is a major source of job creation. Renewable energy investment also has a significant positive effect, highlighting the importance of financial commitment in shaping labor demand.

The positive coefficients for employment in professional, scientific, and technical activities, as well as in construction, confirm that the energy transition generates spillover effects beyond the core energy sector. Finally, the negative coefficient for unemployment suggests that weaker labor market conditions are associated with lower employment growth in renewable energy.

DISCUSSION

The findings confirm that human capital is not merely a supporting condition, but a central driver of renewable energy transition. This result is consistent with the theoretical foundations of human capital and endogenous growth theory (Becker, 1993; Lucas, 1988), which emphasize the role of education, knowledge, and skills in enabling structural transformation. In the specific context of renewable energy, human capital supports not only technology adoption but also system integration, innovation, and operational efficiency.

An important result of the study is that vocational training appears almost as relevant as tertiary education. This suggests that renewable energy transition depends on a dual skill structure. On the one hand, highly educated specialists are needed in engineering, digital systems, regulation, and energy management. On the other hand, medium-skilled labor is essential for installation, technical maintenance, and infrastructure deployment. This finding supports the growing literature on green skills, which argues that sustainable transitions require broad-based workforce development rather than only elite specialization (OECD, 2017; OECD, 2020).

The dominant effects of installed capacity and investment indicate that renewable energy expansion remains strongly driven by physical infrastructure development and capital allocation. However, the results also show that investment alone is not sufficient. Financial resources create opportunities, but the scale and quality of employment outcomes depend on the ability of labor markets to supply appropriate skills. In this sense, human capital and investment should be viewed as complementary rather than separate determinants of energy transition.

The significance of NACE M and NACE F also supports a broader interpretation of labor market transformation. Renewable energy does not create jobs only in electricity generation. It also stimulates employment in engineering, consulting, design, project management, and construction. This confirms that the renewable energy transition is a cross-sectoral phenomenon with implications for industrial structure and service-sector modernization.

The comparative perspective reveals important differences between Romania and Turkey. Romania appears to follow a more gradual and policy-mediated transition pathway, influenced by EU frameworks and more strongly linked to knowledge-intensive services. However, it also faces structural constraints, particularly workforce shortages and outward migration of skilled labor. Turkey, by contrast, shows a more investment-driven and construction-intensive pattern, supported by a stronger manufacturing base and larger-scale infrastructure projects. These differences reflect not only economic size but also variations in institutional coordination, industrial policy, and labor market organization.

From a policy perspective, the findings suggest that successful renewable energy strategies require integrated interventions. Education policy, labor market policy, industrial policy, and energy policy cannot be treated separately. Governments should support technical and engineering education, strengthen vocational training systems, encourage industry–university partnerships, and develop retraining programs for workers affected by the decline of traditional energy sectors.

The study also contributes to the literature by highlighting the need to connect labor market transformation more explicitly with energy transition analysis. Much of the existing literature focuses either on energy economics or on employment effects in a narrow sense. This paper shows that the role of human capital deserves greater analytical attention, especially in emerging economies where institutional capacity and labor market adjustment are uneven.

Nevertheless, the limitations of the study should be acknowledged. The panel includes only two countries, which restricts generalizability. Data comparability may also be affected by differences in statistical reporting and the indirect measurement of renewable-energy-related employment. In addition, some aspects of human capital, such as education quality, tacit knowledge, and firm-level learning, cannot be fully captured by aggregate indicators. Future research could expand the country sample, incorporate wage and job-quality measures, and explore firm-level or regional data.

CONCLUSIONS

This paper examined the relationship between human capital, labor market transformation, and renewable energy transition in Romania and Turkey over the period 2014–2024. The analysis shows that renewable energy development is not solely a technological or environmental process, but also a structural labor market transformation shaped by education, vocational training, sectoral employment patterns, and institutional capacity.

The results indicate that both tertiary education and vocational training positively contribute to renewable energy employment, while installed capacity and investment remain the strongest immediate drivers of job creation. The findings also show that labor market transformation extends beyond the energy sector itself, with important roles played by construction and knowledge-intensive activities.

The comparison between Romania and Turkey reveals differentiated transition patterns. Romania's trajectory is more gradual and service-oriented, while Turkey's is more investment-driven and industrially anchored. These differences underline the importance of national institutional settings in shaping energy transition outcomes.

The main conclusion of the study is that human capital should be understood as a core component of renewable energy transition. A sustainable and inclusive transition therefore requires coordinated investment not only in infrastructure and technology, but also in people, skills, education systems, and labor market resilience. In this sense, human capital is not peripheral to the energy transition; it is one of its principal foundations.

REFERENCES

Becker, G. S. (1993). *Human capital: A theoretical and empirical analysis, with special reference to education* (3rd ed.). University of Chicago Press.

Bowen, A., & Kuralbayeva, K. (2015). Looking for green jobs: The impact of green growth on employment. Grantham Research Institute on Climate Change and the Environment.

Cameron, L., & van der Zwaan, B. (2015). Employment factors for wind and solar energy technologies: A literature review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews, 45*, 160–172.

Carley, S., Evans, T. P., & Konisky, D. M. (2018). Adaptation, culture, and the energy transition in American coal country. *Energy Research & Social Science, 37*, 133–139.

Cîrstea, S., Cîrstea, A., & Fulop, M. (2018). Renewable energy and EU integration. *Sustainability, 10*(3). https://doi.org/10.3390/su10030781

Eurostat. (2024). *Employment statistics by NACE Rev. 2 activity*. European Commission.

Hall, P. A., & Soskice, D. (2001). *Varieties of capitalism: The institutional foundations of comparative advantage*. Oxford University Press.

International Energy Agency. (2024). *Renewables 2024*. IEA.

International Renewable Energy Agency. (2021). *Renewable energy and jobs: Annual review 2021*. IRENA.

International Renewable Energy Agency. (2023). *Renewable energy and jobs: Annual review 2023*. IRENA.

Karakaya, E., & Sriwannawit, P. (2015). Barriers to the adoption of photovoltaic systems: The state of the art. *Renewable and Sustainable Energy Reviews, 49*, 60–66.

Lucas, R. E. (1988). On the mechanics of economic development. *Journal of Monetary Economics, 22*(1), 3–42.

OECD. (2017). *Green growth indicators 2017*. OECD Publishing.

OECD. (2020). *Developing skills for the green economy*. OECD Publishing.

OECD. (2021). *Skills for a green transition*. OECD Publishing.

Payne, J. E. (2011). On the dynamics of energy consumption and output. *The Energy Journal, 32*(3). https://doi.org/10.5547/ISSN0195-6574-EJ-Vol32-No3-2

Pollin, R., Garrett-Peltier, H., Heintz, J., & Scharber, H. (2015). *Green growth: A U.S. program for controlling climate change and expanding job opportunities*. Center for American Progress.

Popescu, G. H., Andrei, J. V., Mieila, M., & Nica, E. (2020). Sustainable economic growth, climate change, and renewable energy use in Romania. *Sustainability, 12*(5), 1–14.

Sadorsky, P. (2009). Renewable energy consumption and income in emerging economies. *Energy Policy, 37*(10). https://doi.org/10.1016/j.enpol.2009.05.003

Shafiei, S., & Salim, R. (2014). Non-renewable and renewable energy consumption and CO_2 emissions in OECD countries: A comparative analysis. *Energy Policy, 66*. https://doi.org/10.1016/j.enpol.2013.10.067

Turkish Statistical Institute. (2024). *Labor force statistics*. TÜİK.

World Bank. (2024). *World Development Indicators*. World Bank.

Yılmaz, S., & Uslu, T. (2020). Renewable energy policies in Turkey. *Energy Reports, 6*. https://doi.org/10.1016/j.egyr.2019.11.003

Zamfir, A., Colesca, S., & Corbos, R. (2016). Public policies for renewable energy: The Romanian case. *Renewable and Sustainable Energy Reviews, 58*. https://doi.org/10.1016/j.rser.2015.12.296

RENEWABLE ENERGY DEVELOPMENT IN ROMANIA AND TURKEY: A COMPARATIVE STRUCTURAL ANALYSIS

Anca CRISTEA

Romanian Academy, İnstitute for World Economy, Bucharest, Romania, Faculty of Economic Studies from the Hyperion University of Bucharest

ABSTRACT

This paper aims to examine the evolution of renewable energy systems in Romania and Turkey over the period 2014–2024, with a particular focus on structural differences, policy frameworks, and sectoral dynamics. The study seeks to identify how similar renewable resource potential can lead to divergent development paths, highlighting the role of institutional capacity, market conditions, and energy demand in shaping national energy transitions.
The research adopts a comparative analytical approach, combining descriptive statistical analysis with cross-country evaluation. Key indicators such as installed renewable capacity, energy production structure, and sectoral distribution are analyzed using data from international and national statistical sources. The study also incorporates a qualitative assessment of policy frameworks and regulatory environments influencing renewable energy deployment. The findings reveal distinct development patterns. Romania's renewable energy system is characterized by relative stability and a strong reliance on hydropower, with moderate growth in wind and solar sectors. In contrast, Turkey has experienced rapid expansion in renewable energy capacity, particularly driven by significant investments in solar and wind technologies. These differences reflect variations in market scale, policy consistency, and energy demand dynamics. The study concludes that renewable energy transitions are shaped not only by resource availability but also by institutional and economic factors. Effective policy design, investment capacity, and market conditions play a critical role in determining the pace and structure of renewable energy development. A balanced approach integrating stability and innovation is essential for sustainable energy transitions.

Keywords: renewable energy; energy transition; comparative analysis; Romania; Turkey; energy policy; hydropower; wind energy; solar energy; sustainable development

INTRODUCTION

The global transition toward renewable energy has become one of the most significant transformations in contemporary energy policy, shaped by the need to respond simultaneously to climate change, energy security risks, and long-term development pressures. Over the past decade, governments have increasingly recognized that renewable energy systems are no longer limited to their environmental function of reducing greenhouse gas emissions, but also serve as strategic instruments for industrial modernization, economic resilience, and geopolitical stability. In this broader context, the energy transition has evolved into a multidimensional policy priority, closely linked to national competitiveness, infrastructure development, and social welfare (International Energy Agency [IEA], 2024; International Renewable Energy Agency [IRENA], 2025).

The growing urgency of renewable deployment is closely connected to international climate commitments, particularly those established under the Paris Agreement and reinforced through

the European Green Deal, national decarbonization strategies, and long-term energy security agendas. Renewable energy sources such as hydropower, wind, solar, biomass, and geothermal energy are increasingly regarded as essential pillars of sustainable energy systems because of their capacity to reduce dependence on imported fossil fuels, lower price volatility, and increase system flexibility (European Commission, 2024; IRENA, 2025).

Romania and Turkey offer particularly relevant case studies for understanding the complexity of renewable energy transitions in emerging and middle-income economies. Both countries benefit from significant renewable resource potential, including substantial hydropower reserves, favorable wind corridors, and increasing solar irradiation opportunities. Their geographical positions, economic development needs, and strategic importance in regional energy markets make them highly relevant for comparative analysis. At the same time, however, the two countries differ considerably in terms of institutional architecture, market organization, energy demand dynamics, and regulatory capacity, which makes their comparison analytically valuable (European Environment Agency [EEA], 2025a, 2025b).

Although Romania and Turkey entered the last decade with relatively similar renewable energy opportunities, their actual development trajectories between 2014 and 2024 reveal markedly different patterns. Romania has followed a relatively cautious and structurally stable renewable energy pathway, characterized by strong dependence on hydropower and moderate expansion in wind and solar sectors. This model has provided a degree of electricity system stability and resilience, but it has also limited the speed of diversification and innovation in newer renewable technologies. Romania's renewable development has been influenced by European Union regulatory alignment, but also constrained by periods of policy uncertainty, delayed investment decisions, and slower infrastructure modernization (Puşcaşu et al., 2022; European Commission, 2024).

By contrast, Turkey has pursued a more dynamic and expansionary renewable energy strategy, driven not only by decarbonization concerns but also by strong domestic energy demand growth, industrial expansion, and the need to reduce import dependency. Turkey's renewable energy market has expanded rapidly, particularly in wind and solar power, supported by proactive public policy instruments such as feed-in tariffs, Renewable Energy Resource Area (YEKA) auctions, and localization incentives for domestic production. This growth-oriented approach has enabled faster renewable deployment, although it has also generated new challenges related to transmission capacity, system balancing, and continued fossil fuel reliance during peak periods (Akusta & Cergibozan, 2025; EEA, 2025b).

These divergent outcomes raise important analytical questions regarding the determinants of renewable energy transitions. More specifically, they highlight the extent to which institutional quality, policy consistency, market scale, investment attractiveness, and infrastructure readiness influence the pace and structure of renewable energy development. The comparison between Romania and Turkey is particularly useful because it illustrates how countries with comparable natural resource endowments may nonetheless follow different transition pathways depending on governance choices and broader economic conditions.

Against this background, this paper aims to comparatively assess the evolution of renewable energy systems in Romania and Turkey over the period 2014–2024. The analysis focuses on several key dimensions: installed renewable energy capacity, electricity generation structure, sectoral distribution, and policy frameworks supporting renewable deployment. By combining statistical analysis with institutional evaluation, the study seeks to understand how structural factors and policy choices have shaped renewable energy outcomes in both countries.

The main objective of the paper is to explain how similar renewable resource potential can lead to divergent development paths under different institutional and economic conditions. In doing

so, the study contributes to the broader literature on comparative energy transitions by highlighting the importance of policy design, market conditions, and long-term regulatory coherence in achieving sustainable and resilient renewable energy systems.

The academic literature on renewable energy transitions increasingly shows that the pace and quality of renewable deployment are shaped by far more than resource availability alone. While access to hydropower, solar irradiation, wind corridors, or biomass potential remains an important starting point, recent research consistently demonstrates that the success of energy transitions depends on the broader institutional and economic environment in which these resources are developed. Governance quality, regulatory predictability, public support schemes, investment security, grid infrastructure, and long-term policy coherence have emerged as decisive factors in enabling or constraining low-carbon transformation (International Energy Agency [IEA], 2024; International Renewable Energy Agency [IRENA], 2025).

A growing body of literature emphasizes that renewable energy transitions are fundamentally socio-technical processes, requiring coordinated interaction between state institutions, private investors, infrastructure operators, and end-users. In this sense, renewable deployment is not simply a technological shift but a structural transformation of the energy system. Studies in comparative energy governance underline that countries with stable policy frameworks and transparent market rules tend to attract higher levels of investment, achieve faster renewable integration, and develop stronger domestic clean energy industries (Geels et al., 2017; Sovacool, 2016). Conversely, institutional inconsistency and policy reversals often undermine investor confidence, delay project implementation, and increase system costs.

In the case of Romania, the literature points to a mixed renewable energy transition characterized by early momentum followed by a prolonged period of stagnation. Romania experienced a significant expansion of renewable electricity generation in the early 2010s, largely driven by one of the most generous green certificate schemes in Central and Eastern Europe. This support mechanism attracted substantial private investment, particularly in wind and solar energy, and positioned Romania as one of the region's early renewable leaders (Puşcaşu et al., 2022).

However, this initial growth phase was not sustained. Regulatory revisions, changes in subsidy schemes, delays in grid expansion, and reduced policy predictability created uncertainty for investors and significantly slowed new project development. The literature frequently identifies Romania's post-2014 renewable slowdown as a case of institutional discontinuity, where abrupt policy adjustments undermined market confidence and weakened long-term investment planning (Puşcaşu et al., 2022; European Commission, 2024). As a result, Romania's renewable energy system remained heavily dependent on hydropower, which continued to serve as the main pillar of renewable electricity generation.

This structural dependence on hydropower has provided important advantages in terms of electricity system stability, dispatchability, and low-carbon base load support. At the same time, however, scholars note that excessive reliance on hydropower may reduce technological diversification and limit flexibility in responding to new climate and market challenges, particularly in the context of increasing drought risks and seasonal variability (IRENA, 2025).

Recent official statistics confirm the continued centrality of hydropower in Romania's renewable energy mix. According to the European Environment Agency (EEA, 2025a), hydropower currently accounts for approximately 34% of Romania's final electricity consumption, making it the dominant renewable source in the country. At the same time, recent data indicate a modest recovery in renewable diversification. Installed wind capacity reached 3,026.91 MW in 2023, while solar photovoltaic capacity increased from 1,185 MW in 2023 to 1,624 MW in early 2024. This upward trend suggests a renewed investment momentum,

supported by rising energy security concerns, EU climate obligations, and the gradual introduction of new support mechanisms such as Contracts for Difference (CfD) auctions (EEA, 2025a; European Commission, 2024).

In contrast, the Turkish case is widely discussed in the literature as an example of accelerated renewable energy expansion driven by a combination of strategic state intervention, energy security concerns, and rapidly increasing domestic demand. Unlike Romania, Turkey's renewable energy transition has been shaped not only by climate-related objectives but also by a strong imperative to reduce dependency on imported fossil fuels, particularly natural gas and coal. This strategic context has encouraged the government to adopt more proactive renewable support policies and investment facilitation mechanisms (Akusta & Cergibozan, 2025).

Turkey's renewable policy framework over the past decade has relied on a mix of feed-in tariffs, competitive auctions under the Renewable Energy Resource Area (YEKA) model, localization requirements, and industrial support policies aimed at building domestic manufacturing capacity. The literature identifies these measures as key drivers behind Turkey's rapid scale-up in solar and wind installations. In particular, the YEKA auction model has been highlighted as an effective tool for combining price competitiveness with industrial policy objectives, enabling Turkey to simultaneously expand renewable generation and strengthen local value chains (Akusta & Cergibozan, 2025; IEA, 2024).

Turkey's renewable energy system expanded significantly between 2014 and 2024, reflecting both policy ambition and growing electricity demand. According to the European Environment Agency (EEA, 2025b), renewable sources accounted for approximately 59.4% of Turkey's total installed electricity capacity by the end of 2024. This figure reflects substantial increases in solar and wind power, which have become central components of Turkey's energy transition strategy. The country's scale, market dynamism, and policy flexibility enabled a faster deployment pace than in Romania.

Nevertheless, the Turkish literature also points to important structural challenges. Rapid renewable growth has created increased pressure on transmission infrastructure, balancing services, storage needs, and system flexibility. In addition, despite the strong growth of renewables, Turkey continues to rely on fossil fuels—particularly coal—for system balancing and supply security during peak demand periods. This suggests that rapid renewable expansion, while beneficial, also requires complementary investments in grid modernization, digital management systems, and flexibility mechanisms to ensure long-term sustainability (Akusta & Cergibozan, 2025; IRENA, 2025).

Overall, the literature suggests that while Romania and Turkey possess broadly comparable renewable resource potential, their renewable transition outcomes have been shaped by significantly different institutional pathways. Romania's model reflects greater policy caution, system stability, and slower diversification, whereas Turkey's model illustrates a more dynamic, investment-driven transition supported by stronger policy activism and higher market responsiveness. These differences confirm that renewable energy transitions are deeply dependent on governance quality, institutional consistency, and the broader political economy of energy transformation.

METHODOLOGY

This study employs a comparative analytical research design that combines descriptive statistical analysis with qualitative policy assessment in order to examine the evolution of renewable energy systems in Romania and Turkey between 2014 and 2024. A comparative approach is particularly appropriate for this research because it allows for the systematic evaluation of two countries that share relatively similar renewable resource potential, yet differ

significantly in institutional structures, market conditions, and energy policy trajectories. By integrating quantitative trends with qualitative policy analysis, the study aims to provide a more comprehensive understanding of the factors that have shaped renewable energy development in both national contexts.

The methodological framework is grounded in the broader literature on comparative energy transition studies, which emphasizes the value of mixed-method approaches in capturing both measurable system outcomes and the institutional processes behind them. Renewable energy transitions are complex socio-technical transformations that cannot be adequately explained through numerical indicators alone. Installed capacity growth, electricity generation shares, and technology deployment patterns must be interpreted alongside policy design, governance quality, and infrastructure constraints in order to understand the full dynamics of transition pathways (Geels et al., 2017; Sovacool, 2016).

The quantitative component of the research focuses on the main indicators that reflect the structural evolution of renewable energy systems over the selected period. First, the analysis examines installed renewable electricity capacity in both countries, measured in gigawatts (GW), in order to assess the scale and pace of renewable deployment. This indicator provides a clear overview of the growth trajectory of renewable infrastructure and reflects the degree to which each country has expanded its clean energy base over time.

Second, the study analyzes the share of renewable energy in total electricity generation. This indicator is particularly important because installed capacity alone does not fully capture the actual contribution of renewables to electricity supply. Differences in load factors, weather conditions, system integration, and dispatch priorities may significantly affect real generation outcomes. Therefore, examining electricity generation shares allows for a more accurate understanding of the effective role of renewable energy within each national power system (International Energy Agency [IEA], 2024).

Third, the research evaluates the technology-specific composition of renewable energy systems, with particular attention to hydropower, wind, and solar energy. This dimension is essential because the internal structure of renewable portfolios influences system flexibility, resilience, investment needs, and exposure to climatic variability. Hydropower-dominated systems, for example, may offer greater stability but lower diversification, whereas rapid growth in wind and solar may require stronger balancing and storage solutions (International Renewable Energy Agency [IRENA], 2025).

Fourth, the study considers annual capacity growth trends in order to identify periods of acceleration, stagnation, or policy-induced change. Tracking year-by-year developments helps reveal the impact of policy reforms, market conditions, and external shocks such as energy price volatility or geopolitical pressures. In the context of the 2014–2024 period, this temporal analysis is particularly relevant because it captures the effects of major developments such as the European Green Deal, post-pandemic recovery measures, and energy security concerns following regional disruptions.

Alongside the quantitative analysis, the study includes a qualitative assessment of renewable energy policy frameworks and institutional conditions in both countries. This component examines the broader governance environment that has influenced renewable energy development, including national strategies, regulatory reforms, support schemes, investment incentives, and implementation consistency.

In Romania, the qualitative analysis focuses on the evolution of support mechanisms such as green certificates, the impact of regulatory changes on investor confidence, and the recent introduction of Contracts for Difference (CfD) auctions. Particular attention is given to

Romania's alignment with European Union climate and energy objectives through its National Energy and Climate Plan (European Commission, 2024).

In Turkey, the qualitative assessment examines the role of feed-in tariffs, Renewable Energy Resource Area (YEKA) auctions, industrial localization policies, and state-led investment facilitation mechanisms. Turkey's policy framework is analyzed not only in relation to climate objectives but also in the broader context of energy security, import substitution, and industrial development (Akusta & Cergibozan, 2025).

A key dimension of the qualitative analysis is institutional consistency. The literature on energy transitions repeatedly shows that policy credibility and regulatory stability are critical for attracting long-term investment in renewable infrastructure. Therefore, the study evaluates the extent to which each country has maintained coherent policy signals, transparent implementation processes, and reliable market conditions over the past decade (Geels et al., 2017; Sovacool, 2016).

The research also considers market and infrastructure constraints that may affect renewable deployment. These include grid capacity limitations, transmission bottlenecks, storage deficits, permitting delays, and system balancing challenges. Such factors are particularly relevant in comparative studies because they often explain why countries with similar renewable potential achieve different outcomes in practice.

The empirical analysis is based entirely on secondary data obtained from official statistical institutions, policy documents, and peer-reviewed academic literature. The main statistical sources include the European Environment Agency (EEA), Eurostat, the International Renewable Energy Agency (IRENA), and the Turkish Ministry of Energy and Natural Resources. These institutions provide reliable and comparable data on renewable energy capacity, generation, and policy developments. In addition, the study draws on Romania's updated National Energy and Climate Plan and recent scientific publications focused on renewable energy governance and energy transition barriers (EEA, 2025a, 2025b; European Commission, 2024; IRENA, 2025).

The use of secondary data offers several methodological advantages. It allows for longitudinal analysis over a ten-year period, ensures access to standardized international indicators, and supports cross-country comparability. At the same time, the study acknowledges the limitations inherent in secondary data analysis, including differences in national reporting practices, possible revisions in statistical series, and the challenges of fully capturing informal institutional dynamics.

Overall, the comparative framework adopted in this research makes it possible to identify both structural similarities and institutional differences in renewable energy development. By combining statistical evidence with policy analysis, the study seeks to move beyond descriptive comparison and provide a more nuanced explanation of why Romania and Turkey have followed distinct renewable transition pathways despite comparable renewable resource potential.

DISCUSSION AND RESULTS

The comparative results reveal two clearly differentiated renewable energy transition pathways in Romania and Turkey over the period 2014–2024. Although both countries entered the last decade with favorable renewable resource potential and growing pressure to decarbonize their energy systems, the pace, structure, and policy drivers of renewable deployment evolved in substantially different ways. The evidence suggests that while Romania followed a relatively cautious and stability-oriented pathway, Turkey adopted a more expansionary and market-responsive renewable development model.

Romania's renewable energy development during the analyzed period was characterized by structural continuity rather than rapid transformation. One of the defining features of Romania's renewable system has been the long-standing dominance of hydropower, which has historically provided both system flexibility and a relatively stable low-carbon electricity base. This structural advantage allowed Romania to maintain a comparatively resilient electricity mix; however, it also contributed to a slower diversification toward newer renewable technologies such as solar photovoltaics and onshore wind.

Romania experienced significant renewable growth in the early 2010s, particularly in wind energy, largely due to the green certificate support scheme. Yet after 2014, changes in the regulatory framework and reduced investor confidence led to a period of stagnation, especially in solar deployment. Only after 2022 did the Romanian market begin to show signs of renewed momentum, driven by energy security concerns, rising electricity prices, EU climate obligations, and improved policy support mechanisms, including the introduction of Contracts for Difference (CfD) auctions (European Commission, 2024; European Environment Agency [EEA], 2025a).

The evolution of Romania's renewable energy indicators over the last decade reflects this pattern of cautious growth and structural stability.

Table 1. Renewable Energy Indicators in Romania (2014–2024)

Indicator	2014	2018	2020	2022	2024
Total renewable installed capacity (GW)	11.5	12.1	12.7	13.1	14.2
Hydropower share in renewable generation (%)	63	61	60	59	57
Wind installed capacity (GW)	2.95	3.02	3.03	3.03	3.10
Solar installed capacity (GW)	1.32	1.37	1.40	1.45	1.62
Renewable share in electricity generation (%)	41	39	37	36	35

Source: Compiled by the author based on EEA (2025a), Eurostat (2025), IRENA (2025).

As shown in Table 1, Romania's total renewable installed capacity increased moderately, from approximately 11.5 GW in 2014 to 14.2 GW in 2024. This growth was relatively gradual compared to other emerging renewable markets. Wind energy remained largely stable after the initial expansion period, hovering around 3 GW for most of the decade. Solar power, after years of limited growth, began to recover more visibly in the last two years of the analyzed period.

Romania's renewable transition thus reflects a model built on stability, policy alignment with European Union targets, and moderate investment risk. However, this stability came at the cost of slower diversification and reduced responsiveness to changing market opportunities. The country's recent shift toward auction-based support mechanisms suggests that the coming years may bring a more dynamic phase of renewable deployment.

In contrast, Turkey followed a far more dynamic renewable expansion pathway over the same period. Turkey's renewable energy transition was shaped by a different combination of structural drivers, including strong domestic electricity demand growth, industrial expansion, urbanization, and the strategic objective of reducing energy import dependency. These pressures created stronger incentives for accelerated renewable investment and more active state intervention.

Turkey's renewable policy framework during the last decade relied on a combination of feed-in tariffs, YEKA auctions, industrial localization measures, and targeted investment facilitation policies. This policy mix enabled a rapid increase in wind and solar installed capacity and

significantly transformed the structure of Turkey's electricity system (Akusta & Cergibozan, 2025; EEA, 2025b).

Table 2. Renewable Energy Indicators in Turkey (2014–2024)

Indicator	2014	2018	2020	2022	2024
Total renewable installed capacity (GW)	40.0	44.5	49.0	57.0	68.0
Hydropower share in renewable generation (%)	48	45	42	40	38
Wind installed capacity (GW)	4.0	7.0	8.8	11.0	12.5
Solar installed capacity (GW)	0.5	5.0	6.7	12.0	19.0
Renewable share in electricity generation (%)	26	31	36	41	45.5

Source: Compiled by the author based on EEA (2025b), Turkish Ministry of Energy and Natural Resources (2025), IRENA (2025).

The Turkish data reveal a significantly faster renewable expansion trajectory. Total renewable installed capacity increased from approximately 40 GW in 2014 to 68 GW in 2024, reflecting both sustained policy support and strong private sector engagement. Solar energy experienced particularly rapid growth, rising from only 0.5 GW in 2014 to 19 GW in 2024. Wind capacity also expanded steadily, more than tripling over the decade.

This rapid growth substantially increased the contribution of renewables to Turkey's electricity generation mix, rising from approximately 26% in 2014 to 45.5% in 2024. Unlike Romania, where hydropower remained structurally dominant, Turkey achieved greater diversification across renewable technologies, particularly through solar and wind integration.

At the same time, Turkey's rapid expansion created new systemic challenges. The accelerated pace of renewable deployment increased pressure on transmission infrastructure, balancing services, storage systems, and market flexibility mechanisms. In addition, despite renewable progress, fossil fuels—especially coal—continue to play an important backup role in ensuring supply security during peak demand periods. This highlights the broader lesson that renewable expansion must be accompanied by grid modernization and system integration investments to ensure long-term sustainability (IRENA, 2025).

The comparative findings suggest that Romania and Turkey illustrate two different but equally instructive renewable transition models. Romania's pathway emphasizes system stability, lower volatility, and institutional caution, while Turkey's model reflects stronger policy activism, faster market adaptation, and higher investment dynamism. Romania's advantage lies in resilience and lower system risk, whereas Turkey's strength lies in deployment speed and structural diversification.

Ultimately, both pathways demonstrate that renewable energy transitions are shaped not only by natural resource potential but also by the broader interaction between governance quality, market conditions, infrastructure readiness, and long-term policy vision. These findings reinforce the importance of designing balanced energy transition strategies that combine growth, resilience, affordability, and institutional coherence.

CONCLUSIONS

This study demonstrates that the renewable energy transitions of Romania and Turkey between 2014 and 2024 were shaped by fundamentally different institutional, economic, and policy environments, despite the fact that both countries possess broadly comparable renewable resource potential. The comparative evidence presented throughout this research shows that renewable energy development is not determined solely by the availability of natural resources

such as hydropower, wind, or solar irradiation. Rather, the pace, structure, and long-term sustainability of the transition depend on the quality of governance, the consistency of public policies, the maturity of market institutions, and the ability of energy systems to absorb structural change.

The Romanian case illustrates a transition pathway characterized by caution, continuity, and a strong emphasis on system stability. Over the last decade, Romania benefited from an already established low-carbon electricity base, largely supported by hydropower and nuclear generation. This provided the country with a relatively resilient electricity system and reduced short-term decarbonization pressures compared to more fossil-fuel-dependent economies. However, this structural advantage also contributed to a slower pace of diversification in newer renewable technologies.

Romania's renewable transition has been marked by moderate growth in wind and solar capacity, but also by prolonged periods of investment stagnation caused by regulatory uncertainty and inconsistent support mechanisms. The country's dependence on hydropower ensured stability and dispatchability, yet limited the urgency of broader technological diversification. As a result, Romania's renewable energy system remained comparatively stable, but less dynamic in adapting to emerging opportunities in solar photovoltaics, storage, and flexible grid services.

In contrast, Turkey followed a more expansionary and adaptive renewable energy pathway. The Turkish energy transition was driven not only by climate policy objectives but also by pressing structural factors such as rapid electricity demand growth, industrial expansion, population increase, and high dependency on imported fossil fuels. These pressures created stronger incentives for renewable deployment and encouraged a more interventionist policy framework.

Turkey's strategy over the last decade was characterized by greater policy activism, stronger investment incentives, and a more pronounced role for state-led planning and market facilitation. Through instruments such as feed-in tariffs, YEKA auctions, and localization incentives, Turkey was able to significantly accelerate wind and solar energy deployment. This resulted in faster renewable capacity growth, greater technology diversification, and a more dynamic energy transition overall.

At the same time, Turkey's rapid renewable expansion also revealed the complexity of managing large-scale structural transformation. Fast growth in solar and wind generation increased pressure on transmission networks, balancing systems, storage requirements, and operational flexibility. This underlines an important lesson for both countries: renewable capacity expansion alone is not sufficient if it is not accompanied by adequate system integration measures.

The findings of this study therefore confirm a broader conclusion increasingly emphasized in energy transition research: renewable energy development depends not only on resource endowment, but also on institutional capacity, regulatory predictability, infrastructure readiness, and financial support mechanisms. Countries with similar renewable potential may nonetheless follow very different transition trajectories depending on the coherence of their policy frameworks and the effectiveness of implementation.

For both Romania and Turkey, the next phase of renewable energy transition will require moving beyond installed capacity targets toward deeper systemic transformation. In practical terms, this means that future policy priorities should focus on strengthening the technical and institutional foundations of energy system flexibility.

First, grid modernization should become a central priority. The expansion of renewable energy requires more intelligent, digitalized, and interconnected electricity networks capable of

integrating variable generation sources and responding efficiently to fluctuations in supply and demand. Without significant investment in transmission and distribution infrastructure, renewable deployment risks becoming constrained by system bottlenecks.

Second, the development of energy storage solutions will be increasingly essential. As wind and solar become larger components of national energy mixes, storage technologies—including batteries, pumped hydro storage, and emerging flexibility tools—will play a crucial role in balancing supply variability and improving system resilience.

Third, both countries should invest in more advanced flexibility mechanisms. Demand-side response systems, smart grid solutions, real-time balancing markets, and digital forecasting tools will be critical in ensuring the efficient integration of intermittent renewable generation.

Fourth, administrative and permitting procedures should be significantly streamlined. Lengthy approval processes, bureaucratic uncertainty, and delays in grid connection remain major barriers to renewable investment in many countries. Faster and more transparent permitting systems would improve investor confidence and accelerate project implementation.

Finally, long-term regulatory stability remains perhaps the most important precondition for sustainable renewable growth. Investors in renewable energy infrastructure require clear policy signals, predictable market rules, and stable support frameworks. Frequent regulatory changes or unclear implementation mechanisms can undermine market confidence and delay energy transition progress.

Ultimately, the comparative analysis of Romania and Turkey demonstrates that a successful renewable energy transition requires a balanced and integrated approach. Technological expansion must be matched by institutional resilience, infrastructure readiness, policy credibility, and market efficiency. The future of sustainable energy systems will depend not simply on how much renewable capacity is installed, but on how effectively countries are able to build flexible, reliable, and socially sustainable energy systems around that capacity.

In this sense, both Romania and Turkey offer important lessons for other emerging and middle-income economies. Romania highlights the value of stability and system resilience, while Turkey illustrates the benefits and challenges of rapid renewable scale-up. Taken together, these experiences show that the most effective energy transitions are those that successfully combine ambition with institutional coherence, innovation with stability, and growth with long-term sustainability.

REFERENCES

Akusta, E., & Cergibozan, R. (2025). Assessment and prioritization of renewable energy alternatives to achieve sustainable development goals in Türkiye: Based on fuzzy AHP approach. Energy for Sustainable Development, 84, 101–118.

European Commission. (2024). Romania final updated National Energy and Climate Plan 2021–2030. European Commission.

European Environment Agency. (2025a). Romania: Renewable energy sources. European Environment Agency.

European Environment Agency. (2025b). Türkiye: Renewable energy sources. European Environment Agency.

Eurostat. (2025). Energy statistics database. European Commission.

Geels, F. W., Sovacool, B. K., Schwanen, T., & Sorrell, S. (2017). Sociotechnical transitions for deep decarbonization. Science, 357(6357), 1242–1244. https://doi.org/10.1126/science.aao3760

International Energy Agency. (2024). World Energy Outlook 2024. International Energy Agency.

International Renewable Energy Agency. (2025). Renewable energy statistics 2025. International Renewable Energy Agency.

Puşcaşu, V., Muntean, M., & Ionescu, C. (2022). Renewable energy policy and investment barriers in Romania: A decade of transition challenges. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 158, Article 112087. https://doi.org/10.1016/j.rser.2022.112087

Sovacool, B. K. (2016). How long will it take? Conceptualizing the temporal dynamics of energy transitions. Energy Research & Social Science, 13, 202–215. https://doi.org/10.1016/j.erss.2015.12.020

Türkiye Ministry of Energy and Natural Resources. (2025). Electricity installed capacity statistics. Ministry of Energy and Natural Resources.

DEINDUSTRIALIZATION AND REINDUSTRIALIZATION: INTER-SECTORAL IMPLICATIONS. EVIDENCE FROM ROMANIA IN THE EUROPEAN CONTEXT

Anca CRISTEA

Romanian Academy, İnstitute for World Economy, Bucharest, Romania, Faculty of Economic Studies from the Hyperion University of Bucharest[1]

Ileana MĂRGINEAN

Romanian Academy, Institute of National Economy, Bucharest, Romania

Abstract

This paper investigates the relationship between deindustrialization and reindustrialization, with particular emphasis on intersectoral implications in Romania against the broader backdrop of European structural transformation. The analysis seeks to clarify whether industrial decline should be interpreted as a "natural" outcome of economic maturity or as a source of structural vulnerability, especially in economies with persistent competitiveness constraints and asymmetric sectoral development (Kuznets, 1971; Rodrik, 2016). The study uses a mixed-methods design combining macro-structural analysis, comparative interpretation of Eurostat indicators, and documentary analysis of official Romanian statistics. The empirical perspective relies on Eurostat structural business statistics for manufacturing, long-run industrial production evidence, and Romanian National Institute of Statistics publications concerning gross value added, sectoral dynamics, and industrial output (Eurostat, 2024, 2025; INS, 2024, 2025). The results suggest that Romania has not experienced deindustrialization in the same pattern as several mature Western European economies; rather, it shows a more complex trajectory combining industrial persistence, productivity pressures, and uneven integration between manufacturing and services. Manufacturing remains strategically important for employment, exports, and value chain participation, while reindustrialization prospects are increasingly linked to digitalization, innovation capacity, and green transition requirements (European Commission, 2024; Eurostat, 2025). The paper concludes that reindustrialization in Romania should not be framed as a simple return to traditional industry, but as a structural upgrading process centered on advanced manufacturing, industrial ecosystems, and stronger intersectoral linkages between production, business services, logistics, and knowledge-intensive activities.

Keywords: deindustrialization, reindustrialization, Romania, manufacturing, structural change, intersectoral linkages, industrial policy

INTRODUCTION

The transformation of economic structures in Europe over recent decades has revived a longstanding debate concerning the role of industry in economic development. Classical structural change theory traditionally interprets the gradual shift from agriculture to manufacturing and subsequently toward services as a natural and desirable process associated with rising productivity, urbanization, and higher living standards. However, contemporary

economic realities have challenged the linearity of this model, especially in the context of globalization, technological disruption, and increased exposure to external shocks.

The foundational framework of structural transformation was articulated by Simon Kuznets, who emphasized that economic development involves the reallocation of labor and capital from low-productivity sectors toward more productive activities. Building on this perspective, Nicholas Kaldor argued that manufacturing occupies a privileged position in the growth process due to its capacity to generate increasing returns to scale, productivity spillovers, and strong backward and forward linkages across sectors (Kaldor, 1966).

More recent literature has revisited the role of manufacturing in advanced and emerging economies. Dani Rodrik (2016) introduced the concept of premature deindustrialization, referring to the decline of industrial employment and output shares in countries that have not yet reached high income levels. According to this perspective, early industrial decline may undermine long-term growth potential, reduce opportunities for productivity convergence, and weaken external competitiveness. This argument is particularly relevant in the European Union, where concerns about industrial resilience, strategic autonomy, and supply chain vulnerabilities have intensified.

In the European context, industry continues to play a decisive role in exports, innovation, technological upgrading, and regional cohesion. Although services have expanded significantly, manufacturing remains a critical source of tradable value added and high-productivity employment. Consequently, the issue is no longer whether deindustrialization is occurring, but rather whether structural transformation supports or weakens long-term productive capacity.

Romania represents a particularly relevant case within this debate. The Romanian economy continues to rely significantly on manufacturing, especially in sectors such as automotive components, machinery, and industrial assembly. Nevertheless, this dependence has not consistently translated into higher domestic value added, technological sophistication, or sustained productivity gains. This duality makes Romania a useful case for understanding the complex relationship between industrial persistence, structural fragility, and reindustrialization potential.

Romanian academic literature provides important insights into these dynamics. Lucian Liviu Albu and Laurențiu Chivu emphasize that structural transformation in Romania has been uneven, characterized by persistent imbalances between sectors, weak technological upgrading, and substantial regional disparities. Their analyses show that industrial restructuring has often occurred without corresponding improvements in productivity, innovation capacity, or workforce skills.

Similarly, Adrian Cristea highlights the importance of industrial activity for territorial cohesion and regional development. His research suggests that Romanian regions with stronger industrial bases tend to perform better in terms of employment, income, and economic resilience.

In addition, Paul Călin argues that Romania’s central challenge lies not in the disappearance of industry, but in its relatively low position within global value chains. From this perspective, the main issue is not quantitative industrial decline, but qualitative limitations related to innovation intensity, technological complexity, and domestic integration.

Taken together, both international and Romanian literature suggest that the Romanian case should not be interpreted simply through the lens of deindustrialization. Rather, the key issue concerns the nature and quality of structural change, the capacity for industrial upgrading, and the extent to which manufacturing can support sustainable long-term development.

METHODOLOGY

This study adopts a mixed-method analytical framework designed to examine the dynamics of structural change in Romania in relation to broader European Union trends. The methodological approach combines descriptive statistical analysis, comparative structural assessment, and interpretative economic analysis in order to capture both the quantitative evolution of sectoral transformation and its qualitative implications for productivity, competitiveness, and economic resilience.

The empirical analysis is based primarily on secondary macroeconomic and sectoral data drawn from reliable institutional sources. The main source of comparative European data is Eurostat, which provides harmonized indicators on sectoral employment, gross value added, industrial production, labor productivity, and structural business statistics. At the national level, complementary data are sourced from the National Institute of Statistics of Romania, particularly national accounts, sectoral output series, labor market indicators, and industrial activity reports. These datasets allow for a consistent longitudinal analysis of Romania's economic structure over time.

The study employs a comparative perspective, situating Romania's structural transformation within the broader context of the European Union. This comparative approach is essential for identifying convergence patterns, structural divergences, and relative performance gaps. Rather than limiting the analysis to absolute sectoral changes, the research emphasizes relative shifts in economic composition and their implications for development trajectories.

The methodological design focuses on three core analytical dimensions.

We begin the study through examine the changing sectoral weight of manufacturing and services in the Romanian economy. This dimension includes the analysis of sectoral shares in gross value added, employment, and output. The objective is to assess whether observed changes reflect a process of productive modernization, deindustrialization, or sectoral rebalancing. Particular attention is given to the evolution of manufacturing relative to the expansion of service activities.

Then our research investigates productivity and value-added generation across sectors. Labor productivity indicators, output per employee, and sectoral contributions to GDP are used to evaluate the quality of structural transformation. This dimension is especially important in assessing whether Romania's industrial persistence has translated into higher efficiency and technological upgrading, or whether it remains concentrated in lower value-added segments.

In the end the analysis considers intersectoral linkages and spillover effects. Manufacturing is assessed not only as an isolated sector but also in terms of its capacity to generate demand, innovation, and productivity gains across the broader economy. This includes examining the role of industrial activity in supporting business services, logistics, regional employment, and export performance. Such an approach reflects the literature emphasizing the systemic role of industry in development processes.

The methodological choice is justified by the complexity of structural change, which cannot be adequately captured through a single indicator or purely static analysis. By integrating sectoral, productivity, and relational dimensions, the study seeks to provide a comprehensive understanding of Romania's economic transformation and the extent to which current structural trends support sustainable long-term development.

RESULTS AND DISCUSSION

The empirical analysis highlights the persistence of industry as a structurally significant component of the Romanian economy, despite the gradual expansion of services and the long-term decline of agriculture. The findings suggest that Romania cannot be characterized as a

fully deindustrialized economy. Rather, its development trajectory reflects a hybrid structural model in which manufacturing continues to play a central role in exports, employment, and productive linkages, although with important limitations in terms of productivity and technological sophistication.

Table 1 indicates a gradual decline in the relative contribution of industry to gross value added, from 28.3% in 2015 to 25.4% in 2023. However, this share remains above the European Union average, confirming that Romania continues to maintain a comparatively strong industrial base.

Table 1. Sectoral Structure of Gross Value Added in Romania (%)

Year	Industry	Services	Agriculture
2015	28.3	60.1	4.5
2018	27.1	62.5	4.2
2020	26.0	64.8	3.8
2023	25.4	66.2	3.5

Source: *National Institute of Statistics of Romania; Eurostat (authors' calculations).*

At the same time, services have expanded steadily, increasing from 60.1% to 66.2%, reflecting the broader trend of tertiarization observed across Europe. Agriculture has continued its long-term contraction, consistent with structural modernization.

Table 2. Employment by Sector in Romania (%)

Year	Industry	Services	Agriculture
2015	30.2	47.5	22.3
2019	29.0	50.8	20.2
2023	28.4	54.6	17.0

Source: *Eurostat; National Institute of Statistics of Romania.*

Employment data confirm the persistence of industry as a major employer. Although the share of industrial employment declined moderately, from 30.2% in 2015 to 28.4% in 2023, it remains significantly above the EU average. Romania also continues to display a relatively high share of employment in agriculture, despite a notable reduction over time. These findings suggest that Romania's structural transformation remains incomplete and differs from the more advanced tertiarization patterns observed in Western Europe.

Table 3. Manufacturing Share in Romania's Exports (%)

Year	Manufacturing
2015	82.1
2018	83.5
2023	84.7

Source: *National Institute of Statistics of Romania; authors' calculations.*

The data presented in Table 3 underline the strategic importance of manufacturing for Romania's external sector. The share of manufacturing in total exports increased from 82.1% in 2015 to 84.7% in 2023, confirming that industry remains the backbone of Romania's export competitiveness. This high export dependence on manufacturing indicates that industrial activity continues to generate substantial tradable value and contributes significantly to macroeconomic stability.

The results clearly show that Romania has not experienced full deindustrialization. On the contrary, industry continues to play a critical role in the economy through its contribution to gross value added, employment, and export performance.

However, the persistence of industry should not be interpreted automatically as a sign of structural strength. The Romanian industrial model remains characterized by relatively low domestic value added, dependence on external technologies, and limited innovation intensity. Therefore, the main challenge lies not in preserving industrial activity per se, but in improving its quality, productivity, and technological depth.

An important finding of the analysis concerns the relationship between industrial development and service sector expansion. Evidence suggests that services tend to grow more dynamically in regions where industrial activity is stronger and more diversified.

Knowledge-intensive business services, information technology activities, logistics, transport, maintenance, and engineering services are closely linked to industrial ecosystems. In Romania, regions with stronger manufacturing clusters—particularly in automotive and electronics—also exhibit higher productivity in associated service sectors.

This finding supports the broader literature emphasizing that industry generates positive spillovers across the economy and contributes to territorial cohesion, innovation diffusion, and local multiplier effects.

Romania’s reindustrialization process is emerging through several interconnected channels. First, the country has deepened its integration into global value chains, particularly in automotive components, machinery, and electronics. Second, industrial digitalization has gradually expanded through automation, process modernization, and smart production systems. Third, the green transition has created new opportunities for investment in renewable technologies, energy efficiency, and sustainable industrial processes.

Nevertheless, important constraints persist. Local value added remains relatively low in many export-oriented sectors, while technological dependence on imported capital goods and know-how remains substantial. This limits Romania’s capacity to fully internalize the benefits of industrial growth and reduces long-term resilience.

Overall, the empirical results suggest that Romania’s economic challenge is not industrial decline, but the need for qualitative industrial upgrading capable of supporting sustainable and competitive long-term development.

A more detailed examination of recent sectoral dynamics further reinforces the conclusion that Romania remains a structurally industrial economy, albeit one undergoing gradual transformation toward a more service-oriented model. The additional statistical evidence provides a clearer understanding of the relative resilience of industry, labor market adjustments, and Romania’s position within the broader European production structure.

Table 4. Industry and Services Share in Romania (%)

Year	Industry (%)	Services (%)
2015	28.0	60.0
2018	27.0	62.0
2020	26.0	64.0
2023	25.0	66.0
2024	25.0	67.0

Source: *Eurostat; National Institute of Statistics of Romania (processed by author).*

Table 4 confirms the gradual rebalancing of Romania's economic structure. Between 2015 and 2024, the share of industry declined moderately from 28.0% to 25.0%, while services increased from 60.0% to 67.0%. This evolution reflects a process of structural adjustment consistent with European trends toward tertiarization. However, the relatively limited decline in industry suggests that Romania has maintained a comparatively robust industrial base. Rather than a process of abrupt deindustrialization, the evidence points to gradual sectoral diversification.

Table 5. Manufacturing Employment in Romania (thousand persons)

Year	Employment (thousand persons)
2015	1,500
2019	1,580
2022	1,450
2025	1,435

***Source**: Eurostat (processed by author).*

Table 5 highlights important labor market trends within Romanian manufacturing. Employment increased between 2015 and 2019, suggesting a period of industrial expansion and stronger integration into European value chains. However, after 2020, manufacturing employment declined, reflecting the effects of pandemic-related disruptions, rising automation, labor shortages, and structural productivity adjustments.

Despite this decline, the sector continues to employ over 1.4 million workers, underlining its importance for income generation, regional employment stability, and social cohesion. This finding indicates that Romanian industry remains a central pillar of labor market resilience, especially in regions with strong manufacturing clusters.

Table 6. Industrial Production Growth in Romania (%)

Year	Growth Rate (%)
2015	3.2
2018	4.1
2020	-1.5
2023	2.3
2025	1.7

***Source:** Eurostat; National Institute of Statistics of Romania (processed by author).*

Industrial production dynamics presented in Table 6 reveal a relatively resilient but uneven growth trajectory. Positive industrial growth in 2015 and 2018 reflects favorable external demand, investment inflows, and integration into European supply chains. The contraction in 2020 is consistent with the broader economic effects of the COVID-19 crisis.

The subsequent recovery in 2023 and continued positive growth in 2025 indicate that Romanian industry retains a significant capacity for adaptation. Nevertheless, the lower post-crisis growth rates suggest persistent structural constraints, including limited technological upgrading, rising production costs, and external dependency.

Table 7. Industry Share Comparison: Romania vs. European Union (%)

Region	Industry Share (%)
Romania	25.0
EU	25.5

Source: *Eurostat (processed by author).*

Table 7 places Romania's industrial profile within a comparative European framework. The data show that Romania's industrial share (25.0%) is only slightly below the EU average (25.5%), indicating that the country remains closely aligned with the European industrial structure in quantitative terms.

This finding is significant because it challenges simplistic narratives of Romanian deindustrialization. Romania's issue is not the disappearance of industry, but rather the qualitative nature of its industrial specialization. A substantial share of industrial output remains concentrated in medium-technology activities, assembly operations, and externally controlled value chains, limiting domestic technological spillovers and value-added capture.

Taken together, these additional empirical results support the broader argument that Romania's economic challenge lies less in reversing deindustrialization and more in advancing a strategy of qualitative reindustrialization. Such a strategy should focus on technological upgrading, digital transformation, domestic supply chain deepening, workforce reskilling, and stronger innovation capacity. Only under these conditions can Romania transform industrial persistence into a durable source of sustainable competitiveness.

The empirical findings suggest that Romania's structural transformation cannot be adequately interpreted through the traditional linear model of economic development, according to which industrial activity gradually declines while services naturally become the dominant engine of growth. Such a perspective oversimplifies the Romanian case and risks overlooking the specific features of its economic structure. A more accurate interpretation is that Romania currently exhibits a hybrid economic model, in which industry and services remain deeply interconnected and mutually dependent.

The results show that manufacturing continues to play a fundamental role in sustaining exports, employment, regional economic activity, and productive spillovers. Although the relative share of industry in gross value added has declined moderately over time, this change does not indicate a process of full deindustrialization. On the contrary, Romania has maintained an industrial base that remains more significant than in many European economies.

The core structural challenge, therefore, is not the disappearance of industry, but rather its insufficient upgrading within global and regional value chains. A substantial part of Romanian manufacturing remains concentrated in medium- and low-value-added segments, often characterized by assembly-based production, technological dependence, and limited domestic innovation capacity. This constrains productivity growth and reduces the extent to which industrial expansion translates into broader development gains.

At the same time, the expansion of the service sector should not be interpreted as an automatic substitute for industrial weakness. The findings indicate that the most productive and dynamic services—such as information technology, logistics, engineering, business support, and advanced professional services—tend to emerge and expand more strongly in regions where industrial activity is already well developed. In this sense, services in Romania often function as complementary sectors that depend on industrial ecosystems rather than as autonomous drivers capable of compensating for industrial decline.

This interdependence has important implications for economic policy. A sustainable development strategy for Romania should not be based on the assumption that tertiarization alone will ensure long-term competitiveness. Instead, structural transformation should be understood as a process of qualitative rebalancing, in which industrial modernization and service sector upgrading reinforce each other.

From this perspective, Romania's long-term competitiveness depends on its ability to move beyond a cost-based industrial model toward a more knowledge-intensive and innovation-driven production structure. This requires coordinated policies aimed at technological upgrading, workforce reskilling, research and development support, stronger domestic supply chains, and improved institutional linkages between industry, education, and innovation systems. Only through such an integrated approach can Romania convert its hybrid economic structure into a durable source of sustainable growth and resilience.

CONCLUSIONS

Romania's current economic structure reflects a complex interaction between continuity and transformation. On the one hand, the country has preserved a significant industrial base compared with many other European economies. On the other hand, the broader dynamics of structural change—marked by the expansion of services, technological shifts, and increasing global competition—have altered the role and functioning of industry within the national economy. This duality suggests that Romania's development trajectory cannot be understood through simplistic narratives of either deindustrialization or industrial resilience alone. Rather, it must be interpreted as an evolving hybrid model in which the quality of structural transformation matters more than the mere distribution of sectoral shares.

The empirical findings confirm that industry continues to play a central role in Romania's economic performance. Manufacturing remains a key source of exports, employment, and productive intersectoral linkages, while also supporting regional development and social stability. However, the persistence of industry in quantitative terms does not automatically guarantee long-term competitiveness. The Romanian industrial model continues to face significant structural limitations, including relatively low domestic value added, limited technological sophistication, external dependency in strategic inputs and equipment, and weak innovation diffusion across sectors.

In this context, reindustrialization should not be understood as a simple expansion of industrial output or employment. A sustainable reindustrialization strategy must focus on qualitative transformation rather than quantitative restoration. This implies, first and foremost, strengthening innovation capacity through increased investment in research and development, technological adoption, and digital transformation. Industry can no longer remain competitive on the basis of low labor costs or external subcontracting alone; future competitiveness depends on moving toward more knowledge-intensive and higher-productivity production models.

A second strategic priority concerns the creation of higher domestic value added. Romania's participation in global value chains has generated important benefits in terms of employment and exports, but it has also exposed structural vulnerabilities related to limited domestic technological capabilities and relatively weak local supplier networks. Increasing the domestic content of production, supporting local firms' integration into industrial ecosystems, and promoting technological spillovers are therefore essential for strengthening economic resilience.

A third crucial dimension is intersectoral integration. The analysis shows that industrial development and service sector expansion are not competing processes, but mutually

reinforcing ones. The most dynamic and productive services—such as logistics, IT, engineering, and advanced business services—tend to develop around strong industrial hubs. Consequently, industrial policy should be embedded within a broader strategy of structural coordination that links production, skills, infrastructure, innovation, and regional development.

Ultimately, the key question for Romania is not whether it should industrialize again, but how it can modernize its productive structure in a way that supports long-term sustainability, resilience, and convergence. The future of Romanian economic development depends less on preserving industry in its existing form and more on transforming it into a more innovative, technologically advanced, and territorially integrated foundation for sustainable growth.

REFERENCES

Albu, L. L., & Chivu, L. (2021). *Structural changes and competitiveness in the Romanian economy*. Bucharest, Romania: Expert Publishing.

Călin, P. (2020). *Industrial policy and global value chains in Romania*. Bucharest, Romania: ASE Publishing House.

Cristea, A. (2022). *Regional development and industrial resilience in Romania*. Bucharest, Romania: Economic Publishing House.

European Commission. (2024). *Country report Romania 2024*. Brussels, Belgium: European Commission.

Eurostat. (2024). *National accounts and structural business statistics database*. Retrieved from https://ec.europa.eu/eurostat

Kaldor, N. (1966). *Causes of the slow rate of economic growth of the United Kingdom*. Cambridge, United Kingdom: Cambridge University Press.

Kuznets, S. (1971). *Economic growth of nations: Total output and production structure*. Cambridge, MA: Harvard University Press.

National Institute of Statistics of Romania. (2024). *National accounts and external trade statistics*. Bucharest, Romania: National Institute of Statistics.

OECD. (2023). *Economic surveys: Romania*. Paris, France: OECD Publishing.

Rodrik, D. (2016). Premature deindustrialization. *Journal of Economic Growth, 21*(1), 1–33.

CAUSES AND PREVENTION OF INTENSİVE CARE UNIT INFECTIONS: A THEMATIC ANALYSIS OF RECENT STUDIES

Assoc. Prof. Dr. Ayten KAYA

Ordu University, Ikizce Vocational School, Fundamentals of Nursing, Ordu, Türkiye

ORCID ID: 0000-0002-7684-3675

Assoc. Prof. Dr. Zila Özlem KIRBAŞ

Bayburt University, Faculty of Health Sciences, Pediatric Nursing, Bayburt, Türkiye

ORCID ID: 0000-0003-4030-5442

ABSTRACT

Introduction and Purpose: Intensive care units are settings where critically ill patients are treated and invasive procedures are frequently performed, making them key areas for healthcare-associated infections. These infections increase mortality, prolong hospital stay, and raise healthcare costs. This study aims to examine the main causes, common types, and prevention strategies of intensive care unit infections based on recent scientific evidence.

Materials and Methods: This study was conducted to compile current evidence on the causes and prevention of intensive care unit infections. A literature search was performed in PubMed, Scopus, Web of Science, and Google Scholar databases. Studies published since 2021 were included. Keywords such as “ICU infections,” “ventilator-associated pneumonia,” “central line-associated bloodstream infections,” “catheter-associated urinary tract infections,” “nosocomial infections,” and “infection control” were used. The selected studies were reviewed to evaluate up-to-date findings regarding the main causes of ICU infections and prevention strategies.

Results: Literature shows that the most common intensive care unit infections are ventilator-associated pneumonia, central line–associated bloodstream infections, and catheter-associated urinary tract infections. Major risk factors include invasive devices, prolonged hospitalization, immunosuppression, and antimicrobial resistance. Catheter duration, mechanical ventilation time, and adherence to care practices are key determinants of infection development. Interventions such as hand hygiene, aseptic techniques, proper catheter management, and care bundles significantly reduce infection rates.

Discussion and Conclusion: The findings indicate that intensive care infections have a multifactorial structure and require a multidisciplinary approach. Effective infection control depends on continuous education, adherence to evidence-based practices, and the implementation of comprehensive surveillance systems.

Keywords: Intensive care unit infections; ventilator-associated pneumonia; central line-associated bloodstream infections; catheter-associated urinary tract infections; infection control

ÖZET

Amaç ve Kapsam: Yoğun bakım üniteleri, kritik hastaların tedavi edildiği ve invaziv girişimlerin sıklıkla uygulandığı ortamlar olup, sağlık hizmeti ilişkili enfeksiyonlar açısından önemli risk alanlarıdır. Bu enfeksiyonlar mortaliteyi artırmakta, hastanede kalış süresini uzatmakta ve sağlık maliyetlerini yükseltmektedir. Bu çalışma, yoğun bakım enfeksiyonlarının başlıca nedenlerini, yaygın türlerini ve önleme stratejilerini güncel bilimsel kanıtlar doğrultusunda incelemeyi amaçlamaktadır.

Gereç ve Yöntem: Bu çalışma, yoğun bakım enfeksiyonlarının nedenleri ve önlenmesine ilişkin güncel kanıtları derlemek amacıyla gerçekleştirilmiştir. Literatür taraması PubMed, Scopus, Web of Science ve Google Scholar veri tabanlarında yapılmıştır. 2021 yılı ve sonrasında yayımlanan çalışmalar dahil edilmiştir. Tarama sürecinde "ICU infections", "ventilator-associated pneumonia", "central line-associated bloodstream infections", "catheter-associated urinary tract infections", "nosocomial infections" ve "infection control" anahtar kelimeleri kullanılmıştır. Seçilen çalışmalar, yoğun bakım enfeksiyonlarının başlıca nedenleri ve önleme stratejilerine ilişkin güncel bulguları değerlendirmek amacıyla incelenmiştir.

Bulgular: Literatür, yoğun bakım ünitelerinde en sık görülen enfeksiyonların ventilatör ilişkili pnömoni, santral kateter ilişkili kan dolaşımı enfeksiyonları ve kateter ilişkili üriner sistem enfeksiyonları olduğunu göstermektedir. Başlıca risk faktörleri arasında invaziv cihaz kullanımı, uzun süreli hastanede yatış, immünsüpresyon ve antimikrobiyal direnç yer almaktadır. Kateter kullanım süresi, mekanik ventilasyon süresi ve bakım uygulamalarına uyum enfeksiyon gelişiminde temel belirleyicilerdir. El hijyeni, aseptik teknikler, uygun kateter yönetimi ve bakım paketleri gibi uygulamaların enfeksiyon oranlarını anlamlı düzeyde azalttığı görülmektedir.

Tartışma ve Sonuç: Bulgular, yoğun bakım enfeksiyonlarının çok faktörlü bir yapıya sahip olduğunu ve multidisipliner bir yaklaşım gerektirdiğini göstermektedir. Etkin enfeksiyon kontrolü; sürekli eğitim, kanıta dayalı uygulamalara uyum ve kapsamlı sürveyans sistemlerinin uygulanmasına bağlıdır.

Anahtar Kelimeler: Yoğun bakım enfeksiyonları; ventilatör ilişkili pnömoni; santral kateter ilişkili kan dolaşımı enfeksiyonları; kateter ilişkili üriner sistem enfeksiyonları; enfeksiyon kontrolü

INTRODUCTION

Healthcare-associated infections (HAIs) are currently recognized as one of the most significant global health problems in terms of patient safety. Intensive care units (ICUs), in particular, are high-risk environments for the development of infections due to the monitoring of critically ill patients, the frequent use of invasive procedures, and the suppression of the immune system. These infections increase mortality and morbidity, prolong hospital stays, and impose a substantial economic burden on healthcare systems.

European surveillance data supporting global findings also indicate that intensive care infections represent a major public health concern. According to data from the European Centre for Disease Prevention and Control (ECDC), at least one healthcare-associated infection was reported in 9.8% of patients who stayed in the ICU for more than two days (European Centre for Disease Prevention and Control [ECDC], 2025). Among these patients, pneumonia was observed in 6%, bloodstream infections in 4%, and urinary tract infections in 3%. The majority of pneumonia cases were associated with intubation, while bloodstream infections were linked

to central venous catheters and urinary tract infections were primarily related to urinary catheters (ECDC, 2025).

From a microbiological perspective, *Pseudomonas aeruginosa* is the most frequently isolated pathogen in pneumonia, coagulase-negative staphylococci in bloodstream infections, and *Escherichia coli* in urinary tract infections. In addition, antimicrobial resistance remains a significant concern, with the presence of methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* (MRSA) and glycopeptide-resistant *Enterococcus* species drawing particular attention (European Centre for Disease Prevention and Control [ECDC], 2025). High levels of resistance to third-generation cephalosporins and carbapenems have been reported among Gram-negative bacteria, with carbapenem resistance reaching up to 74% in *Acinetobacter baumannii* isolates.

When examining data from Türkiye, infection rates in intensive care units vary depending on the type of infection. The incidence of central line-associated bloodstream infections is approximately 2.7, while catheter-associated urinary tract infections range between 0.7 and 1.2. In contrast, ventilator-associated pneumonia rates vary between 2.0 and 7.6, indicating higher prevalence compared to other infection types (Ministry of Health of the Republic of Türkiye, 2024).

From an economic perspective, intensive care infections impose a substantial burden on healthcare systems. Treatment costs for patients who develop infections increase by two to six times, with an estimated additional cost of approximately 30,000 USD per patient (Agency for Healthcare Research and Quality [AHRQ], 2022). On a global scale, healthcare-associated infections are reported to create a significant economic burden (Orlando et al., 2025).

Among the most common types of healthcare-associated infections (HAIs) observed in intensive care units are ventilator-associated pneumonia (VAP), central line-associated bloodstream infections (CLABSI), and catheter-associated urinary tract infections (CAUTI). Previous studies indicate that a substantial proportion of intensive care infections consists of these three types (Mert et al., 2024). The development of these infections is primarily associated with the use of invasive devices, duration of catheterization, and adherence to care practices.

Central line-associated bloodstream infections are among the most severe infections in intensive care settings. The occurrence of CLABSI is directly associated with prolonged hospital stay, increased healthcare costs, and higher mortality rates (Rajandra et al., 2025). International data suggest that mortality rates in patients with CLABSI can reach up to 39% (Rosenthal et al., 2025). Furthermore, it has been reported that each additional day of catheter use increases the risk of infection (Rosenthal et al., 2025).

Various international guidelines have been developed for the prevention of CAUTI and VAP. Preventive strategies for CAUTI include avoiding unnecessary catheter use, applying aseptic techniques, and ensuring early catheter removal (Ling et al., 2023; Gould et al., 2010). For VAP prevention, interventions such as head-of-bed elevation, sedation management, and oral care have been shown to significantly reduce infection rates (Alanazi & Alonazi, 2024).

Microbial characteristics and antimicrobial resistance play a crucial role in the development of intensive care infections. Increasing resistance among Gram-negative bacteria significantly complicates treatment processes (Paradynski et al., 2025; Mermer, 2026). In addition, the emergence of multidrug-resistant pathogens such as *Candida auris* further challenges infection control efforts (Açıakalin Arıkan & Sezak, 2025).

Multicomponent infection control strategies are essential for preventing intensive care infections. The implementation of bundle approaches has been shown to significantly reduce CLABSI rates (Rosenthal et al., 2025). Hand hygiene, aseptic techniques, and appropriate catheter management are fundamental components of these strategies.

Moreover, the physical characteristics of intensive care environments also influence infection control. Current guidelines emphasize the importance of incorporating features such as isolation areas, ventilation systems, and surface disinfection in ICU design (Hamilton et al., 2025).

Overall, these findings demonstrate that intensive care infections have a multifactorial and dynamic nature. Therefore, a comprehensive and holistic approach is required to better understand their causes and to develop effective prevention strategies.

The aim of this study is to thematically analyze the main causes, current trends, and prevention strategies of healthcare-associated infections in intensive care units based on recent scientific literature.

CONCEPTUAL FRAMEWORK

Artificial Intelligence Use and Ethical Statement

In this study, artificial intelligence (AI) tools were used solely to support language editing, academic structuring, and formatting processes. The use of AI was limited to improving the clarity, coherence, and readability of the manuscript.

All processes related to data collection, analysis, interpretation, and conclusion were conducted entirely by the researchers.

METHOD

In this study, the literature on healthcare-associated infections observed in intensive care units was systematically reviewed. The literature search was conducted using PubMed, Scopus, Web of Science, and Google Scholar databases. During the search process, the keywords “nosocomial infections”, “healthcare-associated infections”, “intensive care unit”, “ICU infections”, “ventilator-associated pneumonia (VAP)”, “central line-associated bloodstream infection (CLABSI)”, “catheter-associated urinary tract infection (CAUTI)”, “infection control”, “antimicrobial resistance”, and “risk factors”, as well as their combinations, were used.

Only studies published in 2021 and later were included in the analysis. The inclusion criteria were defined as studies focusing on healthcare-associated infections in intensive care units, having full-text availability, published in English or Turkish, and designed as original research articles, systematic reviews, or clinical guidelines.

The exclusion criteria included studies focusing on non-ICU populations, case reports, duplicate studies, and studies that did not provide sufficient methodological data.

A total of 111 studies were included in the analysis based on the predefined inclusion and exclusion criteria. These studies were categorized under main thematic areas, including prevention, device-associated infections, risk factors, epidemiology, antimicrobial resistance, treatment, special patient groups, and system-related factors.

Each study was evaluated using content analysis, and common findings were identified and grouped under thematic categories. The obtained data were tabulated and presented as frequency (n) and percentage (%) distributions, and their clinical significance was further interpreted.

An example of the analyzed data is presented in the table below.

Table 1. Sample Data from Thematic Analysis

Article No	Keywords	Sub-theme
Article 41	CAUTI, catheter use, biofilm, antibiotic overuse	Catheter-associated infections
Article 32	HAI prevalence, antibiotic use, intensive care, mortality	ICU infection burden
Article 43	MDR bacteria, hygiene, isolation, surveillance	Antimicrobial resistance and control
Article 45	IPC strategies, hand hygiene, MDRO, prevention approaches	Infection control strategies
Article 49	CLABSI, catheter duration, ICU, risk factors	Device-associated infection risks
Article 55	Sepsis, ICU infections, risk model	Risk factors
Article 57	Candida, Aspergillus, fungal infections	Fungal infections
Article 65	VAP, antibiotic management, ventilation	Ventilator-associated infections
Article 78	Nursing education, hygiene, VAP prevention	Education and practice
Article 88	Hand hygiene, electronic monitoring system	Hygiene practices

RESULTS

As a result of the thematic analysis of the included studies, five main themes were identified. The first theme revealed that intensive care infections are largely associated with invasive devices such as ventilators and catheters. The second theme demonstrated that patient-related risk factors, including immunosuppression, comorbidities, and prolonged hospital stays, play a significant role in the development of infections.

The third theme emphasized the predominance of Gram-negative bacteria and the increasing prevalence of multidrug resistance, while also highlighting the growing importance of fungal and viral infections. The fourth theme indicated that infection prevention strategies, such as bundle approaches, hand hygiene, and antiseptic use, are effective in reducing infection rates. Finally, the fifth theme showed that intensive care infections increase mortality, prolong hospital stays, and impose a substantial economic burden on healthcare systems.

As presented in Table 2, the majority of studies on intensive care infections focus on prevention and infection control strategies, followed by device-associated infections and risk factors. This finding suggests that preventive approaches are prominent in the literature and that invasive procedures play a critical role in the development of infections.

Table 2. Classification of Articles According to Main Themes

Theme	Sub-themes	Frequency (n)	Percentage (%)
Prevention and infection control	Hand hygiene, education, bundles, guidelines, technology	42	37.8
Device-associated infections	VAP, CLABSI, CAUTI, biofilm	19	17.1
Risk factors	Length of stay, antibiotic use, ventilation, comorbidity	18	16.2
Epidemiology	Prevalence, incidence, pandemic impact	15	13.5
Antimicrobial resistance	MDR bacteria, resistance development	14	12.6
Treatment and management	Antibiotics, antifungal, antiviral	13	11.7
Special patient groups	Neonates, COVID-19, immunosuppressed, transplant	14	12.6
Clinical outcomes	Mortality, length of stay, cost	12	10.8
System and environmental factors	ICU design, technology, organization	10	9.0

As shown in Table 2, ventilator-associated pneumonia (VAP) is the most frequently studied type among device-associated infections in the literature. This is followed by central line-associated bloodstream infections (CLABSI) and catheter-associated urinary tract infections (CAUTI).

Table 3. Distribution of Device-Associated Infection Types

Infection Type	Frequency	Clinical Significance
Ventilator-associated pneumonia (VAP)	34 articles	Increases mortality and duration of mechanical ventilation
Central line-associated bloodstream infection (CLABSI)	29 articles	High risk of sepsis and mortality
Catheter-associated urinary tract infection (CAUTI)	21 articles	May lead to secondary bacteremia
Catheter-related bloodstream infection (CRBSI)	16 articles	Associated with prolonged catheter use
Biofilm-related infections (microbial surface colonization)	11 articles	

As shown in Table 3, risk factors, dominant microorganisms, and prevention strategies are evaluated holistically in the development of intensive care infections. Gram-negative bacteria appear to be predominant, while invasive device use and antibiotic consumption are identified as major risk factors. Furthermore, prevention strategies such as hand hygiene, bundle implementations, and surveillance systems are observed to be effective in infection control.

Table 4. Thematic Distribution of Intensive Care Infections

Main Theme	Sub-theme	Findings / Subcategories
Risk Factors	Clinical risks	Prolonged hospital stay; invasive device use; mechanical ventilation
	Treatment-related factors	Antibiotic use
	Patient characteristics	Comorbidities; immunosuppression
	Care processes	Poor hygiene practices
Dominant Microorganisms	Gram-negative bacteria	*Acinetobacter baumannii*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Klebsiella pneumoniae*, *Escherichia coli*
	Gram-positive bacteria	*Staphylococcus aureus* (MRSA)
	Fungal pathogens	*Candida* spp.
Prevention Strategies	Infection control	Hand hygiene (including electronic monitoring)
	Education	Repeated training programs
	Clinical protocols	Bundle approaches (VAP, CLABSI)
	Antiseptic practices	Chlorhexidine (CHG) bathing
	Monitoring systems	Surveillance systems (e.g., RT-NISS)
	Treatment management	Antimicrobial stewardship
	Patient care	Head-of-bed elevation (30–45°)
	Device management	Reduction of catheter use
Clinical Outcomes	Mortality	Higher mortality, especially in MDR and ICU infections
	Length of stay	Prolonged hospitalization

Main Theme	Sub-theme	Findings / Subcategories
	Healthcare costs	Increased due to extended treatment and interventions
	Complications	Sepsis, septic shock, multi-organ failure
	Readmission	Increased due to recurrence and resistance

As shown in Table 4, the type and frequency of infections in specific patient groups vary depending on patient characteristics. While catheter-associated infections and *Candida* species are more prominent in neonatal intensive care patients, secondary bacterial and fungal infections are more frequently observed in patients with COVID-19.

The infection characteristics observed in special patient groups in intensive care settings are summarized in Table 5. These groups differ in terms of immune status, underlying conditions, and treatment processes, which influence both the type and frequency of infections. Understanding these differences is essential for developing targeted prevention and management strategies.

Table 5. Infection Characteristics in Special Patient Groups

Patient Group	Characteristics
Neonates (NICU)	CLABSI and *Candida* infections are common
COVID-19 patients	Secondary bacterial and fungal infections
Immunosuppressed patients	High risk of viral and fungal infections
Transplant recipients	Predominance of Gram-negative infections
Oncology patients	High risk of bacteremia and sepsis

CONCLUSION and DISCUSSION

This study demonstrated that healthcare-associated infections in intensive care units have a multifactorial structure, with device-associated infections accounting for a substantial portion of the clinical burden. The findings indicate that ventilator-associated pneumonia (VAP), central line-associated bloodstream infections (CLABSI), and catheter-associated urinary tract infections (CAUTI) are the most frequently reported infection types in the literature. This supports the view that invasive procedures are among the primary determinants of infection development in intensive care patients (Blot et al., 2022; Klompas et al., 2022; Bouhrour et al., 2024; Chakraverty & Kundu, 2025).

A considerable number of studies highlight that infection development is influenced not only by device use but also by patient-related factors such as advanced age, comorbidities, and immunosuppression, as well as care-related and environmental factors including prolonged hospital stay and antibiotic use (Moriyama et al., 2022; Isigi et al., 2023; Eyebe et al., 2022; Aiesh et al., 2023). In particular, extended ICU stay, prolonged catheter use, and disease severity have been identified as significant contributors to increased infection risk (Moriyama et al., 2022). These findings reinforce the multifactorial nature of healthcare-associated infections.

Antimicrobial resistance emerged as a critical issue across the analyzed studies. Multidrug-resistant Gram-negative bacteria and biofilm-forming microorganisms significantly increase infection burden and complicate treatment processes (Bouhrour et al., 2024; Aiesh et al., 2023). Furthermore, inappropriate empirical antibiotic therapy has been associated with increased mortality and poorer clinical outcomes (Plata-Menchaca & Ferrer, 2022; Bassetti et al., 2022). These findings underscore the importance of antimicrobial stewardship programs (Blot et al., 2022; Lemiech-Mirowska et al., 2021).

When special patient groups are considered, immunosuppressed individuals, neonates, and patients with COVID-19 are at higher risk of developing infections (Brachio et al., 2023; Dermitzaki et al., 2024; Coşkun & Durmaz, 2021; Kreitmann et al., 2024). Fungal infections,

in particular, have been shown to significantly increase mortality and prolong ICU stay in these populations (Suleyman & Alangaden, 2021; Martin-Loeches et al., 2025). This highlights the need for patient-specific prevention and treatment strategies.

In terms of prevention, strategies such as hand hygiene, educational interventions, care bundles, and technological monitoring systems have been shown to be effective in reducing infection rates (Jang, 2025; AlOtaibi et al., 2025; Akkoç et al., 2021; Hamdan et al., 2025). Repeated training programs have been found to improve healthcare professionals' knowledge and practice levels, with sustained long-term effects (Jang, 2025). Additionally, electronic monitoring systems have been associated with significant reductions in infection rates (Akkoç et al., 2021).

In conclusion, preventing intensive care infections requires a multidisciplinary approach, continuous education, effective surveillance systems, and the implementation of evidence-based care practices. The sustainability of infection control measures and the compliance of healthcare professionals play a critical role in this process. Future studies should focus on intervention-based research evaluating the long-term effects of these practices and their impact on clinical outcomes.

REFERENCES

Açıakalin Arıkan, B., & Sezak, N. (2025). *Candida (Candidozyma) auris: From colonization to invasive infection*. Forbes Journal of Medicine, 6(2).

Agency for Healthcare Research and Quality. (2022). *National estimates of healthcare-associated infections*.

Aiesh, B. M., Qashou, R., Shemmessian, G., et al. (2023). Nosocomial infections in the surgical intensive care unit. *BMC Infectious Diseases, 23*(1), 686.

Akkoç, G., Soysal, A., Gül, F., et al. (2021). Electronic hand hygiene monitoring. *Journal of Infection in Developing Countries, 15*(12), 1923–1928.

Alanazi, S., & Alonazi, W. B. (2024). Enhancing critical care practitioners' knowledge and adherence to ventilator-associated events bundle: A comprehensive analysis. *Frontiers in Medicine, 11*, 1365742. https://doi.org/10.3389/fmed.2024.1365742

AlOtaibi, M., Alrashedi, H. N., Alasmari, H. A. S., et al. (2025). Optimizing infection control. *Infection, Disease & Health, 30*(3), 194–202.

Bassetti, M., Mularoni, A., Giacobbe, D. R., et al. (2022). New antibiotics for pneumonia. *Seminars in Respiratory and Critical Care Medicine, 43*(2), 280–294.

Blot, S., Ruppé, E., Harbarth, S., et al. (2022). Epidemiology of ICU infections. *Intensive and Critical Care Nursing, 70*, 103227.

Bouhrour, N., Nibbering, P. H., & Bendali, F. (2024). Biofilm infections. *Pathogens, 13*(5), 393.

Brachio, S. S., Gu, W., & Saiman, L. (2023). NICU infections. *Clinics in Perinatology, 50*(2), 381–397.

Chakraverty, R., & Kundu, A. K. (2025). *Hospital-acquired infections*. Springer.

Coşkun, A. S., & Durmaz, Ş. Ö. (2021). COVID-19-associated fungal infections. *Polish Journal of Microbiology, 70*(3), 395.

Dermitzaki, N., Baltogianni, M., Tsekoura, E., & Giapros, V. (2024). Candida infections. *Pathogens, 13*(8), 660.

European Centre for Disease Prevention and Control. (2025). *Annual epidemiological report for 2022: Healthcare-associated infections in intensive care units*.

Gould, C. V., Umscheid, C. A., Agarwal, R. K., et al. (2010). Guideline for prevention of catheter-associated urinary tract infections. *Infection Control & Hospital Epidemiology, 31*(4), 319–326. https://doi.org/10.1086/651091

Hamdan, D. B., Hatahet, S., Khalil, H., & Yousef, K. M. (2025). CLABSI prevention. *Heart & Lung, 71*, 98–105.
Hamilton, D. K., Gary, J. C., Scruth, E., et al. (2025). ICU design guidelines. *Critical Care Medicine, 53*(3), e690–e700.
Isigi, S. S., Parsa, A. D., Alasqah, I., et al. (2023). Risk factors in ICU infections. *JMIR Public Health and Surveillance, 9*, e43743.
Jang, K. (2025). Education and infection control. *Nursing in Critical Care, 30*(4), e70123.
Klompas, M., Branson, R., Cawcutt, K., et al. (2022). VAP prevention strategies. *Infection Control & Hospital Epidemiology, 43*(6), 687–713.
Kreitmann, L., Helms, J., Martin-Loeches, I., et al. (2024). ICU infections. *Intensive Care Medicine, 50*(3), 332–349.
Lemiech-Mirowska, E., Kiersnowska, Z. M., Michałkiewicz, M., et al. (2021). Nosocomial infections. *Annals of Agricultural and Environmental Medicine, 28*(3), 361–366.
Ling, M. L., Ching, P., Apisarnthanarak, A., et al. (2023). CAUTI prevention guidelines. *Antimicrobial Resistance & Infection Control, 12*(1), 52. https://doi.org/10.1186/s13756-023-01252-3
Martin-Loeches, I., Cornely, O. A., Denning, D. W., et al. (2025). Invasive candidiasis. *Intensive Care Medicine*.
Mermer, S. (2026). Gram-negative pathogens and resistance in ventilator-associated pneumonia. *Ege Medical Journal, 65*(1), 139–148.
Mert, D., Demirkıran, B. Ç., İskender, G., et al. (2024). Device-associated infections in ICUs. *Journal of Infection in Developing Countries, 18*(6), 937–942.
Moriyama, K., Ando, T., Kotani, M., et al. (2022). CRBSI risk factors. *Medicine, 101*(42), e31160.
Orlando, S., Cicala, M., De Santo, C., et al. (2025). Economic burden of HAIs. *Infection Prevention in Practice, 7*(1), 100406.
Paradynski, G. A., Machado, R. D. S., Sulzbacher, L. M., et al. (2025). Bacterial resistance in ICU. *Microbiology Research, 17*(1), 8.
Plata-Menchaca, E. P., & Ferrer, R. (2022). Nosocomial pneumonia treatment. *Revista Española de Quimioterapia, 35*(Suppl 3), 25.
Rajandra, A., Yunos, N. A. M., Teo, C. H., et al. (2025). CLABSI risk factors. *Antibiotics, 14*(3), 271. https://doi.org/10.3390/antibiotics14030271
Rosenthal, V. D., Memish, Z. A., Shweta, F. N. U., et al. (2025). CLABSI prevention. *International Journal of Infectious Diseases, 150*, 107290.
Suleyman, G., & Alangaden, G. J. (2021). Fungal infections. *Infectious Disease Clinics, 35*(4), 1027–1053.
Republic of Türkiye Ministry of Health. (2024). *National healthcare-associated infections surveillance report (USHIESA) 2023*.

CURRENT DIAGNOSTIC APPROACHES IN CEREBRAL TOXOPLASMOSIS

Dr. Öğr.Üyesi Türkan Mutlu YAR
Department of Medical Parasitology, Faculty of Medicine, Ordu University, Turkey
ORCIDID: 0000-0002-7145-7476

Prof. Dr.Ülkü KARAMAN
Department of Medical Parasitology, Faculty of Medicine, Ordu University, Turkey
ORCID ID: 0000-0001-7027-1613

ABSTRACT

Objective: Cerebral toxoplasmosis is a life-threatening opportunistic infection, particularly in immunocompromised individuals. Due to the lack of a single definitive diagnostic test and the overlap of clinical and radiological findings with other central nervous system pathologies, accurate diagnosis remains challenging. This study aims to review and summarize current diagnostic methods used in cerebral toxoplasmosis and to emphasize the importance of a combined diagnostic approach.

Methods: A narrative review was conducted focusing on current diagnostic strategies for cerebral toxoplasmosis, including serological tests, molecular methods, and neuroimaging findings. The diagnostic performance, advantages, and limitations of each method were evaluated based on existing literature.

Results: Serological tests such as IgG and IgM are widely used but are limited in distinguishing active from latent infection, especially in immunocompromised patients. Polymerase chain reaction (PCR), particularly when applied to cerebrospinal fluid samples, provides high specificity, although sensitivity varies between 50–80%. Real-time PCR offers faster and more reliable results compared to conventional PCR. Emerging techniques such as digital PCR and next-generation sequencing (NGS) show promise, especially in cases with low parasitic load. Neuroimaging, particularly MRI, typically demonstrates multiple ring-enhancing lesions and characteristic findings such as the eccentric target sign; however, these findings are not entirely specific and may mimic primary central nervous system lymphoma or tuberculoma.

Conclusion: No single diagnostic method is sufficient for the definitive diagnosis of cerebral toxoplasmosis. A combined approach integrating clinical suspicion, imaging findings, serology, molecular diagnostics, and treatment response remains the most reliable strategy. Advances in molecular techniques and artificial intelligence-supported imaging are expected to improve diagnostic accuracy in the future.

Keywords: Cerebral toxoplasmosis, Diagnosis, PCR, MRI, Immunocompromised patients, Molecular methods

ÖZET

Amaç: Serebral toksoplazmoz, özellikle bağışıklık sistemi zayıflamış kişilerde yaşamı tehdit eden bir fırsatçı enfeksiyondur. Tek bir kesin tanı testinin bulunmaması ve klinik ile radyolojik

bulguların diğer merkezi sinir sistemi hastalıklarıyla örtüşmesi nedeniyle, doğru tanı koymak hâlâ zorluk teşkil etmektedir. Bu çalışma, serebral toksoplazmozda kullanılan güncel tanı yöntemlerini gözden geçirip özetlemeyi ve kombine bir tanı yaklaşımının önemini vurgulamayı amaçlamaktadır.

Materyal-Metod: Serolojik testler, moleküler yöntemler ve nörogörüntüleme bulguları dahil olmak üzere serebral toksoplazmoz için mevcut tanı stratejilerine odaklanan bir anlatımsal derleme yapılmıştır. Her yöntemin tanısal performansı, avantajları ve sınırlılıkları mevcut literatüre dayalı olarak değerlendirilmiştir.

Bulgular: IgG ve IgM gibi serolojik testler yaygın olarak kullanılmaktadır ancak özellikle bağışıklık sistemi zayıflamış hastalarda aktif enfeksiyonu latent enfeksiyondan ayırt etme konusunda sınırlıdır. Polimeraz zincir reaksiyonu (PCR), özellikle beyin omurilik sıvısı örneklerine uygulandığında yüksek özgüllük sağlar; ancak duyarlılığı %50–80 arasında değişmektedir. Gerçek zamanlı PCR, geleneksel PCR'ye kıyasla daha hızlı ve daha güvenilir sonuçlar sunar. Dijital PCR ve yeni nesil sekanslama (NGS) gibi yeni teknikler, özellikle parazit yükünün düşük olduğu vakalarda umut vaat etmektedir. Nörogörüntüleme, özellikle MRG, tipik olarak çok sayıda halka şeklinde kontrastlanabilen lezyonlar ve eksantrik hedef işareti gibi karakteristik bulgular gösterir; ancak bu bulgular tamamen spesifik değildir ve primer merkezi sinir sistemi lenfoması veya tüberkülozu taklit edebilir.

Sonuç: Serebral toksoplazmozun kesin tanısı için tek başına yeterli olan bir tanı yöntemi bulunmamaktadır. Klinik şüphe, görüntüleme bulguları, seroloji, moleküler tanı yöntemleri ve tedaviye yanıtı bir araya getiren kombine bir yaklaşım, halen en güvenilir strateji olmaya devam etmektedir. Moleküler tekniklerdeki gelişmelerin ve yapay zeka destekli görüntüleme yöntemlerinin gelecekte tanı doğruluğunu artıracağı öngörülmektedir.

Anahtar kelimeler: Serebral toksoplazmoz, Tanı, PCR, MRG, Bağışıklık sistemi baskılanmış hastalar, Moleküler yöntemler

GIRIŞ

Toksoplazma gondii (T. gondii), memeliler ve çeşitli kuş türleri (ara konakçı olarak) dahil olmak üzere hemen hemen tüm sıcakkanlı hayvanları enfekte eden zorunlu hücre içi bir protozoondur ve nihai konağı bir kedi ailesidir. *T. gondii*, hayvanlardan insanlara direk temas yoluyla bulaşmamakta fakat hayvan dışkısıyla, dışkının bulaştığı eşyalar yoluyla ya da enfekte olan çiftlik hayvanlarının az pişmiş olarak besin yoluyla tüketilmesiyle bulaşabilmektedir (1,2).

T. gondii merkezi sinir sistemine kan beyin bariyerini geçerek ulaşır, serebralenfeksiyona parazitin bradizoit evresinde beyinde doku kisti oluşturması yol açar. Bu sırada anatomik, immünolojik, patolojik, nörotransmitter düzeylerinde ve gen ifadelerinde değişiklikler gibi farklı değişiklikler meydana gelebilir (2).

Merkezi sinir sisteminin (MSS) fırsatçı enfeksiyonları arasında serebral toksoplazmozis, özellikle bağışıklık sistemi baskılanmış bireylerde yüksek morbidite ve mortalite oranları ile öne çıkan kritik bir klinik tablodur. Zorunlu hücre içi bir protozoon olan *Toxoplasma gondii*'nin neden olduğu bu enfeksiyon, dünya genelinde yaygın bir prevalansa sahip olup, bağışıklık yanıtı yeterli bireylerde genellikle sessiz seyrederken, hücresel bağışıklığın zayıfladığı durumlarda latent kistlerin reaktivasyonu ile ölümcül bir ensefalit tablosuna dönüşebilmektedir. Modern tıbbın tanısal araçlarındaki gelişmelere rağmen, serebral toksoplazmozisin klinik ve radyolojik bulgularının diğer MSS patolojileri ile önemli ölçüde örtüşmesi, tanıda multidisipliner ve kombine bir yaklaşımı zorunlu kılmaktadır (3).

Epidemiyolojik Arka Plan ve Türkiye Verileri

Toxoplasma gondii enfeksiyonu, dünya nüfusunun yaklaşık üçte birini etkileyen küresel bir sağlık sorunudur. Parazitin yaygınlığı, coğrafi konuma, iklim koşullarına, beslenme alışkanlıklarına ve hijyen standartlarına bağlı olarak büyük farklılıklar göstermektedir. Türkiye özelinde yapılan epidemiyolojik çalışmalar, seroprevalansın %17,5 ile %69,5 gibi oldukça geniş bir aralıkta seyrettiğini ortaya koymaktadır. Bu yüksek prevalans, toplumun önemli bir kısmının parazit ile karşılaştığını ve potansiyel olarak latent kist taşıyıcısı olduğunu göstermektedir. Özellikle HIV/AIDS hastalarında serebral toksoplazmozis prevalansının yaklaşık %35,8 olduğu tahmin edilmektedir; bu oran yüksek gelirli ülkelerde %26,3 civarındadır (4,5).

Parazitin bulaş yolları, insan sağlığı üzerindeki etkisinin sürekliliğini açıklamaktadır. Enfeksiyon; doku kisti içeren az pişmiş etlerin tüketilmesi, kedi dışkısı ile kontamine olmuş su veya gıdalardaki ookistlerin yutulması, organ nakli, kan transfüzyonu veya transplasental yolla (vertikal geçiş) bulaşabilmektedir. Türkiye'deki veriler, özellikle çiğ et tüketim alışkanlıkları ve çevre hijyeni gibi faktörlerin seropozitivite oranlarını etkilediğini vurgulamaktadır (6).

Patogenez ve Kan-Beyin Bariyeri Mekanizmaları

T. gondii'nin nörotropik doğası, parazitin kan-beyin bariyerini (KBB) aşma yeteneğine dayanmaktadır. Akut enfeksiyon sırasında bağırsak bariyerini geçen takizoitler, dolaşım ve lenf sistemi yoluyla vücuda yayılır. KBB'yi geçiş süreci, parazitin konak hücrelerini manipüle etme yeteneğini sergileyen "Truva Atı" stratejisi başta olmak üzere üç ana mekanizma üzerinden gerçekleşmektedir (7).

Mekanizma	Tanım ve İşleyiş	Patolojik Sonuçlar
Truva Atı (Trojan Horse)	Enfekte dendritik hücre ve monositlerin KBB'den hiper-migratuvar geçişi.	Parazitin bağışıklık sisteminden gizlenerek MSS'ye sızması.
Parasellüler Geçiş	Sıkı bağlantıların (tight junctions) geçici olarak gevşetilmesi.	KBB geçirgenliğinde fokal artışlar ve enflamatuar sızıntı.
Transendotelyal Yol	Endotel hücrelerinin doğrudan enfeksiyonu, replikasyon ve lizis.	Mikrovasküler hasar ve doğrudan parankimal invazyon.

MSS'ye giriş yapan parazitler; astrosit, mikroglia ve nöronları enfekte ederek replikasyonlarını sürdürürler. Bağışıklık yanıtının etkisiyle takizoitler, metabolik olarak yavaş olan bradizoit formuna dönüşür ve doku kistleri içinde latent kalır. Bu kistler, özellikle serebral korteks, bazal ganglionlar ve hipokampus gibi bölgelerde yoğunlaşır. İmmün yetmezlik durumunda, özellikle CD4+T lenfosit sayısının 100 hücre/u*L* altına düşmesiyle bu kistler rüptüre olur ve reaktivasyon süreci başlar (8).

Klinik Spektrum ve Laboratuvar Bulguları

Serebral toksoplazmozis genellikle subakut bir başlangıç gösterir. Hastaların klinik sunumu, beyindeki lezyonların yerleşimi ve sayısına bağlı olarak değişkenlik gösterir. En sık izlenen nörolojik semptomlar ve bunların klinik önemi şu şekilde kategorize edilebilir:

- **Fokal Nörolojik Defisitler:** Hemiparezi, kranial sinir felçleri ve konuşma bozuklukları, bazal ganglion ve kortikomedüller bileşke tutulumunun bir sonucudur.
- **Genel Ensefalopati Bulguları:** Baş ağrısı, ateş, konfüzyon, letarji ve psikomotor değişiklikler yaygındır.

- **Nöbetler:** Hastaların önemli bir kısmında ilk başvuru semptomu jeneralize veya fokal nöbetler olabilmektedir.

Laboratuvar değerlendirmesinde, hastaların bağışıklık durumunun belirlenmesi tanının ilk adımıdır. HIV pozitif bireylerde ileri evre immün yetmezlik göstergesi olan düşük CD4 sayıları, serebral toksoplazmozis şüphesini kuvvetlendirir. Bununla birlikte, hematolojik maligniteler (örneğin ALL) nedeniyle yoğun kemoterapi alan hastalarda, B hücresi fonksiyon kaybına bağlı olarak antikor üretiminin yetersiz kalabileceği ve serolojik testlerin yanıltıcı şekilde negatif sonuç verebileceği unutulmamalıdır (9-11).

Tanısal Yaklaşımlar: Serolojiden Moleküler Devrime

Serebral toksoplazmozis tanısında "tek ve kesin" bir altın standart testin bulunmaması, hekimleri birden fazla yöntemi entegre etmeye zorlamaktadır. Tanısal süreç; klinik şüphe, serolojik veriler, moleküler analizler ve nörogörüntüleme bulgularının sentezinden oluşur (12).

Serolojik Analizlerin Rolü ve Kısıtlılıkları

Serolojik testler, IgG ve IgM antikorlarının saptanmasına dayanır. İmmün yetmezliği olan hastalarda, serum IgG pozitifliği vakaların %95'inden fazlasında görülür ve bu durum parazit ile geçmişte karşılaşıldığının (latent enfeksiyonun) bir göstergesidir. Ancak, reaktivasyon durumunda bile IgM antikorları genellikle saptanmaz

Serolojik Parametre	**Tanısal Değeri**	**İmmünsuprese Hastalarda Durum**
Toxoplasma IgG	Geçmiş maruziyeti gösterir.	Genellikle pozitiftir; negatifliği tanıyı uzaklaştırır.
Toxoplasma IgM	Akut enfeksiyon göstergesidir.	Reaktivasyonda genellikle negatiftir.
IgG Avidite Testi	Enfeksiyonun zamanlamasını belirler.	İmmün yetmezlikte yorumlanması zordur.

Güncel kanıtlar, serolojinin tek başına aktif serebral toksoplazmozisi teşhis etmede yetersiz kaldığını, ancak "negatif prediktif değerinin" yüksek olduğunu vurgulamaktadır. Yani, IgG antikoru negatif olan bir HIV hastasında serebral toksoplazmozis olasılığı oldukça düşüktür (12,13).

Moleküler Tanı: PCR Tekniklerinin Evrimi

Polimeraz Zincir Reaksiyonu (PCR), özellikle beyin omurilik sıvısı (BOS) örneklerinde parazit DNA'sının saptanması için kritik bir araçtır. BOS'ta çalışılan PCR'ın özgüllüğü %95-100 gibi mükemmel düzeylerdeyken, duyarlılığı %50-80 arasında değişebilmektedir. Duyarlılığı artıran en önemli faktör, hedef gen bölgesinin seçimidir.

Sık kullanılan iki hedef bölge bulunmaktadır:

1. **B1 Geni:** Genomda 35 kez tekrarlanan bu dizi, uzun yıllar standart hedef olarak kullanılmıştır.

2. **REP-529 (529 bp tekrarlayan element):** Genomda 200-300 kopya halinde bulunması nedeniyle B1 genine göre 10 ile 100 kat daha yüksek duyarlılık sağlamaktadır.

Güncel çalışmalar, Real-Time PCR (qPCR) yönteminin yerini yavaş yavaş daha hassas tekniklere bıraktığını göstermektedir.

Droplet Dijital PCR (ddPCR), örneği binlerce küçük damlacığa bölerek her birinde bağımsız amplifikasyon yapar ve parazit DNA'sının mutlak miktarını belirler. ddPCR, özellikle düşük parazit yükü olan örneklerde ve PCR inhibitörlerinin varlığında qPCR'a göre daha üstün performans sergilemektedir. 2025 yılına ait bir değerlendirme, ddPCR ile qPCR arasında %97 oranında bir uyum saptamış, ancak ddPCR'ın kantifikasyon yeteneğinin tedavi takibinde daha yararlı olabileceğini belirtmiştir (4,14-15).

Yeni Nesil Dizileme (NGS) ve Metagenomik Yaklaşımlar

Tanısı konulamayan karmaşık MSS enfeksiyonlarında Metagenomik Yeni Nesil Dizileme (mNGS), devrim niteliğinde bir yaklaşım sunmaktadır. mNGS, hipotezden bağımsız olarak örnekteki tüm nükleik asitleri dizileyerek virüs, bakteri, mantar ve parazitleri aynı anda tespit edebilir. Ancak insan konak DNA'sının yoğunluğu, parazit sinyalini maskeleyebilmektedir. Bu engeli aşmak için geliştirilen **Hedefli NGS (tNGS)**, belirli patojen panellerini zenginleştirerek dizileme yapar. 2025 yılına ait klinik veriler, mNGS ile negatif sonuçlanan düşük parazit yüklü BOS ve intraoküler sıvı örneklerinde tNGS'nin *T. gondii*'yi başarıyla tanımladığını kanıtlamaktadır (11).

Radyolojik Görüntüleme: Karakteristik İşaretler ve Ayırıcı Tanı

Radyoloji, serebral toksoplazmozis tanısında "presumptif" (varsayımsal) teşhisin temel direğidir. Bilgisayarlı Tomografi (BT) genellikle ilk basamak test olsada, lezyonları saptama ve karakterize etmede Manyetik Rezonans Görüntüleme (MRG) tartışmasız üstünlüğe sahiptir (5).

Konvansiyonel MRG Bulguları

Serebral toksoplazmozis, MRG'de tipik olarak multipl, çevreleyen vazojenik ödemin eşlik ettiği halka şeklinde kontrast tutan (ring-enhancing) lezyonlar şeklinde izlenir. Lezyonlar sıklıkla bazal ganglionlarda, talamusta ve kortikomedüller bileşkede yerleşir.

MRG'de iki ikonik işaret tanıda yüksek özgüllük sağlar:

- **Eksantrik Hedef İşareti (Eccentric Target Sign):** Post-kontrast T1 ağırlıklı görüntülerde, halka içindeki duvara yapışık küçük nodüler kontrast tutulumudur. Bu görünüm patognomonik kabul edilse de vakaların sadece %30'unda saptanır. Histopatolojik olarak bu nodül, nekroz alanı içindeki kıvrımlı ve genişlemiş damar yumağını temsil eder.
- **Konsantrik Hedef İşareti (Concentric Target Sign):** T2 ağırlıklı görüntülerde izlenen konsantrik halkalar (hipo-hiper-hipo intensite dizilimi) toksoplazmozis lehine güçlü bir kanıttır (16,17).

İleri MRG Teknikleri ile Ayırıcı Tanı

Serebral toksoplazmozis ile Primer MSS Lenfoması (PCNSL) arasındaki ayırım, HIV pozitif hastalarda en büyük tanısal zorluktur. Bu noktada ileri teknikler devreye girmektedir.

Teknik	Serebral Toksoplazmozis	MSS Lenfoması (PCNSL)
Difüzyon MR (DWI/ADC)	Lezyon merkezinde serbest difüzyon (Yüksek ADC).	Kısıtlanmış difüzyon (Düşük ADC, < 0,6 x $10^{-3} mm^2/$).
Perfüzyon MR (DSC)	Düşük bağıl serebral kan hacmi (rCBV < 1,5).	Yüksek rCBV (> 1,5).
MR Spektroskopi	Laktat ve lipid pikleri baskındır.	Yüksek kolin piki (hücre proliferasyonu göstergesi).

Difüzyon ağırlıklı görüntülemede toksoplazma apselerinin piyojenik apselerden farkı, merkezlerinin genellikle difüzyon kısıtlaması göstermemesidir. Ayrıca, lenfomalarda izlenen homojen kontrast tutulumu ve periventriküler yerleşim, toksoplazmozisin heterojen halka tutulumundan ayırt edici bir özelliktir (5,18).

- **Tedavi Stratejileri ve 2024-2025 Kılavuzları**

Serebral toksoplazmozis tanısı konulan veya güçlü şüphe duyulan hastalarda tedaviye gecikmeden başlanmalıdır. Tanı süreci genellikle ampirik tedaviye verilen yanıt üzerinden ilerler.

Akut Faz Tedavisi

Güncel kılavuzlar (EACS 2024/2025), ilk tercih olarak primetamin, sülfadiazin ve folinik asit kombinasyonunu önermektedir.

1. **Tercih Edilen Rejim:**

○ **Primetamin:** İlk gün 200 mg yükleme dozu, ardından vücut ağırlığına göre 50-75 mg/gün.

○ **Sülfadiazin:** 2000-3000 mg (günde iki kez).

○ **Folinik Asit (Lökovorin):** Kemik iliği baskılanmasını önlemek için 10-25 mg/gün.

2. **Alternatif Rejimler:**

○ Sülfa alerjisi olanlarda: **Primetamin + Klindamisin** (600-900 mg, 4x1).

○ Pratik ve etkili bir seçenek: **Trimethoprim-Sulfamethoxazole (TMP-SMX)** (5 mg/kg TMP bileşeni, 2x1 iv veya po). TMP-SMX'in primetamin bazlı rejimlere göre "non-inferior" (etki bakımından aşağı kalmayan) olduğu ve daha az yan etki profiline sahip olduğu bildirilmektedir (8,9).

Tedavi Yanıtının İzlenmesi ve Sekonder Profilaksi

Ampirik tedaviye başlanan hastalarda, 1-2 hafta içinde klinik ve radyolojik düzelme beklenir. Eğer bu süre zarfında iyileşme görülmezse veya semptomlar kötüleşirse, MSS lenfoması veya diğer enfeksiyonları dışlamak için stereotaktik beyin biyopsisi planlanmalıdır.

Akut tedavi 6 hafta sürdürülür ve ardından sekonder profilaksiye (idame tedavisi) geçilir. İdame tedavisi, hastanın CD4+ T hücresi sayısı antiretroviral tedavi (ART) ile 200 hücre/uL üzerine çıkana ve viral yük en az 6 ay boyunca baskılanana kadar devam ettirilmelidir (8,9).

- **Yapay Zeka ve Radyomik: Tanıda Yeni Ufuklar**

2024 ve 2025 yıllarına ait araştırmalar, serebral toksoplazmozis tanısında yapay zeka (YZ) ve radyomik modellerinin kullanımında büyük bir artış olduğunu göstermektedir. Radyomik, radyolojik görüntülerdeki piksel yoğunlukları ve doku dokularını analiz ederek invaziv olmayan bir "dijital biyopsi" yapılmasına olanak tanır.

- **Derin Öğrenme (Deep Learning) Modelleri:** Evrişimli Sinir Ağları (CNN), toksoplazma lezyonlarını MSS lenfoması ve metastazlardan ayırmada %90'ın üzerinde doğruluk oranlarına ulaşmıştır.

- **XGBoost ve Radyomik Öznitelikler:** T1-kontrastlı ve FLAIR sekanslarından elde edilen radyomik özellikler kullanılarak geliştirilen XGBoost modelleri, inflamatuar lezyonlar ile maligniteler arasında yüksek ayırıcı güç (AUC > 0,95) sergilemektedir.

Bu teknolojik ilerlemeler, özellikle biyopsi yapmanın riskli olduğu anatomik bölgelerdeki lezyonların teşhisinde hekimlere kritik bir karar destek mekanizması sunmaktadır. Gelecekte, radyomik imzaların moleküler verilerle (radyogenomik) birleştirilmesiyle tanısal doğruluğun maksimize edilmesi hedeflenmektedir (19).

- **Gelecek Perspektifi ve Multidisipliner Yaklaşımın Önemi**

Serebral toksoplazmozis, moleküler biyoloji ve ileri görüntüleme tekniklerindeki tüm gelişmelere rağmen karmaşıklığını koruyan bir hastalıktır. 2026 yılına uzanan projeksiyonlar, tanıda şu trendlerin hakim olacağını göstermektedir:

1. **Daha Hassas Kantifikasyon:** ddPCR'ın yaygınlaşmasıyla, BOS'taki parazit yükü üzerinden tedavi başarısının sayısal olarak izlenmesi.

2. **Sanal Biyopsi:** Yapay zeka destekli radyomik modellerin, invaziv prosedürlere olan ihtiyacı azaltması.

3. **Kişiselleştirilmiş İmmünoterapi:** Hastanın bağışıklık profilinin (sitokin düzeyleri, CD4+ alt grupları) tedavi şemasına entegre edilmesi.

Sonuç olarak, serebral toksoplazmozisin başarılı yönetimi; klinik şüphenin erken uyandırılmasına, ampirik tedavinin hızla başlanmasına ve modern tanı araçlarının akılcı kullanımına bağlıdır. Türkiye gibi parazit prevalansının yüksek olduğu bölgelerde, özellikle bağışıklık sistemi baskılanmış hastaların takibinde bu güncel yaklaşımların standart hale getirilmesi, hasta sonuçlarını iyileştirmede hayati bir rol oynayacaktır.

Tanısal doğruluk ve tedavi başarısı arasındaki doğrudan ilişki, hekimlerin hem klasik radyolojik işaretlere (eksantrik hedef işareti gibi) hem de en yeni moleküler tekniklere (ddPCR ve NGS gibi) hakim olmasını gerektirmektedir. Serebral toksoplazmozis, multidisipliner bir ekip çalışmasıyla yönetildiğinde, mortalitesi yüksek bir hastalıktan, tedavi edilebilir ve kontrol altına alınabilir bir klinik tabloya dönüşmektedir.

KAYNAKLAR

1. Fuglewicz, A. J.,Piotrowski, P., &Stodolak, A. (2017). Relationshipbetweentoxoplasmosisandschizophrenia: A review. *Advances in clinicalandexperimentalmedicine :official organ WroclawMedicalUniversity*, *26*(6), 1031–1036. https://doi.org/10.17219/acem/61435

2. McConkey, G. A., Martin, H. L., Bristow, G. C., &Webster, J. P. (2013). Toxoplasmagondiiinfectionandbehaviour -location, location, location?. *TheJournal of experimentalbiology*, *216*(Pt 1), 113–119. https://doi.org/10.1242/jeb.074153

3. Sakai M, Higashi M, Fujiwara T, Uehira T, Shirasaka T, Nakanishi K, Kashiwagi N, Tanaka H, Terada H, Tomiyama N. MRI imaging features of HIV-related central nervous system diseases: diagnosis by pattern recognition in daily practice. Jpn J Radiol. 2021 Nov;39(11):1023-1038. doi: 10.1007/s11604-021-01150-4. Epub 2021 Jun 14. PMID: 34125369; PMCID: PMC8202053.

4. Bin Dajem SM, Almushait MA. Detection of Toxoplasma gondii DNA by PCR in blood samples collected from pregnant Saudi women from the Aseer region, Saudi Arabia. Ann Saudi Med. 2012 Sep-Oct;32(5):507-12. doi: 10.5144/0256-4947.2012.14.7.1200. PMID: 22796740; PMCID: PMC6080984.

5. Yang Z, Chen J, Zhang C, Peng H. Pathological mechanisms of glial cell activation and neurodegenerative and neuropsychiatric disorders caused by *Toxoplasma gondii* infection.

Front Microbiol. 2024 Dec 11;15:1512233. doi: 10.3389/fmicb.2024.1512233. PMID: 39723133; PMCID: PMC11668811
6. BEDER, D., TAŞBENT, F. E. (2020). Genel Özellikleri ve Laboratuvar Tanısı ile Toxoplasma gondii Enfeksiyonları. Türkiye Parazitoloji Dergisi, 44(2),94-101. doi.org/10.4274/tpd.galenos.2020.6634Toksoplazmozis; patogenez ve immunite - JournalAgent, erişim tarihi Nisan 20, 2026, https://pdf.journalagent.com/turkhijyen/pdfs/THDBD-75418-REVIEW-ASLAN.pdf
7. van Deuzen CM, Rijnders BJA, Bax HI, Rokx C, de Vries-Sluijs TEMS, Schurink CAM, Nouwen JL, de Mendonça-Melo M, Anas AA, van Gorp ECM, Slobbe L, van Hellemond JJ, van Nood E. Cerebral toxoplasmosis in the twenty-first century. AIDS. 2026 Feb 1;40(2):143-150. doi: 10.1097/QAD.0000000000004356. Epub 2025 Sep 24. PMID: 40985660; PMCID: PMC12746774.
8. Dubey JP. Toxoplasma Gondii. Baron S, editör. Tıbbi Mikrobiyoloji. 4. baskı. Galveston (TX): Galveston'daki Texas Üniversitesi Tıp Fakültesi; 1996. Bölüm 84. Şuradan erişilebilir: https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK7752/
9. Samatha A, Rupashi M, Patel NK, Raziya BS, Mansi S, Shubham RS. Antiretroviral Tedaviye Uyumsuz HIV Pozitif 32 Yaşındaki Erkekte Serebral Toksoplazmoz. medtigo J Neurol Psychiatr. 2025;2(3):e3084237. doi:10.63096/medtigo3084237
10. Marcus C, Feizi P, Hogg J, Summerfield H, Castellani R, Sriwastava S, Marano GD. Imaging in Differentiating Cerebral Toxoplasmosis and Primary CNS Lymphoma With Special Focus on FDG PET/CT. AJR Am J Roentgenol. 2021 Jan;216(1):157-164. doi: 10.2214/AJR.19.22629. Epub 2020 Oct 28. PMID: 33112669.
11. Recalt E, Lespagnol A, Hamet L, Guegan H, Gangneux J-P, Galibert M-D, Robert-Gangneux F. Evaluation of droplet digital PCR for the clinical diagnosis of toxoplasmosis. Microbiol Spectr. 2025 Dec 2;13(12):e0298425. doi: 10.1128/spectrum.02984-25. Epub 2025 Oct 28. PMID: 41147738; PMCID: PMC12671171.
12. Kowalczyk M, Sroka J, Wójcik-Fatla A. Evolution of Toxoplasma gondii Detection and Genotyping Methods. J Parasitol Res. 2026 Feb 27;2026:5586858. doi: 10.1155/japr/5586858. PMID: 41766928; PMCID: PMC12949366.
13. Zhao Y, Zhang W, Zhang X. Application of metagenomic next-generation sequencing in the diagnosis of infectious diseases. Front Cell Infect Microbiol. 2024 Nov 15;14:1458316. doi: 10.3389/fcimb.2024.1458316. PMID: 39619659; PMCID: PMC11604630.
14. Ueno H, Norose K, Kamimura T, Mihara K, Yamasaki F, Hikosaka K, J Amatya V, Takeshima Y, Kurisu K, Maruyama H. Metastatic Malignant Lymphoma Mimicking Cerebral Toxoplasmosis with the "Target Sign". Intern Med. 2019 Apr 15;58(8):1157-1162. doi: 10.2169/internalmedicine.1156-18. Epub 2018 Dec 18. PMID: 30568116; PMCID: PMC6522404.
15. Hooper GW, Ansari S, Johnson JM, Ginat DT. Advances in the Radiological Evaluation of and Theranostics for Glioblastoma. Cancers (Basel). 2023 Aug 18;15(16):4162. doi: 10.3390/cancers15164162. PMID: 37627190; PMCID: PMC10453051.
16. Pettersson L, Vezzi F, Vonlanthen S, Alwegren K, Hedrum A, Hauzenberger D. Development and performance of a next generation sequencing (NGS) assay for monitoring of mixed chimerism. Clin Chim Acta. 2021 Jan;512:40-48. doi: 10.1016/j.cca.2020.10.034. Epub 2020 Nov 21. PMID: 33227269.
17. Ueno H, Norose K, Kamimura T, Mihara K, Yamasaki F, Hikosaka K, J Amatya V, Takeshima Y, Kurisu K, Maruyama H. Metastatic Malignant Lymphoma Mimicking Cerebral Toxoplasmosis with the "Target Sign". Intern Med. 2019 Apr 15;58(8):1157-1162. doi: 10.2169/internalmedicine.1156-18. Epub 2018 Dec 18. PMID: 30568116; PMCID: PMC6522404.

18. Gaddamanugu S, Shafaat O, Sotoudeh H, Sarrami AH, Rezaei A, Saadatpour Z, Singhal A. Clinical applications of diffusion-weighted sequence in brain imaging: beyond stroke. Neuroradiology. 2022 Jan;64(1):15-30. doi: 10.1007/s00234-021-02819-3. Epub 2021 Oct 1. PMID: 34596716; PMCID: PMC8484843.
19. Holtkamp M, Parmar V, Hosch R, Salhöfer L, Styczen H, Li Y, Opitz M, Glas M, Guberina N, Wrede K, Deuschl C, Forsting M, Nensa F, Umutlu L, Haubold J. AI-guided virtual biopsy: Automated differentiation of cerebral gliomas from other benign and malignant MRI findings using deep learning. Neurooncol Adv. 2025 Jan 20;7(1):vdae225. doi: 10.1093/noajnl/vdae225. PMID: 39877747; PMCID: PMC11773384.

OREXİNERGIC SYSTEM AND EPILEPSY

Fatma Banu ŞEN

Department of Physiology Faculty of Medicine University of Ondokuz Mayis, Samsun-Turkey

ORCID ID: https://orcid.org/0000-0002-4529-6795

Elif TÜRKDÖNMEZ AK

Ordu University, Faculty of Medicine, Department of Physiology, Ordu, Turkey

ORCID ID: https://orcid.org/0000-0001-9609-3624

ÖZET

Giriş ve amaç: Bu derleme, nörodejeneratif bir hastalık modeli olan epilepside oreksinerjik sistemin rolünü araştırmayı amaçlamıştır. Bu çalışma, klinik çalışmalar ve uluslararası kılavuzlar temel alınarak hazırlanmıştır. Literatür taraması, farklı modellerin farklı sonuçlar verdiğini vurgulamıştır.

Bulgular: Oreksin, normal uyku düzeni, iştah, nöroendokrin fonksiyon ve enerji metabolizmasının düzenlenmesinde etkilidir. Çalışmalar, oreksin nörotransmisyonunun uyanıklık sırasında yüksek, yavaş dalga uykusu sırasında hafif ve REM uykusu sırasında yok olduğunu göstermiştir. Öte yandan, uyku yoksunluğunun beyin omurilik sıvısındaki oreksin seviyelerini artırdığını gösteren çalışmalar da vardır. Tüm bu sonuçlar birlikte değerlendirildiğinde, nöbet eğiliminin yüksek oreksin seviyeleri dönemlerinde daha yüksek, oreksin yokluğu dönemlerinde ise daha düşük olduğu sonucuna varılabilir. Bu nedenle, oreksinerjik iletimin aşırı aktivitesinin nöbetlerle ilişkili olduğu tahmin edilebilir. Ancak, bunun tersine, çalışmalar ayrıca Oreksin-A'nın, bikukilin modeli epilepsi gibi patolojik durumlarda CA1 bölgesindeki deşarjlar sonrasında amplitüdde, çoklu diken süresinin azalmasına ve spontan epileptiform aktivitenin inhibisyonunda uzun süreli bir azalmaya neden olduğunu göstermiştir. Bununla birlikte, mekanizmasına ilişkin net bir yorum henüz yapılmamıştır.

Tartışma ve sonuç: Oreksinlerin epilepsi patogenezi üzerindeki etkilerine ilişkin çalışmalar çelişkili sonuçlar vermiştir. Bazı çalışmalar oreksinin antiepileptik aktiviteye sahip olduğunu gösterirken, diğerleri oreksinin epilepsi patogenezini şiddetlendirdiğini göstermiştir. Bu bulgular, oreksinerjik sistemin epilepsi gibi farklı patofizyolojik durumlara yanıt olarak farklı etkiler gösterebileceği ve antiepileptik aktivitesinin kullanılan deneysel modellerdeki farklılıklardan kaynaklanabileceği görüşünü desteklemektedir.

ABSTRACT

Introduction and aim: This review aimed to investigate the role of the orexinergic system in epilepsy, a neurodegenerative disease model; a literature review highlighted that different models yielded varying results. This study was prepared based on clinical and preclinical studies and international guidelines.

Results: Orexin has effects on the regulation of normal sleep patterns, appetite, neuroendocrine function, and energy metabolism. Studies have shown that orexin neurotransmission is high during wakefulness, light during slow-wave sleep, and absent during REM sleep. On the other hand, there are studies showing that sleep deprivation increases orexin levels in cerebrospinal fluid. Considering all these results together, it can be concluded that seizure tendency is higher during periods of high orexin levels and lower during periods of orexin absence. Therefore, it is possible to predict that excessive activity of orexinergic transmission is associated with seizures. However, conversely, studies have also shown that Orexin-A causes prolonged depression of amplitude, inhibition of duration of multiple spikes, and inhibition of spontaneous epileptiform activity after discharges in the CA1 region in pathological conditions such as bicukilin model epilepsy. However, a clear interpretation regarding its mechanism has not been made.

Discussion: Studies on the effects of orexins on the pathogenesis of epilepsy have yielded conflicting results. Some studies have shown that orexin possesses antiepileptic activity, while others have shown that orexin exacerbates the pathogenesis of epilepsy. These findings support the view that the orexinergic system may exhibit different effects in response to different pathophysiological conditions such as epilepsy, and that its antiepileptic activity may be due to differences in the experimental models used.

1.GİRİŞ

Nöronal aşırı uyarılabilirlik ve aşırı senkronizasyon ile karakterize edilen epilepsi, epileptik nöbetlere yol açan ve bilişsel işlev bozukluğuna neden olan, nöbetlerin döngüsel olarak tekrarlanması şeklinde tanımlanır[1]. Yetişkin insanlarda epilepsi beyin damar hastalıklarından sonra görülen ikinci rahatsızlık olurken, çocukluk ve ergenlik döneminde ise en fazla rastlanan hastalıktır. Epilepsi oluşum (epileptogenez) sürecinin moleküler, anatomik ve sinaptik düzeyde kesin mekanizmalarını ele alan, iyonik kanalların veya nörotransmiter reseptörlerinin düzensizliğini içeren birkaç teori vardır[2]. Epileptogenez sırasında, azalmış GABA üretimi aşırı nöronal uyarılmaya neden olur ve GABA aktivitesini artıran ligandların antiepileptik özelliklere sahip olduğu bilinir[3]. Epilepsi oluşum sürecinde rolü olan muhtemel farklı moleküller vardır. Örneğin, beyindeki glutamatın (en sık uyarıcı nörotransmiter) fazlalığı nöbet riskini artırır[4]. Antiepileptik ilaçlar (AED'ler) çoğu hastada nöbetleri etkili bir şekilde kontrol edebilse de, hastaların yaklaşık %20-30'unda uzun süreli tedaviye rağmen etkili nöbet kontrolü sağlanamayan ilaca dirençli epilepsi (DRE) gelişebilir[5]. Farmakolojik veya cerrahi müdahalelere dirençli olan bu hastalar için tekrarlayan nöbetler ciddi fiziksel ve psikolojik zorluklara yol açabilir [6].

Epilepsi oluşumunda nöropeptidler, reseptörler ve nörotransmitterler gibi çok sayıda sistemin rolü bulunmaktadır. Hipokretin olarak da adlandırılan oreksin peptidlerinin 1998 yılında Orexin-A ve Orexin-B olmak üzere iki tipi tanımlanmıştır [7]. Bu peptid, sıçanların lateral ventrikülüne enjeksiyonu sonucu besin alımını artırdığı için, araştırıcılar bu peptidi Yunanca'da 'iştah' anlamına gelen "orexis" kelimesinden esinlenerek "orexin" olarak tanımlamışlardır [8]. Sakurai ve ekibi [8], ilk izole ettikleri peptit formunu oreksin-A (OX-A) olarak adlandırmış ve 33 aminoasit uzunluğunda olduğunu belirtirken, benzer şekilde hücre içi kalsiyum konsantrasyonunda artışa neden olan ve ilkine %46 oranında (13/28) homoloji gösteren 28 aminoasit uzunluğundaki ikinci peptidi ise oreksin-B (OX-B) olarak tanımlamışlardır. Oreksin peptitleri için gen varyantları ve özellikle onların G protein-bağlı reseptörleri (OX1 ve OX2) tanımlanmış[9] ve uyku-uyanıklık dahil olmak üzere şizofrenide polidipsi [10,11], panik bozukluğu [12], duygudurum bozuklukları[13], migren[13] gibi birçok merkezi sinir sistemi problemlerinde araştırılmıştır[14]. Bu iki reseptör tipinin sekans homolojisi %64 oranındadır. OX1R için insan ve

fare arasında %94 sekans homolojisi bulunurken, OX2R için ise bu oran %95'dir [15] [16] [17] [18]. Oreksin reseptörleri, bir çok G proteinlerine bağlanabilmektedir[19]. OX1R, OX-A'ya 100-1000 kat fazla afinite gösterirken, OX2R'nin her iki oreksin tipine afinitesi eşittir [20] [21]. Deneysel kanıtlar, insan adrenal korteksindeki OX-2 reseptörlerinin G_i, G_s ve G_q proteinlerini aktive ettiğini gösterir [22] [23]. Her iki oreksin reseptörü muhtemelen $G_{i/o}$, G_s ve G_q ailesi G proteinlerine bağlanma yeteneğine sahiptir; ancak bu, dokuya ve özel düzenlemeye bağlı değişebilir[9]. Oreksinerjik nöronlar, lateral hipotalamustan beyin sapı, serebral korteks ve limbik sistem dahil olmak üzere beynin farklı bölgelerine, hücre ölümüne kadar çeşitli aktivitelere aracılık ederek projekte olurlar [24]. Beyinde oreksin nöronlarının bulunduğu bölgelerinin hasar görmesi veya nörodejeneratif hastalıklar (Huntington's hastalığı, Guillain-Barre Sendromu, Parkinson hastalığı gibi) bu nöronların kaybına neden olabilmektedir[25] [26]. Oreksin reseptörleri, hipotalamus, paraventriküler çekirdek, tenia tekta, hipokampal formasyon, dorsal rafe ve lokus seruleus dahil olmak üzere beynin farklı bölgelerinde ifade edilir. Ratlarda OX1R daha çok hipotalamusta, OX2R ise paraventriküler çekirdekte bulunur. Ek olarak OX2R serebral korteks, nükleus akkumbens, subtalamik çekirdeklerde ve anterior pretektal çekirdekte de [27] ekprese edilir.

Hücresel düzeyde, oreksin reseptör aktivasyonu çok çeşitli hücresel sinyaller üretir. Bu, muhtemelen birkaç heterotrimerik G proteini ailesine ve nöronal eksitasyon, sinaptik plastisite ve hücre ölümü üzerinde etkili olan iyon kanalları, fosfolipazlar ve protein kinazlar gibi faktörleri düzenleyen diğer proteinlere oreksin reseptörünün bağlanmasının bir sonucudur [9] [24]. GPCR'nin ligand etkileşimi ve sinyalizasyonundaki karmaşıklık, birçok GPCR'nin dimerleşmesinden kaynaklanır[28] [29]. Oreksin reseptörlerinin rekombinant ekspresyon sistemlerinde homo ve hetero dimerize/oligomerize olduğu bilinmektedir [30] [31] [32]. GPCR'ler, dimerizasyon sırasında etkileşim için transmembran sarmalların hidrofobik dış yüzeylerinin yanı sıra hem hücre dışı hem de hücre içi kısımları kullanabilir [33]. İnsan oreksin reseptörlerinde de benzer bir yapı mevcuttur. Oreksin reseptör sinyalizasyonunu güçlendirmek için OX1-kanabinoid CB1 dimerizasyonu önerilmiştir, ki bu sinyalizasyonun güçlenmesi için olası açıklama OX1 reseptör sinyalinin 2-araşidonil gliserol, CB1 reseptör ligandı, üretme kabiliyetinin oluşu ve ardından reseptörlerin bir ortak sinyal tarafından sunulduğu yönündedir [34] [35] [36]. Fosfolipaz-C (PLC), oreksin aracılı endokanabinoid oluşumunda rol alır [34] [37]. PLC, sn-1 konumunda DAG lipaz tarafından hidrolize edilerek sn-2-monoasilgliserol üreten DAG üretir. sn-2 yağ asidinin araşidonik asit olduğu durumlarda ortaya çıkan monoasilgliserol, güçlü bir endokannabinoid, yani CB1 ve CB2 kanabinoid reseptörlerinde agonist olan 2-araşidonoil gliseroldür (2-AG).

Oreksinin normal uyku sürecinin düzeni, iştah, nöroendokrin fonksiyon ve enerji metabolizması üzerine etkileri vardır.

Ayrıca üreme sistemi, gastrointestinal ve kardiyovasküler sistemdeki [16,38] etkilerinin yanı sıra, insülin, leptin, katekolaminler gibi bazı hormonların salınımında düzenleyici olduğu bilinmektedir [39] [40] [41] [42] [43] [44] [45]. İnsan ve hayvanlarda oreksin eksikliğinin narkolepsiye sebep olduğu gösterilirken, oreksin sistemi uyanıklık durumunun korunması için çok önemli görünmektedir [46] [14]. Narkolepsi, uyanıklık sırasında aktivitelerini artırma eğiliminde olan ve locus coeruleus, raphe gibi aminerjik çekirdekleri aktive eden oreksin içeren nöronların kaybının sonucudur [47] [42]. Oreksin nöronları uykudan uyanıklığa geçiş dönemi olan hızlı göz hareketleri (REM) döneminde aktif, derin uykunun yaşandığı hızlı olmayan göz hareketleri (NREM) döneminde ise daha az aktiftir [48] [49]. Ayrıca, muhtemelen uyku modülasyonundaki aynı role bağlı olarak, oreksin de NREM uyku dengesizliği ile bilişsel bozulma ve davranış sorunları [50] riski arasındaki bağlantı tarafından önerildiği gibi migrenin [13] patogenezinde de rol oynuyor gibi görünmektedir.

Son yıllarda, epilepside ilaç hedefi olarak oreksinerjik sistemin kullanımı artmaktadır. Ancak oreksinlerin epilepsi patogenezindeki rolleri tartışmalıdır. Bazı çalışmalar oreksinlerin antiepileptik olduğunu gösterirken[51] [52], diğer yandan oreksinlerin epilepsi patogenezini artırdığını gösteren çalışmalar da mevcuttur [53] [54] [55]. Oreksin nörotransmisyonunun uyanıklıkta yüksek, yavaş dalga uykusunda hafif ve REM uykusunda olmadığı çalışmalar mevcuttur[56] [57]. Öte yandan, uyku yoksunluğunun beyin omurilik sıvısındaki oreksin düzeylerini artırdığını gösteren çalışmalar bulunmaktadır [56] [57]. Tüm bu sonuçlar birlikte ele alındığında, oreksin seviyesinin yüksek olduğu dönemlerde nöbet eğiliminin daha yüksek, oreksinin olmadığı dönemlerde ise daha az olduğu sonucuna varılabilir. Bu nedenle, oreksinerjik iletimin aşırı aktivitesinin nöbet ile ilişkili olduğunu tahmin etmek mümkündür [58]. Ancak bunların aksine Oreksin-A'nın bikukilin modeli epilepside amplitüdün uzun süreli depresyonuna, çoklu spike süresinin azalmasına ve CA1 bölgesindeki deşarjlardan sonra spontan epileptiform aktivitenin inhibisyona neden olduğu da yapılan çalışmalarda gösterilmiştir [52]. Fakat mekanizmasıyla alakalı net bir yorum yapılmamıştır. Kortunay ve arkadaşları, penisilin modeli epileptik sıçanlarda oreksin-A ve oreksin-B'nin intrakortikal uygulanmasının epileptik aktiviteyi artırdığını göstermişlerdir, ayrıca spike sayısı ve amplitüdünde kontrol grubuna göre epileptik kasılmalarında artış gözlemlemişlerdir [59]. Bu çalışmayla uyumlu olarak Erken ve arkadaşları [60] herhangi bir epileptojenik ilaç kullanmadan her iki oreksinin epileptojenik etkisini araştırmıştır. Orexin-A ve B ile tedavi edilen sıçanların ekstremitelerinde EEG toplam spektrumunda ve tonik-klonik kasılmalarda artış gözlemlerken, negatif kontrollerde herhangi bir değişiklik gözlenlememişlerdir [60]. Ayrıca moleküler ve hücresel düzeyde, oreksinlerin hipokampal nöronların uyarılabilirliğini arttırdığı ve uyarıcı nörotransmitter seviyelerini arttırdığı bulunmuştur [61]. Birkaç çalışma, oreksin reseptör antagonistlerinin intrahipokampal ve intraventriküler enjeksiyonlarının, hayvan pentilentetrazol (PTZ) modellerinde nöbet şiddetini ve süresini azalttığını göstermiştir [62] [53] [63]. Glutamat ve GABA (gama-aminobütirik asit), temel eksitatör ve inhibitör nörotransmitterlerdir ve bunların düzeylerindeki herhangi bir dengesizlik ilgili devrelerin uyarılabilirliğini değiştirir. Bu da epilepsinin karakteristik bir özelliğidir [64] [65]. OXA'nın hipokampal dilimlere uygulanması GABAerjik ve glutamaterjik sinir iletimi arasındaki dengeyi modüle ettiğinden, lateral hipotalamik nöronlardan kaynaklanan ve hipokampusta salınan oreksinler hipokampal uyarılabilirliği etkileyebilir [66]. Bu nedenle, OXR'leri nöbet ve epilepsiye dahil olabilir, epilepside ve hatta status epileptikusta tekrarlayan spontan nöbetlere yol açabilir, hipokampal nörotransmisyon yoluyla davranışsal kasılmaları kontrol edebilir [67].

Yapılan bir çalışmada hem hipotalamusta (50 kat fazla) hem de hipokampusta prepro-OX mRNA ekspresyonunun arttığı bulunmuş ve bu mRNA düzeyleri pilokarpin modelinde status epileptikus (SE) sonrası hipotalamusta belirgin şekilde azalmıştır [68]. Bir diğer çalışmada da jeneralize tonik klonik nöbet veya SE sonrası, hipotalamustaki protein sentezinin düşük olmasından dolayı OX-A düzeylerinin azaldığı bildirilmiştir [51]. Ancak mekanizması tam aydınlatılamamıştır. Bikukilin modeli epilepside OX-A'nın (100 nM) epileptiform aktiviteyi inhibe ettiği bulunmuş ve oreksinle ilgili çelişkili sonuçların varlığının farklı deneysel modellerden kaynaklanabileceği fikri ileri sürülmüştür [52]. Bu bulgular, oreksinerjik sistemin epilepsi gibi farklı patofizyolojik durumlara yanıt olarak farklı etkiler gösterebileceği ve antiepileptik aktivitesinin kullanılan deneysel model farklılığından kaynaklanabileceği görüşünü desteklemektedir.

OX-A'nın genetik absans epilepside diken dalga deşarj (DDD) aktivitesini azalttığı görülmüştür [69]. Epileptik aktivite esnasında glutamaterjik ve GABAerjik sistem arasındaki dengenin bozulduğu bilinmektedir. Bazı çalışmalarda oreksinin glutamat [70] [71] [72] ve GABA [73] salınımını artırdığının aksine, glutamat [34] ve GABA [74] salınımını azalttığı da yer almaktadır. OX-A,

eksitatör bir nörotransmitter olan glutamat seviyelerini azaltıp nöron depolarizasyonu üzerine doğrudan etki edip antikonvulsan etki gösteriyor olabileceği sunulmuştur [69].

Yapılan bir çalışmada OX1R'yi antagonize etmenin nöbet yoğunluğunu ve konvülsif evreyi azalttığı, oreksin reseptörlerinin uyarılmasının ise PTZ grubuna kıyasla nöbet yoğunluğunu artırmadığı gösterilmiştir [75]. Oreksinin arka hipotalamusta histamin salgılayan tuberomamiller çekirdeği (TMN) aktive ettiği, arka hipotalamusta derin beyin stimülasyonunu takiben PTZ modelinde antiepileptik etki gösterdiği tespit edilmiştir. TMN'deki ana oreksinerjik reseptör OX2R olduğundan ve bu reseptör aktivasyonu histamin salınımına yol açtığından, OX1R stimülasyonunun neden olduğu nöbet yoğunluğu üzerindeki OX-A'nın uyarıcı etkisini azaltması muhtemel olan OX2R'nin araştırılmaya dahil edilmesinin bu tutarsızlığı ortadan kaldırabileceği ileri sürülmüştür. Beyin omurilik sıvısındaki oreksinin, muhtemelen başka bir bilinmeyen süreç yoluyla konvülsif yoğunluk üzerine inhibe edici etkisinin olduğu yine aynı çalışmada vurgulanmıştır [75]. OX1R protein seviyelerinin 25 günlük WAG/Rij, 6-7 aylık non-epileptik Wistar sıçanlara göre aynı yaştaki WAG/Rij'ların talamusunda düşük olduğu gösterilmiştir. Bu çalışmada yaş arttıkça OX1R seviyesinin azaldığı, DDD'lerin oluşumunun OX1R protein seviyelerindeki azalmayla karakterize olduğu bildirilmiştir [76]. Orexin kaynaklı depolarizasyon, ventrobazal çekirdek veya retiküler talamik çekirdeklerde T tipi Ca^{2+} kanal inaktivasyonunu kolaylaştırabilir, böylece DDD'lerin gelişimini kısıtlayabilir [76]. OX-A'nın T-tipi Ca^{2+} kanalları üzerinden de etkisinin olduğu ve bu şekilde absans epilepside nöbet aktivitesini azalttığı düşünülmüştür [69].

Oreksinler etkilerini sodyumun akışını arttırıp nöronlar üzerinde doğrudan uyarıcı etkiler oluşturarak [77], sodyum-kalsiyum değiştirici pompayı aktive ederek [78], kalsiyum akışını arttırarak [25] veya potasyumun akışını azaltarak [79] gerçekleştirebilir. SB334867'nin PTZ'nin neden olduğu konvülsiyon yoğunluğunu azalttığı da görülmüştür [75]. SB-334867'nin (10 µg/rat dozda) i.s.v. olarak uygulanması ratlarda PTZ modelinde davranışla ilişkili nöbetleri azaltmıştır [63]. Dolayısı ile bir oreksin reseptör antagonisti olan SB334867'nin hücre dışına kalsiyum akışını artırarak veya potasyum akışını azaltarak, sodyum-kalsiyum değiştirici pompayı aktive ederek epileptik aktiviteyi azalttığı ileri sürülebilir [69].

Marihuana olarak da bilinen esrar, kenevir bitkisine ait *Canabis sativa / Canabis indica* türlerinin hem çiçeklerinden hem de tohum yataklarından elde edilir. Kanabinoid sistem santral sinir sistemi ve nörofizyolojik olaylardaki etkisinden dolayı önemli bir çalışma alanıdır [80]. Dolayısıyla kanabinoid sistem, kanabinoid odaklı tedavilerin gelişmesi için önemli bir hedeftir. Kanabinoid sistemin beyinde gerçekleşen nöbet aktivitelerin düzenlenmesinde rolü vardır [81] [82] [83]. Kanabinoidler etkilerini CB1 ve CB2 olmak üzere iki tip reseptör üzerinden gerçekleştirmektedir. OX-1 reseptörü ile CB1 reseptörlerinin her ikisi de GPRC süper-familyasına aittir ve özellikle hipokampus olmak üzere beyindeki dağılımları örtüşebilmektedir [84]. Elektron mikroskobu kullanılarak yapılan deneylerde CB1 ve OX-1 reseptörlerinin plazma zarının yakınında yerleştiği ve bir heterodimer oluşturduğu için birbirlerine yakın oldukları tespit edilmiştir [85]. OX-1 reseptörleri ile kanabinoid reseptörleri arasında bir ilişkinin var olduğu yapılan çalışmalarla gösterilmiştir [35] [86]. Oreksin reseptör sinyalizasyonunun 2-araşidonil gliserol (2-AG) üretimini tetikleyebileceği ve bunun da CB1 reseptörlerini aktive ettiği rapor edilmiştir [34] [37] Ho ve ark. [37], OX-A'nın antinosiseptif etkisinin, AM251 ile birlikte uygulandığında belirgin şekilde azaldığını göstermiştir. Dorsal rafe çekirdeğinde OX reseptör sinyalizasyonu serotonerjik nöronlara glutamat salınımını inhibe eder. Bu da oreksinin indüklediği 2-AG aracılığıyla düzenlenir ve daha sonra glutamat salınımını inhibe etmek için glutamaterjik terminallerdeki presinaptik CB1 reseptörü üzerinden harekete geçer [34]. Oreksinin ventrolateral periaqueduktal gri cevher üzerindeki analjezik etkileri de endokannabinoid üretimi ve salınımı ile gerçekleşir [37]. OX-1R kaynaklı 2-AG biyosentezi ve beyindeki endokanabinoidler için ana hedef CB1 reseptörlerinin aktivasyonu, OX-A'nın beyindeki çeşitli

etkilerinin temelini oluşturur [87] [88]. Bu da OX-A'nın kanabinoid sistem üzerinden de etki göstererek antiepileptik yanıt oluşturabileceğini düşündürmüştür [69].

SONUÇ

Oreksinler iştahın düzenlenmesi, uyku-uyanıklık dengesinin bozulması, bağımlılık, epilepsi, anksiyete ve depresyon gibi nöropsikiyatrik hastalıkların yönetilmesinde önemli role sahiptir. Oreksinerjik sistem bu süreçlerde iki tip reseptörünü (OX1R ve OX2R) kullanır. Nörodejeneratif hastalıklar (Huntington's hastalığı, Guillain-Barre Sendromu, Parkinson hastalığı gibi) veya oreksinerjik nöronlarının bulunduğu bölgelerinin hasar görmesi bu nöronların kaybına neden olabilir. Beyindeki oreksin reseptörlerinin ve nöronlarının dağılımına bakıldığında etkilerinin bu denli çeşitli olması olasıdır. Buna rağmen epilepsideki karmaşık rolü hala daha netlik kazanmamıştır. Bu durumun aydınlığa kavuşabilmesi için daha fazla insan ve hayvan çalışmalarına ihtiyaç duyulmaktadır.

Çıkar Çatışması: Çalışmada herhangi bir çıkar çatışması yoktur.

Finansal Çıkar Çatışması: Çalışmada herhangi bir finansal çıkar çatışması

yoktur.

KAYNAKLAR

1. Ji Q, Zhang Y, Yang Z. Emerging roles of astrocyte for treatment of focal epilepsy and mechanisms underlying lesion development. *Cogn Neurodyn*. Dec 2026;20(1):68. doi:10.1007/s11571-026-10433-3

2. Curia G, Lucchi C, Vinet J, et al. Pathophysiogenesis of mesial temporal lobe epilepsy: is prevention of damage antiepileptogenic? *Curr Med Chem*. 2014;21(6):663–88. doi:10.2174/09298673206613119152201

3. Olsen RW, DeLorey TM, Gordey M, Kang MH. GABA receptor function and epilepsy. *Adv Neurol*. 1999;79:499–510.

4. McNamara JO, Huang YZ, Leonard AS. Molecular signaling mechanisms underlying epileptogenesis. *Sci STKE*. Oct 10 2006;2006(356):re12. doi:10.1126/stke.3562006re12

5. Guo KL, Meng KY, Yu RP, et al. State-dependent alterations of network characteristics between seizure and non-seizure onset zones in drug-resistant epilepsy. *Cogn Neurodynamics*. Feb 3 2026;20(1)doi:ARTN 3110.1007/s11571-025-10400-4

6. Source-free domain adaptation for privacy-preserving seizure prediction.IEEE Trans Ind Inform 20(2):2787–2798. . doi:h t t p s : / / d o i . o r g / 1 0 . 1 1 0 9/ t i i . 2 0 2 3 . 3 2 9 7 3 2 3

7. Sakurai T, Amemiya A, Ishii M, et al. Orexins and orexin receptors: a family of hypothalamic neuropeptides and G protein-coupled receptors that regulate feeding behavior. *Cell*. Mar 6 1998;92(5):1 page following 696. doi:10.1016/s0092-8674(02)09256-5

8. Sakurai T, Amemiya A, Ishii M, et al. Orexins and orexin receptors: A family of hypothalamic neuropeptides and G protein-coupled receptors that regulate feeding behavior (vol 92, pg 573, 1998). *Cell*. Mar 6 1998;92(5):U29–U29.

9. Kukkonen JP. Physiology of the orexinergic/hypocretinergic system: a revisit in 2012. *Am J Physiol Cell Physiol*. Jan 1 2013;304(1):C2–32. doi:10.1152/ajpcell.00227.2012

10. Meerabux J, Iwayama Y, Sakurai T, et al. Association of an orexin 1 receptor 408Val variant with polydipsia-hyponatremia in schizophrenic subjects. *Biol Psychiatry*. Sep 1 2005;58(5):401–7. doi:10.1016/j.biopsych.2005.04.015

11. Fukunaka Y, Shinkai T, Hwang R, et al. The orexin 1 receptor (HCRTR1) gene as a susceptibility gene contributing to polydipsia-hyponatremia in schizophrenia. *Neuromolecular Med*. 2007;9(4):292–7. doi:10.1007/s12017-007-8001-2

12. Annerbrink K, Westberg L, Olsson M, et al. Panic disorder is associated with the Val308Iso polymorphism in the hypocretin receptor gene. *Psychiatr Genet*. Apr 2011;21(2):85–9. doi:10.1097/YPG.0b013e328341a3db

13. Rainero I, De Martino P, Pinessi L. Hypocretins and primary headaches: neurobiology and clinical implications. *Expert Rev Neurother*. Mar 2008;8(3):409–16. doi:10.1586/14737175.8.3.409

14. Lin L, Faraco J, Li R, et al. The sleep disorder canine narcolepsy is caused by a mutation in the hypocretin (orexin) receptor 2 gene. *Cell*. Aug 6 1999;98(3):365–76. doi:10.1016/s0092-8674(00)81965-0

15. Smart D, Jerman JC, Brough SJ, et al. Characterization of recombinant human orexin receptor pharmacology in a Chinese hamster ovary cell-line using FLIPR. *Br J Pharmacol*. Sep 1999;128(1):1–3. doi:10.1038/sj.bjp.0702780

16. Ebrahim IO, Howard RS, Kopelman MD, Sharief MK, Williams AJ. The hypocretin/orexin system. *J R Soc Med*. May 2002;95(5):227–30. doi:10.1177/014107680209500503

17. Korczynski W, Ceregrzyn M, Matyjek R, et al. Central and local (enteric) action of orexins. *J Physiol Pharmacol*. Nov 2006;57 Suppl 6:17–42.

18. Heinonen MV, Purhonen AK, Makela KA, Herzig KH. Functions of orexins in peripheral tissues. *Acta Physiol (Oxf)*. Apr 2008;192(4):471–85. doi:10.1111/j.1748-1716.2008.01836.x

19. Thompson MD, Xhaard H, Sakurai T, Rainero I, Kukkonen JP. OX1 and OX2 orexin/hypocretin receptor pharmacogenetics. *Front Neurosci*. 2014;8:57. doi:10.3389/fnins.2014.00057

20. Willie JT, Chemelli RM, Sinton CM, Yanagisawa M. To eat or to sleep? Orexin in the regulation of feeding and wakefulness. *Annu Rev Neurosci*. 2001;24:429–58. doi:10.1146/annurev.neuro.24.1.429

21. Sakurai T. The role of orexin in motivated behaviours. *Nat Rev Neurosci*. Nov 2014;15(11):719–31. doi:10.1038/nrn3837

22. Karteris E, Randeva HS, Grammatopoulos DK, Jaffe RB, Hillhouse EW. Expression and coupling characteristics of the CRH and orexin type 2 receptors in human fetal adrenals. *J Clin Endocrinol Metab*. Sep 2001;86(9):4512–9. doi:10.1210/jcem.86.9.7849

23. Randeva HS, Karteris E, Grammatopoulos D, Hillhouse EW. Expression of orexin-A and functional orexin type 2 receptors in the human adult adrenals: implications for adrenal function and energy homeostasis. *J Clin Endocrinol Metab*. Oct 2001;86(10):4808–13. doi:10.1210/jcem.86.10.7921

24. Kukkonen JP, Leonard CS. Orexin/hypocretin receptor signalling cascades. *Br J Pharmacol*. Jan 2014;171(2):314–31. doi:10.1111/bph.12324

25. Allard JS, Tizabi Y, Shaffery JP, Trouth CO, Manaye K. Stereological analysis of the hypothalamic hypocretin/orexin neurons in an animal model of depression. *Neuropeptides*. Oct 2004;38(5):311–5. doi:10.1016/j.npep.2004.06.004

26. Nakamachi T, Endo S, Ohtaki H, et al. Orexin-1 receptor expression after global ischemia in mice. *Regul Pept*. Mar 15 2005;126(1-2):49–54. doi:10.1016/j.regpep.2004.08.037

27. Trivedi P, Yu H, MacNeil DJ, Van der Ploeg LH, Guan XM. Distribution of orexin receptor mRNA in the rat brain. *FEBS Lett*. Oct 30 1998;438(1-2):71–5. doi:10.1016/s0014-5793(98)01266-6

28. Bulenger S, Marullo S, Bouvier M. Emerging role of homo- and heterodimerization in G-protein-coupled receptor biosynthesis and maturation. *Trends Pharmacol Sci*. Mar 2005;26(3):131–7. doi:10.1016/j.tips.2005.01.004

29. Milligan G. G protein-coupled receptor hetero-dimerization: contribution to pharmacology and function. *Br J Pharmacol*. Sep 2009;158(1):5–14. doi:10.1111/j.1476-5381.2009.00169.x

30. Ellis J, Pediani JD, Canals M, Milasta S, Milligan G. Orexin-1 receptor-cannabinoid CB1 receptor heterodimerization results in both ligand-dependent and -independent coordinated alterations of receptor localization and function. *J Biol Chem*. Dec 15 2006;281(50):38812–24. doi:10.1074/jbc.M602494200

31. Ward RJ, Pediani JD, Milligan G. Heteromultimerization of cannabinoid CB(1) receptor and orexin OX(1) receptor generates a unique complex in which both protomers are regulated by orexin A. *J Biol Chem*. Oct 28 2011;286(43):37414–28. doi:10.1074/jbc.M111.287649

32. Jantti MH, Mandrika I, Kukkonen JP. Human orexin/hypocretin receptors form constitutive homo- and heteromeric complexes with each other and with human CB1 cannabinoid receptors. *Biochem Biophys Res Commun*. Mar 7 2014;445(2):486–90. doi:10.1016/j.bbrc.2014.02.026

33. Liang Y, Fotiadis D, Filipek S, Saperstein DA, Palczewski K, Engel A. Organization of the G protein-coupled receptors rhodopsin and opsin in native membranes. *J Biol Chem*. Jun 13 2003;278(24):21655–21662. doi:10.1074/jbc.M302536200

34. Haj-Dahmane S, Shen RY. The wake-promoting peptide orexin-B inhibits glutamatergic transmission to dorsal raphe nucleus serotonin neurons through retrograde endocannabinoid signaling. *J Neurosci*. Jan 26 2005;25(4):896–905. doi:10.1523/JNEUROSCI.3258-04.2005

35. Turunen PM, Jäntti MH, Kukkonen JP. OX

Orexin/Hypocretin Receptor Signaling through Arachidonic Acid and Endocannabinoid Release. *Molecular Pharmacology*. Aug 2012;82(2):156–167. doi:10.1124/mol.112.078063

36. Jantti MH, Putula J, Turunen PM, et al. Autocrine endocannabinoid signaling through CB1 receptors potentiates OX1 orexin receptor signaling. *Mol Pharmacol*. Mar 2013;83(3):621–32. doi:10.1124/mol.112.080523

37. Ho YC, Lee HJ, Tung LW, et al. Activation of orexin 1 receptors in the periaqueductal gray of male rats leads to antinociception via retrograde endocannabinoid (2-arachidonoylglycerol)-induced disinhibition. *J Neurosci*. Oct 12 2011;31(41):14600–10. doi:10.1523/JNEUROSCI.2671-11.2011

38. Kukkonen JP, Holmqvist T, Ammoun S, Akerman KE. Functions of the orexinergic/hypocretinergic system. *Am J Physiol Cell Physiol*. Dec 2002;283(6):C1567–91. doi:10.1152/ajpcell.00055.2002

39. Hungs M, Mignot E. Hypocretin/orexin, sleep and narcolepsy. *Bioessays*. May 2001;23(5):397–408. doi:10.1002/bies.1058

40. de Lecea L, Sutcliffe JG, Fabre V. Hypocretins/orexins as integrators of physiological information: lessons from mutant animals. *Neuropeptides*. Apr–Jun 2002;36(2-3):85–95. doi:10.1054/npep.2002.0892

41. Baumann CR, Bassetti CL. Hypocretins (orexins) and sleep-wake disorders. *Lancet Neurol*. Oct 2005;4(10):673–82. doi:10.1016/S1474-4422(05)70196-4

42. Espana RA, Plahn S, Berridge CW. Circadian-dependent and circadian-independent behavioral actions of hypocretin/orexin. *Brain Res*. Jul 12 2002;943(2):224–36. doi:10.1016/s0006-8993(02)02653-7

43. Gültekin H ŞS. Oreksinler (Hipokretinler): Obezite Tedavisinde Yeni Hedef Moleküller. *Genel Tıp Dergisi*. 2005;

44. Steininger TL, Kilduff TS, Behan M, Benca RM, Landry CF. Comparison of hypocretin/orexin and melanin-concentrating hormone neurons and axonal projections in the embryonic and postnatal rat brain. *J Chem Neuroanat*. Jun 2004;27(3):165–81. doi:10.1016/j.jchemneu.2004.02.007

45. Schneider JE. Energy balance and reproduction. *Physiol Behav*. Apr 2004;81(2):289–317. doi:10.1016/j.physbeh.2004.02.007

46. Chemelli RM, Willie JT, Sinton CM, et al. Narcolepsy in orexin knockout mice: molecular genetics of sleep regulation. *Cell*. Aug 20 1999;98(4):437–51. doi:10.1016/s0092-8674(00)81973-x

47. Saper CB, Chou TC, Scammell TE. The sleep switch: hypothalamic control of sleep and wakefulness. *Trends Neurosci*. Dec 2001;24(12):726–31. doi:10.1016/s0166-2236(00)02002-6

48. Espana RA, Scammell TE. Sleep neurobiology from a clinical perspective. *Sleep*. Jul 1 2011;34(7):845–58. doi:10.5665/SLEEP.1112

49. Grady SP, Nishino S, Czeisler CA, Hepner D, Scammell TE. Diurnal variation in CSF orexin-A in healthy male subjects. *Sleep*. Mar 2006;29(3):295–7. doi:10.1093/sleep/29.3.295

50. McCoy JG, Strecker RE. The cognitive cost of sleep lost. *Neurobiol Learn Mem*. Nov 2011;96(4):564–82. doi:10.1016/j.nlm.2011.07.004

51. Rejdak K, Papuc E, Grieb P, Stelmasiak Z. Decreased cerebrospinal fluid hypocretin-1 (orexin A) in patients after repetitive generalized tonic-clonic seizures. *Epilepsia*. Jun 2009;50(6):1641–4. doi:10.1111/j.1528-1167.2008.01990.x

52. Doreulee N, Alania M, Vashalomidze G, Skhirtladze E, Kapanadze T. Orexinergic system and pathophysiology of epilepsy. *Georgian Med News*. Nov 2010;(188):74–9.

53. Goudarzi E, Elahdadi Salmani M, Lashkarbolouki T, Goudarzi I. Hippocampal orexin receptors inactivation reduces PTZ induced seizures of male rats. *Pharmacol Biochem Behav*. Mar 2015;130:77–83. doi:10.1016/j.pbb.2015.01.006

54. Roundtree HM, Simeone TA, Johnson C, Matthews SA, Samson KK, Simeone KA. Orexin Receptor Antagonism Improves Sleep and Reduces Seizures in Kcna1-null Mice. *Sleep*. Feb 1 2016;39(2):357–68. doi:10.5665/sleep.5444

55. Ng MC. Orexin and Epilepsy: Potential Role of REM Sleep. *Sleep*. Mar 1 2017;40(3)doi:10.1093/sleep/zsw061

56. Tsujino N, Sakurai T. Role of orexin in modulating arousal, feeding, and motivation. *Front Behav Neurosci*. 2013;7:28. doi:10.3389/fnbeh.2013.00028

57. Schwartz MD, Kilduff TS. The Neurobiology of Sleep and Wakefulness. *Psychiatr Clin North Am*. Dec 2015;38(4):615–44. doi:10.1016/j.psc.2015.07.002

58. Berhe DF, Gebre AK, Assefa BT. Orexins role in neurodegenerative diseases: From pathogenesis to treatment. *Pharmacol Biochem Behav*. Jul 2020;194:172929. doi:10.1016/j.pbb.2020.172929

59. Kortunay S, Erken HA, Erken G, et al. Orexins increase penicillin-induced epileptic activity. *Peptides*. Apr 2012;34(2):419–22. doi:10.1016/j.peptides.2012.02.013

60. Erken HA, Erken G, Genc O, et al. Orexins cause epileptic activity. *Peptides*. Sep 2012;37(1):161–4. doi:10.1016/j.peptides.2012.06.012

61. Chen XY, Chen L, Du YF. Orexin-A increases the firing activity of hippocampal CA1 neurons through orexin-1 receptors. *J Neurosci Res*. Jul 2017;95(7):1415–1426. doi:10.1002/jnr.23975

62. Ni LY, Zhu MJ, Song Y, Liu XM, Tang JY. Pentylenetetrazol-induced seizures are exacerbated by sleep deprivation through orexin receptor-mediated hippocampal cell proliferation. *Neurol Sci*. Feb 2014;35(2):245–52. doi:10.1007/s10072-013-1495-5

63. Kordi Jaz E, Moghimi A, Fereidoni M, Asadi S, Shamsizadeh A, Roohbakhsh A. SB-334867, an orexin receptor 1 antagonist, decreased seizure and anxiety in pentylenetetrazol-kindled rats. *Fundam Clin Pharmacol*. Apr 2017;31(2):201–207. doi:10.1111/fcp.12249

64. Andre V, Marescaux C, Nehlig A, Fritschy JM. Alterations of hippocampal GAbaergic system contribute to development of spontaneous recurrent seizures in the rat lithium-pilocarpine model of temporal lobe epilepsy. *Hippocampus*. 2001;11(4):452–68. doi:10.1002/hipo.1060

65. Bernard C, Hirsch J, Ben-Ari Y. [Glutamatergic excitatory receptors and temporal lobe epilepsy]. *Rev Neurol (Paris)*. 1997;153 Suppl 1:S14–24. Recepteurs excitateurs glutamatergiques et epilepsie du lobe temporal.

66. Selbach O, Doreulee N, Bohla C, et al. Orexins/hypocretins cause sharp wave- and theta-related synaptic plasticity in the hippocampus via glutamatergic, gabaergic, noradrenergic, and cholinergic signaling. *Neuroscience*. 2004;127(2):519–28. doi:10.1016/j.neuroscience.2004.05.012

67. Stanley EM, Fadel JR. Aging-related alterations in orexin/hypocretin modulation of septo-hippocampal amino acid neurotransmission. *Neuroscience*. Nov 10 2011;195:70–9. doi:10.1016/j.neuroscience.2011.08.033

68. Morales A, Bonnet C, Bourgoin N, et al. Unexpected expression of orexin-B in basal conditions and increased levels in the adult rat hippocampus during pilocarpine-induced epileptogenesis. *Brain Res*. Sep 13 2006;1109(1):164–75. doi:10.1016/j.brainres.2006.06.075

69. Aycik FB, Ayyildiz M, Agar E. Orexinergic and cannabinoid CB1 receptors interaction on genetic absence epilepsy in WAG/Rij rats. *Indian J Exp Biol*. Jan 2025;63(1):25–38. doi:10.56042/ijeb.v63i01.9155

70. van den Pol AN, Gao XB, Obrietan K, Kilduff TS, Belousov AB. Presynaptic and postsynaptic actions and modulation of neuroendocrine neurons by a new hypothalamic peptide, hypocretin/orexin. *J Neurosci*. Oct 1 1998;18(19):7962–71. doi:10.1523/JNEUROSCI.18-19-07962.1998

71. Kodama T, Kimura M. Arousal effects of orexin-A correlate with GLU release from the locus coeruleus in rats. *Peptides*. Sep 2002;23(9):1673–81. doi:10.1016/s0196-9781(02)00109-2

72. John J, Wu MF, Kodama T, Siegel JM. Intravenously administered hypocretin-1 alters brain amino acid release: an in vivo microdialysis study in rats. *J Physiol*. Apr 15 2003;548(Pt 2):557–62. doi:10.1113/jphysiol.2002.038729

73. Martin G, Fabre V, Siggins GR, de Lecea L. Interaction of the hypocretins with neurotransmitters in the nucleus accumbens. *Regul Pept*. Mar 15 2002;104(1-3):111–7. doi:10.1016/s0167-0115(01)00354-8

74. Thorpe AJ, Doane DF, Sweet DC, Beverly JL, Kotz CM. Orexin A in the rostrolateral hypothalamic area induces feeding by modulating GABAergic transmission. *Brain Res*. Dec 13 2006;1125(1):60–6. doi:10.1016/j.brainres.2006.09.075

75. Akbari N, Salmani ME, Goudarzvand M, LashkarBoluki T, Goudarzi I, Abrari K. Unilateral Hypothalamus Inactivation Prevents PTZ Kindling Development through Hippocampal Orexin Receptor 1 Modulation. *Basic Clin Neurosci*. Winter 2014;5(1):66–73.

76. Celli R, Luijtelaar GV. The Orexin System: A Potential Player in the Pathophysiology of Absence Epilepsy. *Curr Neuropharmacol*. 2022;20(7):1254–1260. doi:10.2174/1570159X19666211215122833

77. Liu RJ, van den Pol AN, Aghajanian GK. Hypocretins (orexins) regulate serotonin neurons in the dorsal raphe nucleus by excitatory direct and inhibitory indirect actions. *J Neurosci*. Nov 1 2002;22(21):9453–64. doi:10.1523/JNEUROSCI.22-21-09453.2002

78. Eriksson KS, Sergeeva O, Brown RE, Haas HL. Orexin/hypocretin excites the histaminergic neurons of the tuberomammillary nucleus. *J Neurosci*. Dec 1 2001;21(23):9273–9. doi:10.1523/JNEUROSCI.21-23-09273.2001

79. Ivanov A, Aston-Jones G. Hypocretin/orexin depolarizes and decreases potassium conductance in locus coeruleus neurons. *Neuroreport*. Jun 5 2000;11(8):1755–8. doi:10.1097/00001756-200006050-00031

80. Agar E. The role of cannabinoids and leptin in neurological diseases. *Acta Neurol Scand*. Dec 2015;132(6):371–80. doi:10.1111/ane.12411

81. Wallace MJ, Blair RE, Falenski KW, Martin BR, DeLorenzo RJ. The endogenous cannabinoid system regulates seizure frequency and duration in a model of temporal lobe epilepsy. *J Pharmacol Exp Ther*. Oct 2003;307(1):129–37. doi:10.1124/jpet.103.051920

82. Luszczki JJ, Czuczwar P, Cioczek-Czuczwar A, Czuczwar SJ. Arachidonyl-2'-chloroethylamide, a highly selective cannabinoid CB1 receptor agonist, enhances the anticonvulsant action of valproate in the mouse maximal electroshock-induced seizure model. *Eur J Pharmacol*. Oct 10 2006;547(1-3):65–74. doi:10.1016/j.ejphar.2006.07.037

83. Deshpande LS, Blair RE, Ziobro JM, Sombati S, Martin BR, DeLorenzo RJ. Endocannabinoids block, status epilepticus in cultured hippocampal neurons. *European Journal of Pharmacology*. Mar 6 2007;558(1-3):52–59. doi:10.1016/j.ejphar.2006.11.030

84. Zhu F, Wang XQ, Chen YN, et al. Changes and overlapping distribution in the expression of CB1/OX1-GPCRs in rat hippocampus by kainic acid-induced status epilepticus. *Brain Research*. Feb 9 2015;1597:14–27. doi:10.1016/j.brainres.2014.11.002

85. Hilairet S, Bouaboula M, Carrière D, Le Fur G, Casellas P. Hypersensitization of the orexin 1 receptor by the CB1 receptor - Evidence for cross-talk blocked by the specific CB1 antagonist, SR141716. *J Biol Chem*. Jun 27 2003;278(26):23731–23737. doi:10.1074/jbc.M212369200

86. Kim HJJ, Zagzoog A, Smolyakova AM, et al. Evidence for Brain Region-Specific Molecular Interactions Between Cannabinoid and Orexin Receptors. *Front Neurosci-Switz*. Dec 21 2021;15doi:ARTN 790546

10.3389/fnins.2021.790546

87. Cristino L, Luongo L, Imperatore R, et al. Orexin-A and Endocannabinoid Activation of the Descending Antinociceptive Pathway Underlies Altered Pain Perception in Leptin Signaling Deficiency. *Neuropsychopharmacology*. Jan 2016;41(2):508–20. doi:10.1038/npp.2015.173

88. Morello G, Imperatore R, Palomba L, et al. Orexin-A represses satiety-inducing POMC neurons and contributes to obesity via stimulation of endocannabinoid signaling. *Proc Natl Acad Sci U S A*. Apr 26 2016;113(17):4759–64. doi:10.1073/pnas.1521304113

THE EFFECT OF FREQUENCY-BASED PREPROCESSING AND LOW-DIMENSIONAL GEOMETRIC FEATURES ON DYNAMIC FACIAL EXPRESSION RECOGNITION

Özgürcan EDİŞ

Istanbul Technical University, Faculty of Electrical and Electronics Engineering, Department of Electronics and Communication Engineering, Istanbul, Türkiye

ASELSAN Inc., Ankara, Türkiye

ORCID ID: https://orcid.org/0009-0002-0394-3621

Prof. Dr. Tamer ÖLMEZ

Istanbul Technical University, Faculty of Electrical and Electronics Engineering, Department of Electronics and Communication Engineering, Istanbul, Türkiye

ORCID ID: https://orcid.org/0000-0001-6124-2394

ABSTRACT

Introduction and Purpose: Dynamic Facial Expression Recognition plays a critical role in human-computer interaction. Current deep learning models process raw pixel data, requiring massive parameters and high computational power. The purpose of this study is to maximize efficiency by proposing a lightweight architecture that utilizes geometric features representing the biomechanical movements of the face instead of texture.

Materials and Methods: Red-Green-Blue (R-G-B) and Lowpass-Grayscale-Highpass (L-G-H) video preprocessing methods were tested. For each frame, 68 facial landmarks were detected, calculating their relationships as Euclidean distances. To minimize the noise, this high-dimensional data was reduced to low-dimensional subspaces using Principal Component Analysis (PCA). The temporal dynamics were then modeled using a Long Short-Term Memory (LSTM) network with dropout layers to prevent overfitting. The system was evaluated via 10-fold cross-validation on CREMA-D and RAVDESS datasets.

Results: The approach using 50 principal components with R-G-B preprocessing achieved highly competitive average accuracy percentages of 84.64% on CREMA-D and 92.92% on RAVDESS. Additionally, the frequency-based L-G-H preprocessing achieved an average accuracy of 83.04% on CREMA-D (using 50 components) and 92.64% on RAVDESS (using 30 components). These results demonstrate hardware efficiency and competitive strength against massive spatio-temporal models and vision transformers in the literature.

Discussion and Conclusion: The low-dimensional geometric model provides high representational power and structural robustness against environmental lighting and texture variations. In conclusion, this approach is a hardware-friendly alternative suitable for real-time video analysis on embedded systems and edge devices with limited processing power.

Key Words: Facial Expression Recognition; Geometric Features; LSTM; Video Processing; Deep Learning

INTRODUCTION

Facial expressions are one of the most powerful communication channels for expressing human emotions. Emotion analysis from videos differs from single-frame static analysis because it incorporates a temporal context. The high spatial and temporal resolution in videos significantly increases the computational load of deep learning models. Currently, approaches dominating the literature, based on vision transformers and three-dimensional convolutional neural networks, process raw pixel data.

For the CREMA-D (Crowd-sourced Emotional Multimodal Actors Dataset), the literature features Video Vision Transformers,[1,2] dual attention mechanism networks,[3] Temporal Shift Module-based convolutional networks,[4] and convolutional-recurrent hybrid architectures.[5] In the RAVDESS (Ryerson Audio-Visual Database of Emotional Speech and Song), hybrid models performing spatio-temporal feature extraction,[6,7] pre-processed Convolutional Neural Networks,[8] and modern YOLO-ViT combinations[9] are prominent. However, these models typically contain millions of parameters and demand high hardware requirements. Models in the literature usually learn texture (skin color, illumination) and geometry as a black box while learning facial expressions, but texture features are fragile against illumination and camera variations.

In this study, instead of computationally expensive deep neural networks, a simpler and more effective feature extraction focusing directly on the geometric structure of the face was preferred.[10] These data, obtained from facial landmarks, was reduced using Principal Component Analysis. This way, learning process is focused on to finding exactly which fundamental movements in the face and how much geometric information are sufficient for the emotion recognition problem.

DEVELOPMENT

Material and Method

The overall pipeline of the proposed geometric feature extraction and temporal modelling architecture is illustrated in Fig. 1. The process begins with the extraction of frames from raw video inputs, followed by either color-based (R-G-B) or frequency-based (L-G-H) preprocessing. Next, 68 facial landmarks are detected to capture the biomechanical structure of the face, and the relationships between these points are calculated as a matrix of Euclidean distances. To reduce this high-dimensional space and eliminate redundant noise, Principal Component Analysis (PCA) is applied. Finally, the sequential geometric data is fed into a Long Short-Term Memory (LSTM) network to capture the temporal dynamics of the facial movements. The LSTM output is then fed to a fully connected dense layer that outputs the classification probabilities for the specific emotion classes.

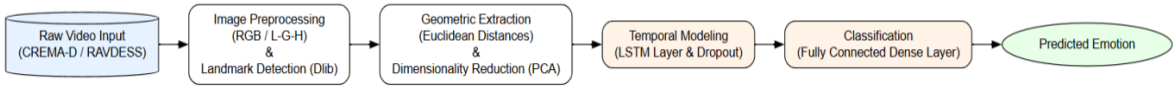


Fig. 1: Overall system architecture of the proposed dynamic facial expression recognition pipeline

Datasets

The generalizability of the proposed method was evaluated using two datasets of varying difficulty:

1. CREMA-D: A highly diverse, multimodal dataset containing 91 actors from different ethnic backgrounds, featuring significant variations in lighting and camera angles.[11] The dataset has six emotion classes as neutral, happy, sad, angry, fearful, and disgust.
2. RAVDESS: A dataset where actors exhibit distinct and high-intensity emotional expressions.[12] The dataset has eight emotion classes as neutral, calm, happy, sad, angry, fearful, disgust, and surprised.

Image Preprocessing and Frequency Filtering

The successful identification of facial landmarks depends directly on the quality of the input image. In this study, two different image preprocessing pipelines were designed:

1. Red-Green-Blue (R-G-B): The original color channels were preserved and processed directly.

2. Lowpass-Grayscale-Highpass (L-G-H) Combination: Images were processed in the frequency domain to reduce illumination noise and enhance corner and edge distinctness.

Geometric Feature Extraction and Principal Component Analysis

For each frame, 68 facial landmarks were extracted using the Dlib library[13] with the ensemble of regression trees algorithm proposed by Kazemi and Sullivan.[14] As illustrated in Fig. 2 and Fig. 3, this process maps the critical nodes of the eyebrows, eyes, nose, mouth, and jawline. By isolating these specific coordinates, the system discards redundant spatial information—such as skin tone, illumination variations, and background noise. All combinations between these points were calculated as Euclidean distances. These distances, which exhibit high correlation due to biomechanical constraints, were subjected to PCA to remove noise. The cumulative variance rates preserved by 30, 50, and 100 principal components for different datasets and preprocessing methods (R-G-B and L-G-H) were calculated and are summarized in Table I.

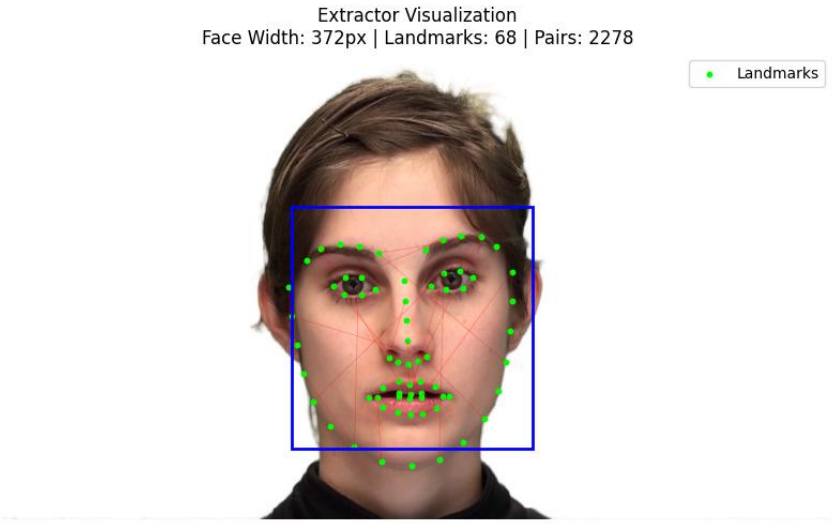


Fig. 2: Subject Example from RAVDESS Dataset

Temporal Modelling and Classification

The resulting low-dimensional sequences were formulated as a time series and fed into an LSTM15 network to learn sequential dependencies. To resolve the dimensional mismatch caused by videos of varying durations, fixed time sequences of 76 frames for CREMA-D and 121 frames for RAVDESS were generated based on the average video lengths of each dataset. The network utilizes a single LSTM layer composed of 256 units, combined with a recurrent dropout rate of 0.01 and a subsequent standard dropout layer set to 0.5 to prevent overfitting on the reduced geometric features. Unlike vision transformer models, the videos were processed with this full temporal depth without spatial cropping. The outputs obtained from the LSTM were transferred to a fully connected dense layer applying a softmax activation function to compute the final categorical cross-entropy loss and classification probabilities across the emotion classes.

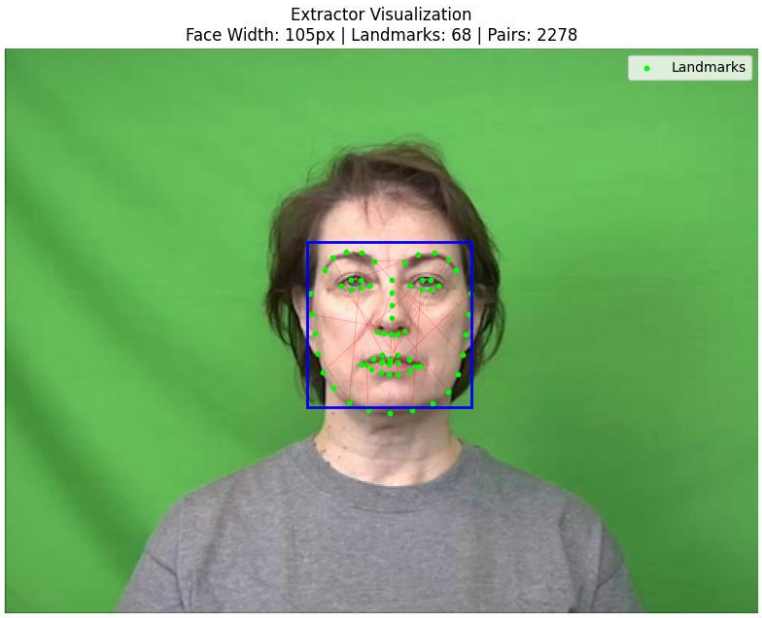


Fig. 3: Subject Example from CREMA-D Dataset

TABLE I: Cumulative Variance Rates Preserved According to Dataset and Preprocessing Methods

Dataset	Preprocessing Channels	PCA 30 Variance	PCA 50 Variance	PCA 100 Variance
RAVDESS	R-G-B	99.97%	99.99%	99.99%
	L-G-H	99.97%	99.99%	99.99%
CREMA-D	R-G-B	99.93%	99.96%	99.99%
	L-G-H	99.94%	99.96%	99.99%

The model was optimized using the Adam optimizer with a learning rate of 0.0001, weight decay of 0.00005, and a gradient clipping norm of 1.0 to ensure stable convergence.

Experimental Results

All experiments were conducted using the 10-fold cross-validation method. This standard validation approach was employed to ensure robust model evaluation and mitigate the risk of overfitting. By iteratively partitioning the dataset into distinct training and testing subsets, the model is exposed to the full distribution of the data. This broad training setup allows the network to learn generalized, stable geometric features from a diverse anatomic set, ensuring that the system's performance is validated across all available variations. The average accuracy results under different preprocessing methods and subspace dimensions are summarized in Table II.

Results and Evaluation of the Dataset with Relatively Distinct Expressions

In the RAVDESS dataset, where emotions are expressed clearly and at varying intensity levels, the method using 50 principal components processed as R-G-B achieved an average accuracy of 92.92%, and the method using 30 principal components processed as L-G-H achieved an average of 92.64% in 10-fold cross-validation.

TABLE II: Comparison of Preprocessing and Number of Components on Datasets

Dataset	Preprocessing Channels	PCA 30	PCA 50	PCA 100
RAVDESS	R-G-B	92.36%	92.92%	91.39%
	L-G-H	92.64%	92.15%	91.67%
CREMA-D	R-G-B	83.12%	84.64%	84.21%
	L-G-H	81.60%	83.04%	82.66%

The prediction success of the mentioned combinations on a class basis is shown with confusion matrices in Fig. 4 and Fig. 5.

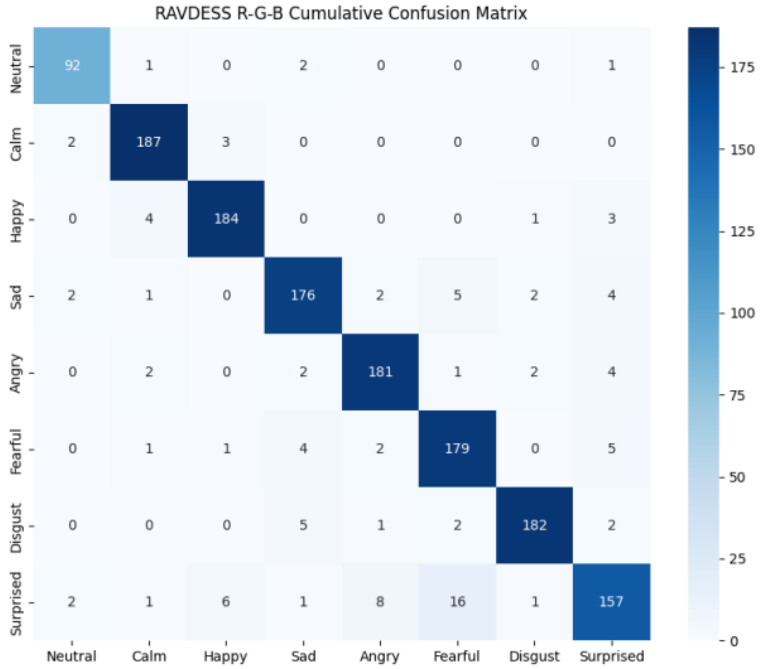


Fig. 4: RAVDESS R-G-B Cumulative Confusion Matrix

Results and Evaluation of the Dataset with Relatively Indistinct Expressions

In the CREMA-D dataset, where lighting, angle, and ethnic differences are relatively high, results that can compete with massive models were obtained. In 10-fold cross-validation, using 50 principal components, an average accuracy rate of 84.64% was achieved when processed as R-G-B and 83.04% was achieved when processed as L-G-H. The prediction success of these combinations on a class basis is shown with confusion matrices in Fig. 6 and Fig. 7.

Literature Comparison

To prove the efficiency of the proposed low-dimensional geometric model, a comparison was made with papers utilizing only the video modality. Table III presents the highest accuracies in the literature and the success of the proposed methods for the RAVDESS dataset, while Table IV does the same for the CREMA-D dataset. Against massive transformer models performing heavy spatio-temporal calculations like attention layers on the CREMA-D dataset,1,2 the 84.64% success achieved with only a 50-dimensional vector sequence demonstrates the hardware efficiency of the proposed geometric approach.

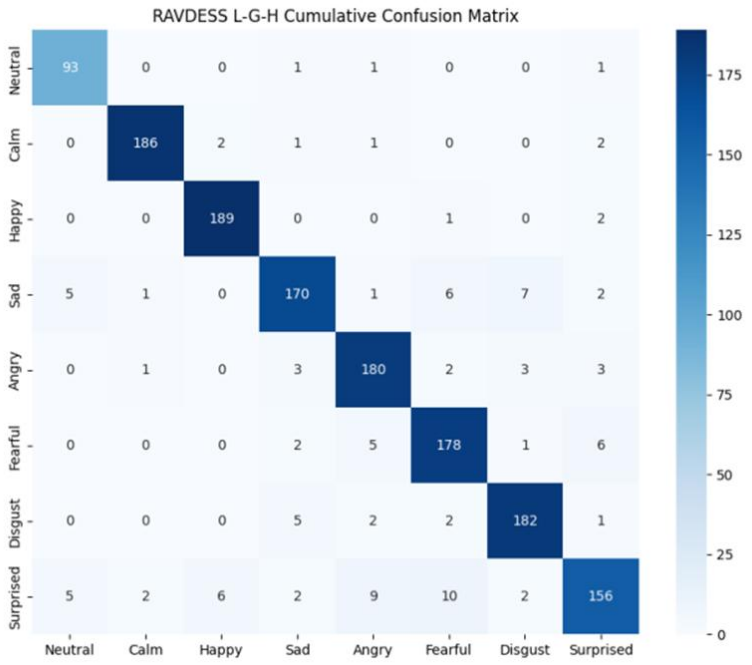


Fig. 5: RAVDESS L-G-H Cumulative Confusion Matrix

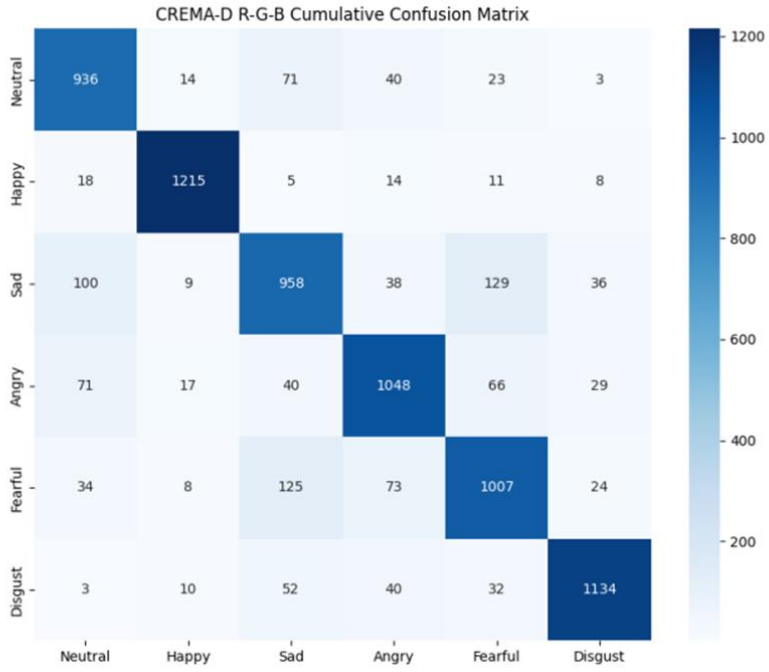


Fig. 6: CREMA-D R-G-B Cumulative Confusion Matrix

In the RAVDESS dataset, Ryumina and Karpov10 reported a very high accuracy rate of 98.90%, and Gavade et al6 reported 97.10%. In these related studies, natural speech recordings, singing recordings, and silent copies of these videos were included in the algorithm, and tests were conducted on an expanded subset of 4904 videos. Furthermore, in the study by Gavade et al,6

the 'neutral' class in the emotion recognition datasets was completely excluded, reducing the problem to a 7-class structure.

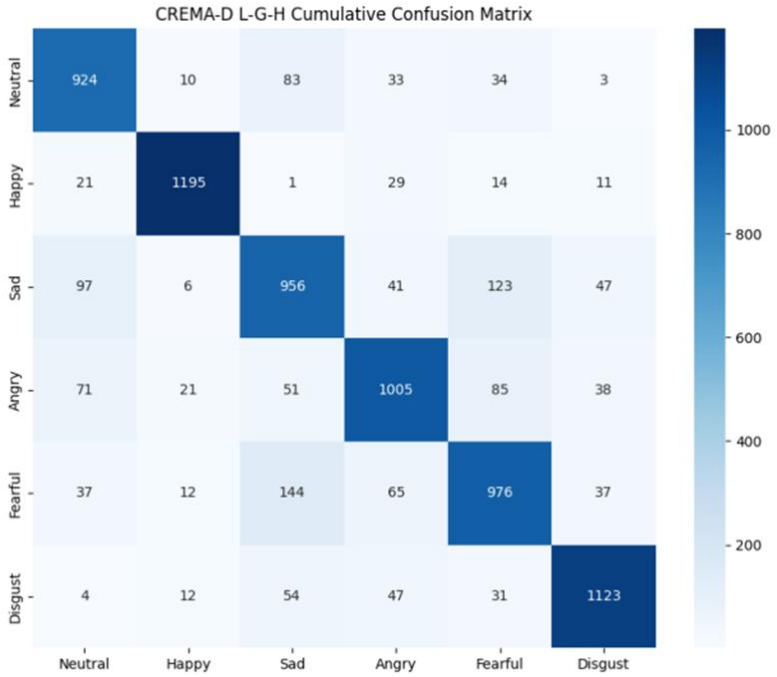


Fig. 7: CREMA-D L-G-H Cumulative Confusion Matrix

TABLE III: RAVDESS Dataset Literature Comparison

Method (Paper)	**Architecture**	**Accuracy (%)**
E. Ryumina et al (2020)[10]	Geometric Landmark Scoring	98.90
P. A. Gavade et al (2021)[6]	Convolutional-Recurrent Net	97.10
V. Sareen et al (2025)[9]	YOLO and Vision Transformer	90.81
B. Mocanu et al (2023)[1]	Video Vision Transformer	85.56
A. S. A. Hans et al (2021)[5]	Convolutional-Recurrent Net	63.35
Proposed Method 1	**Geometric R-G-B Model**	**92.92**
Proposed Method 2	**Geometric L-G-H Model**	**92.64**

TABLE IV: CREMA-D Dataset Literature Comparison

Method (Paper)	**Architecture**	**Accuracy (%)**
B. Mocanu et al (2023)[1]	Video Vision Transformer	82.16
B. Mohan et al (2021)[4]	TSM Convolutional Network	82.00
E. Ryumina et al (2020)[10]	Geometric Landmark Scoring	79.10
L. Goncalves et al (2025)[2]	Convolutional Transformer	78.70
A. S. A. Hans et al (2021)[5]	Convolutional-Recurrent Net	78.52
E. Ghaleb et al (2019)[16]	Multimodal Feature Extraction	65.00
CREMA-D Cao et al (2014)[11]	Human Verification	58.20
Proposed Method 1	**Geometric R-G-B Model**	**84.64**
Proposed Method 2	**Geometric L-G-H Model**	**83.04**

In this study, however, all 8 emotion classes were preserved without deleting any class, and only 1440 speech videos were used as the baseline. Additionally, the high-dimensional distance vectors obtained from facial landmarks were reduced to 50 components using Principal Component Analysis to lower the computational cost. Despite this data dimensionality reduction and the 8-class test scenario, a success of 92.92% was achieved in the RAVDESS dataset. On the other hand, in the CREMA-D dataset where illumination and environmental variables are more intense, the proposed model (84.64%) reached a higher accuracy rate than Ryumina and Karpov's model (79.10%), which uses the same geometric-based approach. This situation indicates that the presented approach not only provides hardware efficiency but is also quite robust against environmental factors. Finally, against massive models combining object detection and vision transformer (YOLO+VIT) architectures,9 the 92.92% success achieved with only a 50-dimensional vector sequence demonstrates the highly competitive strength and hardware efficiency of the proposed geometric approach once again.

CONCLUSION

In this study, a geometric alternative with a very low computational load but high representational power was presented for the Dynamic Facial Expression Recognition problem. Unlike massive deep learning networks that process raw pixels, it was shown what a feature extraction based solely on the biomechanical movements of the face (68 landmarks) provides for emotion recognition. This proposed lightweight method reached highly competitive average accuracy rates, such as 84.64% for CREMA-D and 92.92% in RAVDESS.

Compared to high-performance transformer and convolutional models in the literature, the input size and number of parameters of the proposed architecture are exceptionally small. The high accuracy rates achieved indicate that the model is structurally robust against environmental light and texture differences. This approach constitutes a hardware-friendly and applicable alternative for applications requiring real-time video analysis on embedded systems and edge devices with limited processing power.

REFERENCES

Mocanu B, Tapu R. Facial emotion recognition using video visual transformer and attention dropping. In: 2023 International Symposium on Signals, Circuits and Systems (ISSCS). IEEE; 2023:1-4.

Goncalves L, Leem SG, Lin WC, Sisman B, Busso C. Versatile audio-visual learning for emotion recognition. IEEE Trans Affect Comput. 2025;16(1):306-318.

Mocanu B, Tapu R. Audio-video fusion with double attention for multimodal emotion recognition. In: 2022 IEEE 14th Image, Video, and Multidimensional Signal Processing Workshop (IVMSP). IEEE; 2022:1-5.

Mohan B, Popa M. Temporal based emotion recognition inspired by activity recognition models. In: 2021 9th International Conference on Affective Computing and Intelligent Interaction Workshops and Demos (ACIIW). IEEE; 2021:1-8.

Hans ASA, Rao S. A cnn-lstm based deep neural networks for facial emotion detection in videos. Int J Adv Signal Image Sci. 2021;7(1):11-20.

Gavade PA, Bhat V, Pujari J. Facial expression recognition in videos by learning spatio-temporal features with deep neural networks. In: 2021 Sixth International Conference on Image Information Processing (ICIIP). IEEE; 2021:359-363.

Abdullah M, Ahmad M, Han D. Facial expression recognition in videos: An cnn-lstm based model for video classification. In: 2020 International Conference on Electronics, Information, and Communication (ICEIC). IEEE; 2020:1-3.

He Z, Jin T, Basu A, Soraghan J, Di Caterina G, Petropoulakis L. Human emotion recognition in video using subtraction pre-processing. In: Proceedings of the 2019 11th International Conference on Machine Learning and Computing. Association for Computing Machinery; 2019:374-379.

Sareen V, Seeja K. Video-based facial emotion recognition using yolo and vision transformer. In: EPJ Web of Conferences. EDP Sciences; 2025;328:01040.

Ryumina E, Karpov A. Facial expression recognition using distance importance scores between facial landmarks. In: CEUR Workshop Proceedings. 2020;2744:1-10.

Cao H, Cooper DG, Keutmann MK, Gur RC, Nenkova A, Verma R. CREMA-D: Crowd-sourced emotional multimodal actors dataset. IEEE Trans Affect Comput. 2014;5(4):377-390.

Livingstone SR, Russo FA. The Ryerson Audio-Visual Database of Emotional Speech and Song (RAVDESS): A dynamic, multimodal set of facial and vocal expressions in North American English. PLoS One. 2018;13(5):e0196391.

King DE. Dlib-ml: A machine learning toolkit. J Mach Learn Res. 2009;10:1755-1758.

Kazemi V, Sullivan J. One millisecond face alignment with an ensemble of regression trees. In: 2014 IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition. IEEE; 2014:1867-1874.

Hochreiter S, Schmidhuber J. Long short-term memory. Neural Comput. 1997;9(8):1735-1780.

Ghaleb E, Popa M, Asteriadis S. Multimodal and temporal perception of audio-visual cues for emotion recognition. In: 2019 8th International Conference on Affective Computing and Intelligent Interaction (ACII). IEEE; 2019:552-558.

THE EFFECT OF POST-FIRE DIAGNOSTIC FINDINGS ON RESTORATION DECISIONS IN THE BURSA KHANS DISTRICT: THE CASE OF SIPAHI BAZAAR

BURSA HANLAR BÖLGESİ'NDE YANGIN SONRASI TANI BULGULARININ RESTORASYON KARARLARI ÜZERİNDEKİ ETKİSİ: SİPAHİ ÇARŞISI ÖRNEĞİ

Dr. Mehmet Fatih AYDIN

Bursa Teknik Üniversitesi, Mimarlık ve Tasarım Fakültesi

ABSTRACT

This study examines the impact of post-fire diagnostic findings on restoration decisions in Sipahi Bazaar and Kazazhane Passage, located within the Historic Bazaar and Khans District of Bursa. As one of the most significant urban heritage areas reflecting the spatial organization of the early Ottoman commercial city, the district embodies not only the continuity of trade but also the spatial expression of waqf-based urban organization, circulation networks, and production-consumption relations. Within this setting, Sipahi Bazaar stands out as one of the rare units that has largely preserved its original architectural character, including its alternating stone-and-brick masonry, domed central axis, barrel-vaulted side units, and decorative remains. Following a fire that significantly affected both Sipahi Bazaar and the directly connected Kazazhane Passage, the restoration process evolved beyond the repair of visible damage and became a reassessment of earlier intervention decisions.

The study is based on architectural consultancy reports, revised restoration project reports, site records, field observations, and application photographs produced during and after the restoration process. The analysis focuses on how post-fire investigations, including rasping, dismantling, on-site observations, and material assessment, revealed structural and material conditions not fully understood during the initial project phase. The findings show that the fire caused not only surface damage but also exposed hidden incompatibilities and previous inappropriate interventions. High-temperature effects produced deformation, delamination, and material loss on stone and brick surfaces, particularly in the alternating masonry walls. In many areas, the removal of plaster layers revealed irregular masonry textures, fragmented surfaces, and foreign materials embedded within the wall fabric, demonstrating that some accepted assumptions about the exposed wall character were inaccurate.

One of the most significant findings concerned the upper covering system. After the removal of later roof layers, reinforced concrete coverings reaching 15-20 cm in thickness were identified over certain vaults and domes. These layers were not only non-original but also introduced excessive loads onto the historic masonry system. Likewise, in Kazazhane Passage, the fire revealed the inadequacy of the pre-existing steel-framed sandwich-panel covering, which had enclosed the passage in a manner inconsistent with its historical spatial character and detrimental to ventilation. As a result, a new lightweight and predominantly transparent covering system allowing air circulation and improving environmental performance was developed.

The study argues that post-fire conservation in historic masonry commercial structures should not be understood as a mere repair process. Instead, it must be approached as a decision-making

process shaped by diagnostic evidence that may challenge earlier project assumptions. In Sipahi Bazaar, the initial decision to leave masonry surfaces exposed and jointed was abandoned in favor of a plastered protective solution. In the upper covering system, heavy concrete layers were removed and replaced with lighter fill materials, carbon-fiber strengthening, and lead covering. In Kazazhane Passage, a more permeable and historically compatible transparent roof was proposed. The case demonstrates that post-fire restoration is not simply about reinstating damaged elements, but about re-reading the building through newly revealed evidence and revising intervention decisions accordingly.

Keywords: Post-fire conservation; restoration decision-making; diagnostic findings; historic masonry bazaars; Bursa Khans District.

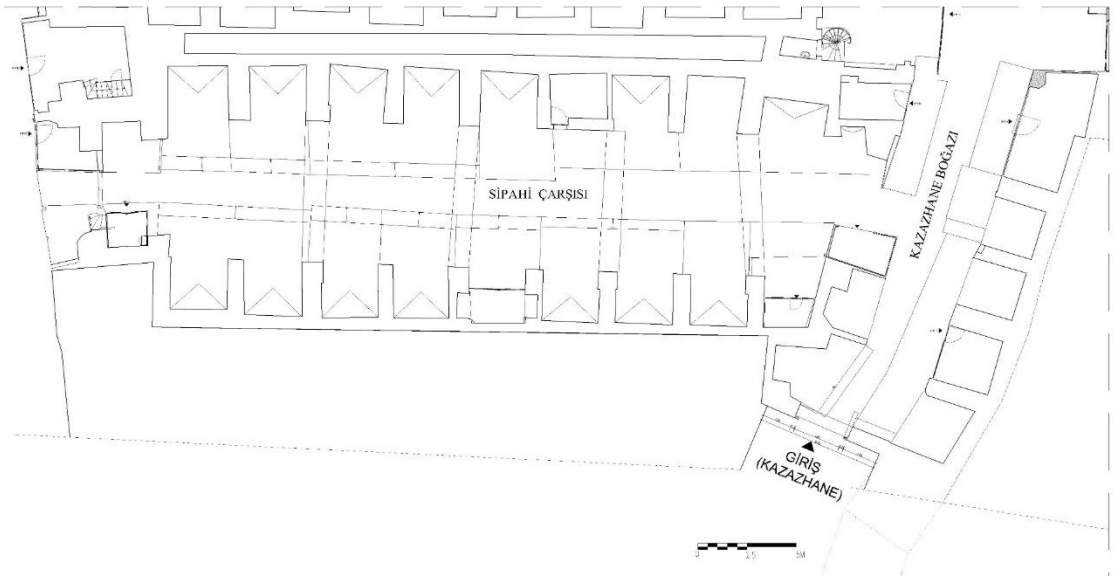
GİRİŞ

Bursa Tarihi Çarşı ve Hanlar Bölgesi, erken Osmanlı ticaret kentinin mekânsal örgütlenmesini günümüze taşıyan en önemli kentsel miras alanlarından biridir. Bedesten, hanlar, arastalar ve bağlantı geçişlerinden oluşan bu karmaşık sistem, yalnızca ticari işleyişin değil, aynı zamanda vakıf düzeni, üretim-tüketim ilişkileri ve kent içi dolaşım kurgusunun da mekânsal karşılığını oluşturmaktadır. Bu bütünlük içinde yer alan Sipahi Çarşısı, hem mimari Hanlar Bölgesi'nin güncel korunma sorunları ve sürdürülebilir hem de özgün yapısal karakterini önemli ölçüde koruyabilmiş ender birimlerden biridir. Bir sıra taş ve iki sıra tuğladan oluşan almaşık duvar örgüsü, sivri kemerlerle taşınan kubbeli orta aksı, tonoz örtülü hücreleri ve bezeme kalıntıları, yapıyı yalnızca bir ticaret mekânı değil, aynı zamanda çok katmanlı bir tarihsel belge hâline getirmektedir (Şekil 1).

Tarihî çarşı yapılarının korunması, mevcut fiziksel durumun onarımına indirgenebilecek teknik bir işlem değildir. Özellikle yangın gibi yıkıcı afetlerden sonra, görünen hasarın yanı sıra, daha önce fark edilmeyen yapısal ve malzeme sorunları da koruma sürecinin yönünü belirleyebilmektedir (Garcia-Castillo et al., 2023; Kincaid, 2019). Sipahi Çarşısı ve Kazazhane Boğazı'nda yaşanan yangın sonrasında gerçekleştirilen raspa, söküm, saha incelemeleri ve laboratuvar değerlendirmeleri, ilk restorasyon kararlarının önemli bir bölümünün yeniden ele alınmasını gerekli kılmıştır. Bu süreçte, taş ve tuğla yüzeylerde yüksek ısıya bağlı deformasyonlar belirlenmiş; ayrıca başlangıçta uygun kabul edilen bazı yüzey ve örtü kararlarının yapının gerçek durumu ile tam olarak örtüşmediği anlaşılmıştır.

Bu çalışma, yangın sonrası restorasyonu yalnızca hasarlı bölümlerin onarımı olarak değil, tanı bulgularına bağlı olarak müdahale kararlarının yeniden değerlendirildiği bir süreç olarak ele almaktadır. Temel iddia, tarihî yığma çarşı yapılarında yangın sonrası korumanın yalnızca fiziksel hasarın giderilmesine değil, afetin ortaya çıkardığı yeni veriler ışığında önceki proje kararlarının sorgulanmasına ve gerektiğinde revize edilmesine dayanması gerektiğidir. Bu yönüyle Sipahi Çarşısı ve Kazazhane Boğazı örneği, uygulama sürecinde elde edilen verilerin koruma kararlarını nasıl dönüştürdüğünü somut biçimde göstermektedir.

Bu çerçevede çalışma, önce Sipahi Çarşısı'nın tarihsel ve mimari özelliklerini kısaca tanıtmakta; ardından yangın sonrası tespit edilen bozulmaları ve tanı bulgularını değerlendirmekte; daha sonra bu bulguların restorasyon müdahalelerini nasıl değiştirdiğini tartışmaktadır. Son bölümde ise vaka, tarihî ticaret yapılarında afet sonrası koruma kararlarının tanı temelli olarak yeniden üretilmesi bağlamında ele alınmaktadır.

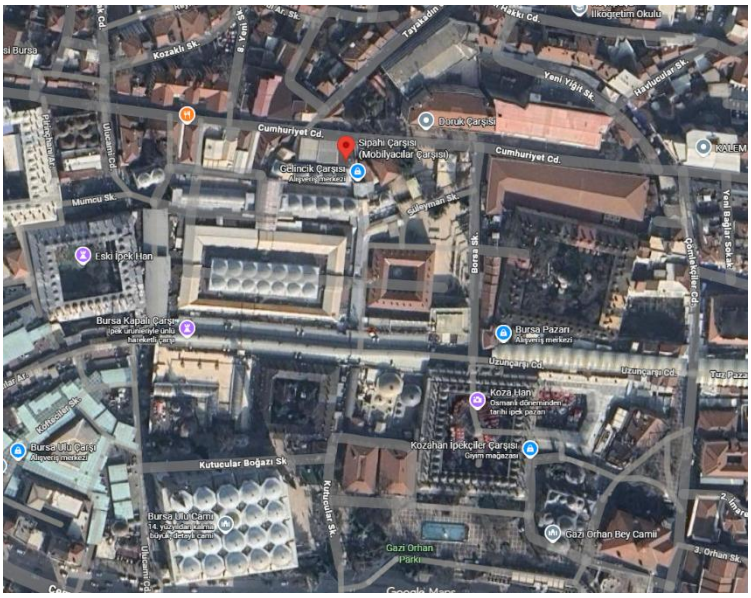


Şekil 1. Sipahi Çarşısı ve Kazazhane Boğazı Planı

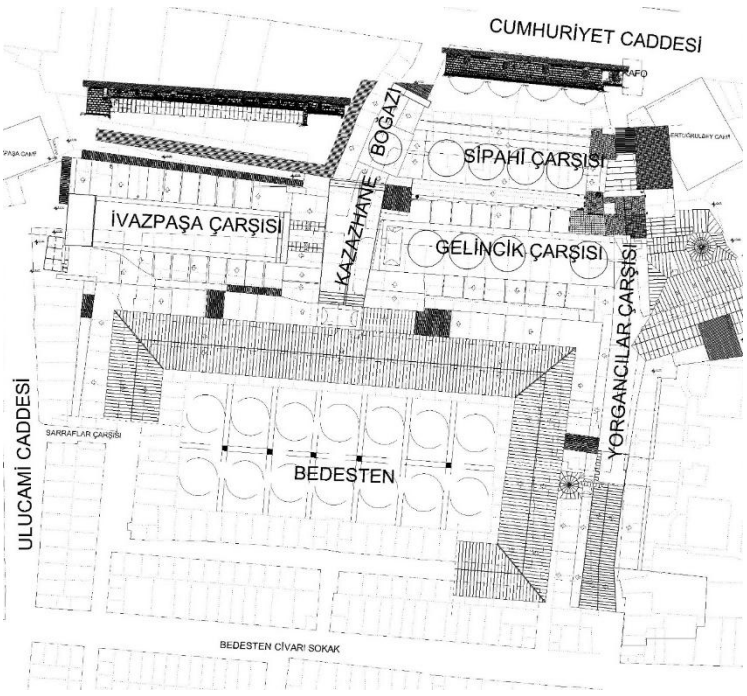
YAPININ VE VAKANIN TANITIMI

Sipahi Çarşısı, Bursa Kapalıçarşı sisteminin tarihsel çekirdeği içinde, Yıldırım Bayezid Bedesteni'nin kuzeyinde yer alan ve özgün mimari karakterini önemli ölçüde koruyabilmiş az sayıdaki birimden biridir. Bursa Kapalıçarşı'sı, erken Osmanlı döneminden itibaren bedesten, hanlar ve üstü örtülü ticaret aksları etrafında gelişen çok katmanlı bir ticaret dokusu oluşturmuştur (Kuban & Emden, 2007; Ayverdi, 1966). Bununla birlikte, yangınlar, depremler, yenilemeler ve parça parça müdahaleler nedeniyle bu dokunun önemli bir bölümü zaman içinde değişime uğramıştır. Hanlar Bölgesi'nin güncel korunma sorunları ile sürdürülebilirlik odaklı yaklaşımlar, bu tarihsel çevrenin yalnızca tekil yapılar üzerinden değil, bütüncül bir alan kurgusu içinde ele alınmasını zorunlu kılmaktadır (Bursa Alan Başkanlığı, 2021-2026). Bu bağlamda Sipahi Çarşısı, hem tarihsel sürekliliği hem de mimari bütünlüğü bakımından ayrıcalıklı bir konuma sahiptir (Çetintaş, 1946; Kuban & Emden, 2007). Yapı, farklı dönemlerde Sipahi Pazarı, Yorgancılar, Sandıkçılar ve Döşekçiler gibi adlarla anılmıştır (Kepecioğlu, 2009; Baykal, 1950). Genel olarak 15. yüzyıla tarihlenen yapının banisinin muhtemelen Karaca Paşa olduğu değerlendirilmektedir (Ayverdi, 1966; Baykal, 1950). Bursa'daki ticari yapılaşma içinde vakıf geliri üreten bir çarşı birimi olarak ele alınan yapının, çeşitli dönemlerde onarım geçirdiği de anlaşılmaktadır (Kepecioğlu, 2009; Baykal, 1950).

Yapının bugünkü konumu ve çevresel ilişkileri de vaka kurgusu açısından önem taşımaktadır. Sipahi Çarşısı'nın kuzeyi Cumhuriyet Caddesi'ne cepheli dükkânlarla, güneyi Gelincik Çarşısı ile, doğusu Yorgancılar Çarşısı ile, batısı ise Kazazhane Boğazı ile çevrilidir. Çarşıya doğudan Yorgancılar Çarşısı yönünden, batıdan ise Kazazhane Boğazı üzerinden girilmektedir. Bu durum, Sipahi Çarşısı'nı tekil bir yapı olmaktan çıkararak bitişik ticari birimler ve geçiş mekânlarıyla birlikte işleyen bir dolaşım sistemi içinde değerlendirmeyi gerekli kılmaktadır. Özellikle Kazazhane Boğazı ile kurduğu doğrudan mekânsal ilişki, yangının etkilerinin ve sonrasındaki müdahale kararlarının yalnızca tek bir yapıya değil, bağlantılı bir ticari geçiş dokusuna da yayıldığını göstermektedir (Şekil 2).



a



b

Şekil 2. Sipahi Çarşısı'nın kentsel bağlamı ve mekânsal ilişkileri a) Sipahi Çarşısı'nın tarihî çarşı dokusu içindeki konumu b) Sipahi Çarşısı ve Kazazhane Boğazı'nın yakın çevre ile mekânsal ilişkisi

Mimari açıdan Sipahi Çarşısı, yalın ancak güçlü bir mekânsal kurguya sahiptir. Duvarlar, bir sıra kesme taş ve iki sıra tuğladan oluşan almaşık duvar tekniğiyle örülmüştür. Çarşının orta bölümü dört kubbe ile örtülmekte, bu kubbeler her iki yönde sivri kemerlerle taşınmaktadır. Kubbeleri taşıyan kemerlerin akslarında yer alan revzenler, kuzey ve güney yönlerinde açıklık sağlayarak iç mekânın aydınlatılmasına katkıda bulunmaktadır. Orta aksın iki yanında sıralanan hücreler yuvarlak kemerli açıklıklara ve tonoz örtülere sahiptir; hücrelerin üzerinde ise tek yöne eğimli çatı düzeni bulunmaktadır. Bu mekânsal kurgu, Sipahi Çarşısı'nı Bursa Kapalıçarşı'sı içinde ayırt edici kılan temel özelliklerden biridir. Yapıda karşılıklı 24 dükkânlı bir düzen ve sokak bölümünün kubbeli örtüsü tanımlanırken, mevcut durumda 20 birimlik bir kullanım şemasının sürdüğü görülmektedir. Bu fark, yapının tarihsel süreç içinde geçirdiği değişimleri

ortaya koymakta; koruma çalışmalarında “tek ve sabit özgün durum” anlayışının çoğu zaman yapının gerçek tarihsel katmanlaşmasıyla bütünüyle örtüşmediğini göstermektedir.

Sipahi Çarşısı’nın önemini artıran bir diğer unsur, yalnızca taşıyıcı sistem ve örtü düzeni değil, iç mekânda korunan bezeme izleridir. Duvarlar üzerindeki sıva kalıntıları üzerinde yer yer kalemişi bezemeler ve manzara resimleri bulunduğu; bazı bezemeler üzerinde görülen Hicri 1239 (1823-1824) tarihinin yapının bu dönemde önemli bir onarım geçirdiğine işaret ettiği anlaşılmaktadır. Kubbelerde, kubbe geçişlerinde ve kemer yüzeylerinde görülen bezeme kalıntıları, yapının yalnızca işlevsel bir çarşı birimi olarak değil, aynı zamanda estetik ve temsili yönü bulunan bir ticaret mekânı olarak da ele alınması gerektiğini göstermektedir. Özellikle bir çarşı yapısında kalemişi bezemelerin korunmuş olması, yapının belge değerini artırmakta; restorasyon sürecinde yapılacak her müdahalenin yalnızca strüktürel değil, yüzey ve bezeme katmanları açısından da dikkatle değerlendirilmesini zorunlu kılmaktadır.

Vakanın özgünlüğü, bu tarihsel ve mimari niteliklerin yangın sonrasında yeniden okunmak zorunda kalınmasında yatmaktadır. Sipahi Çarşısı ile doğrudan ilişkili olan Kazazhane Boğazı, yangından önemli ölçüde etkilenmiş; bu durum yalnızca hasarlı elemanların onarımını değil, mevcut koruma kararlarının yeniden sorgulanmasını da gündeme getirmiştir. Yangın ve sonrasında gerçekleştirilen kapsamlı raspalar, duvar yüzeyleri ve üst örtü sistemleri hakkında proje aşamasında tam olarak görülemeyen birçok veriyi ortaya çıkarmıştır. Böylece vaka, yangın hasarının giderilmesinden ibaret olmayan; malzeme bozulmaları, yapısal yük sorunları ve özgün olmayan ekler üzerinden müdahale kararlarının yeniden üretildiği bir sürece dönüşmüştür. Bu nedenle Sipahi Çarşısı ve Kazazhane Boğazı birlikte ele alındığında, çalışma alanı yalnızca bir tarihî çarşı yapısını değil, tanı bulgularına bağlı olarak değişen müdahale mantığını okumaya imkân veren bütünlüklü bir post-fire koruma vakasını temsil etmektedir (Şekil 3).



a b c d

Şekil 3. Sipahi Çarşısı’nın mekânsal ve bezeme özelliklerine ilişkin görünümler a) Sipahi Çarşısı-Kazazhane Boğazı bağlantı noktası b) İç mekânda kemer ve örtü düzeni c) Güney cephede almaşık duvar örgüsü ve örtü sistemi d) Kubbe iç yüzeyinde korunan bezeme izi

YANGIN SONRASI TESPİTLER VE TANI BULGULARI

Sipahi Çarşısı ve Kazazhane Boğazı'nda meydana gelen yangın sonrasında yapılan incelemeler, hasarın yalnızca yüzeysel bir bozulmadan ibaret olmadığını; yapının malzeme davranışı, taşıyıcı sistem yükleri ve önceki müdahalelerin niteliği hakkında proje aşamasında tam olarak görülemeyen birçok veriyi açığa çıkardığını göstermiştir. Yangın sonrasında Sipahi Çarşısı'nın neredeyse tümünde, Kazazhane Boğazı'nda ise kemer ayaklarını oluşturan ve üstü açık bölüme bakan kesimlerde taş ve tuğla yüzeylerde yüksek ısıya bağlı deformasyonlar saptanmış; bu bozulmaların laboratuvar ortamında ayrıca incelenmesi amacıyla numune alınmıştır.

Bu deformasyonlar, yalnızca genel bir yanma etkisiyle açıklanabilecek yüzey değişimleri değildir. Taş ve tuğla malzemelerin yüksek ısıya doğrudan maruz kalan dış tabakalarında katman katman ayrışma ve yüzeyden kopuşma meydana gelmiştir. Özellikle almaşık duvar örgüsünde, malzemenin dış yüzeyinin parçalanması sonucu duvar yüzeyleri aynı düzlemde okunamayan, girintili çıkıntılı ve düzensiz bir karakter kazanmıştır. Ayrıca tuğla malzemenin dış etkilere karşı dayanımında önemli rol oynayan yüzey tabakasının büyük ölçüde kaybolduğu anlaşılmıştır. Bu bulgular, yangının ardından ortaya çıkan bozulmaların yalnızca görsel değil, malzemenin korunması bakımından da yeni riskler doğurduğunu göstermekte; bu durum tarihî yığma yapılarda yangın sonrası değerlendirme süreçlerine ilişkin güncel literatürle de örtüşmektedir (Garcia-Castillo et al., 2023).

Yangın sonrası raspaların en önemli katkılarından biri, duvar yüzeylerinin gerçek yapısal ve malzeme durumunu görünür hâle getirmesidir. İlk proje aşamasında yapılan sınırlı raspalar, duvarların bütüncül niteliği hakkında yeterli veri sunmamıştır. Buna karşılık sıvaların tamamen kaldırılmasıyla birlikte, geleneksel almaşık duvar tekniğinin birçok yerde işçilik ve malzeme bakımından beklenen düzeni taşımadığı; taş ve tuğla dizilerinin yer yer düzensizleştiği, bazı bölümlerde ise dokuya yabancı malzemelerin bulunduğu görülmüştür. Böylece proje aşamasında daha bütüncül ve düzenli bir yüzey olarak algılanan bazı bölümlerin, gerçekte çok daha karmaşık, bozulmuş ve kısmen müdahale görmüş katmanlardan oluştuğu anlaşılmıştır.

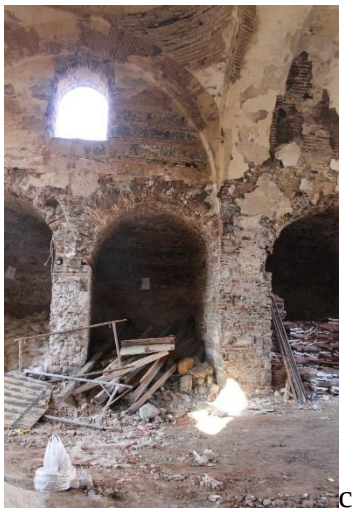
Üst örtü sistemine ilişkin bulgular da benzer biçimde önemlidir. Sipahi Çarşısı'nda tonoz ve kubbelerin örtüsü kaldırılarak yapılan raspa çalışmaları sırasında, bazı bölgelerde 15-20 cm kalınlığa ulaşan demirli beton kaplamalarla karşılaşılmıştır. Bu kaplamalar, yalnızca özgün olmayan bir müdahale değil, aynı zamanda yığma sisteme ilave yük bindiren ağır bir üst örtü tabakasıdır. Yangın öncesinde bu katmanın varlığı proje düzeyinde bu açıklıkta okunamazken, yangın sonrası söküm ve raspa çalışmaları yapının taşıdığı yüklerin beklenenden farklı olduğunu ortaya koymuştur.

Kazazhane Boğazı'nda elde edilen veriler de mevcut örtü sisteminin niteliğini sorgulamayı gerektirmiştir. Yangından önce bu bölüm çelik konstrüksiyon üzeri sandviç panel malzeme ile tamamen ve boşluksuz biçimde örtülmüş durumdaydı. Ancak yapının özgün karakteri değerlendirildiğinde, bu geçiş bölümünün bütünüyle kapalı bir üst örtü ile tanımlanmadığı anlaşılmaktadır. Yangın sonrasında mevcut örtünün kaldırılması, bu müdahalenin hem tarihsel mekânsal karakterle hem de hava sirkülasyonu bakımından uyumsuzluğunu daha açık biçimde ortaya koymuştur.

Sonuç olarak yangın sonrası tanı süreci, bozulmaların yalnızca tekil elemanlar düzeyinde değil, koruma yaklaşımının bütünü üzerinde etkili olduğunu göstermiştir. Sipahi Çarşısı'nda taş ve tuğla yüzeylerde oluşan düzensiz kayıplar, üst örtü sistemindeki ağır tabakalar ve Kazazhane Boğazı'ndaki örtüye ilişkin sorunlar, yapının mevcut durumuna ilişkin ilk kabullerin yeniden değerlendirilmesini gerektiren temel bulgular olarak ortaya çıkmıştır (Şekil 4).


a


b


c


d

Şekil 4. Yangın sonrası Sipahi Çarşısı'nda tespit edilen iç mekân bozulmaları ve üst örtüye ilişkin bulgular a) Yangın sonrası iç mekânda duvar ve örtü yüzeylerindeki bozulmalar b) Yangın sonrası iç mekânda kemer ve geçiş alanındaki hasar görünümü c) İç mekânda yüksek ısıya bağlı yüzey kayıpları ve düzensiz doku d) Üst örtü üzerinde tespit edilen ağır beton kaplama

MÜDAHALE KARARLARININ REVİZYONU

Yangın sonrası gerçekleştirilen raspa, söküm ve malzeme incelemeleri, Sipahi Çarşısı ve Kazazhane Boğazı için daha önce öngörülen restorasyon kararlarının önemli bir bölümünün yeniden ele alınmasını zorunlu kılmıştır. Bu durum, yalnızca hasarlı bölümlerin onarımıyla ilgili değildir; asıl olarak, proje aşamasında sınırlı gözlemlerle benimsenen bazı koruma kararlarının, uygulama sürecinde ortaya çıkan veriler karşısında geçerliliğini yitirmesiyle ilgilidir. Bu nedenle müdahale kararları yeniden değerlendirilmiş ve buna bağlı olarak yeni bir tadilat projesi hazırlanmıştır.

Revize edilen ilk temel karar, Sipahi Çarşısı'ndaki duvar yüzeylerinin görünümüne ilişkindir. İlk restorasyon yaklaşımında, almaşık taş-tuğla yüzeylerin kısmen açığa çıkarılması ve derzlenerek görünür bırakılması uygun bir çözüm olarak değerlendirilmiştir. Ancak yangın sonrası tüm yüzeylerde yapılan kapsamlı raspalar, bu yaklaşımın sınırlı veriye dayandığını ortaya koymuştur. Yüksek ısı nedeniyle oluşan yüzey kopmaları sonucunda duvarlar düzensiz

bir karakter kazanmış; sıvaların tamamen kaldırılmasıyla birlikte, almaşık duvar dokusunun birçok yerde işçilik ve malzeme bakımından beklenen düzeni taşımadığı, bazı bölümlerde ise yabancı malzemeler içerdiği görülmüştür. Bu nedenle yüzeylerin sıvasız ve yalnız derz uygulamasıyla bırakılması uygun bulunmamış, buna karşılık sıvalı yüzey kararına geçilmiştir.

Bu revizyon, yalnızca estetik bir tercih değişikliği değildir. Açıkta bırakılmış almaşık yüzey fikri, malzemeyi görünür kılma bakımından ilk bakışta çekici görünse de, bu vaka özelinde malzeme bütünlüğü, yüzey koruması ve yapının okunabilirliği açısından sürdürülebilir değildir. Özellikle tuğla malzemenin dış koşullara karşı dayanımında önemli rol oynayan yüzey tabakasının büyük ölçüde kaybolmuş olması, çıplak bırakılan yüzeylerin yeni bozulmalara açık hâle gelebileceğini göstermektedir. Bu bakımdan sıvalı çözüm, özgün malzemenin sergilenmesinden çok, mevcut bozulma düzeyine uygun koruyucu bir müdahale olarak değerlendirilmelidir.

İkinci büyük revizyon, üst örtü sisteminde ortaya çıkmıştır. Sipahi Çarşısı'nda tonoz ve kubbelerin örtüsü kaldırılarak yapılan raspa çalışmaları sırasında, bazı bölgelerde 15-20 cm kalınlığa ulaşan demirli beton kaplamalarla karşılaşılmıştır. Bu ağır tabakanın yapıya ilave yük bindirdiğinin anlaşılması üzerine kaldırılması kararlaştırılmış; yerine gerekli noktalarda cüruf dolgu yapılması, ardından karbon fiber ile güçlendirme uygulanması ve son aşamada kurşun kaplama yapılması önerilmiştir. Böylece müdahale, yalnızca mevcut hasarı gidermeye değil, yangın sonrasında görünür hâle gelen yapısal uygunsuzluğu ortadan kaldırmaya yönelmiştir.

Kazazhane Boğazı için geliştirilen revizyon ise mekânsal karakter ile çevresel performansın birlikte değerlendirilmesine dayanmaktadır. Yangın öncesinde bu bölümün çelik konstrüksiyon üzeri sandviç panel malzeme ile tamamen ve boşluksuz biçimde kapatılmış olduğu görülmektedir. Oysa yapının özgün karakteri, bu geçiş mekânının üstünün kapalı olmamasını gerektirmektedir. Yangın sonrasında mevcut örtünün kaldırılmasıyla, bu müdahalenin hem tarihsel mekân niteliğiyle hem de hava sirkülasyonu bakımından uyumsuz olduğu açık biçimde ortaya çıkmıştır. Bu nedenle yeni örtü, şeffaf yüzeylerin ağırlıkta olduğu, saçaklarıyla yağmur suyunu dışarı atan ve hava dolaşımına izin veren bir sistem olarak tasarlanmıştır. Bu çözümle hem mekânın daha geçirgen bir nitelik kazanması hem de şeffaf yüzeylerin oluşturabileceği sera etkisinin azaltılması amaçlanmıştır.

Bu müdahale, çağdaş ek tasarım ile tarihî doku arasındaki ilişkinin nasıl kurulması gerektiğine dair de önemli bir örnek sunmaktadır. Yeni örtü, tarihî yapıyı taklit eden bir rekonstrüksiyon değildir; buna karşılık önceki kapalı ve ağır sistemin yerine, geçiş mekânını daha açık, hafif ve geçirgen bir karaktere yaklaştıran bir çözüm üretmektedir. Böylece hem yangın nedeniyle ortadan kalkan sorunlu ekin yerine yeni bir tasarım önerilmiş hem de yapının tarihsel mekânsal mantığıyla daha uyumlu bir ara sistem geliştirilmiştir.

Sonuç olarak revize müdahale kararları, yangın sonrasında elde edilen verilerin yalnızca teşhis amaçlı değil, doğrudan karar üretici nitelikte olduğunu göstermektedir. Sipahi Çarşısı'nda derzli yüzey kararından sıvalı yüzey kararına geçilmesi, ağır beton kaplamaların kaldırılarak daha hafif üst örtü çözümlerine yönelinmesi ve Kazazhane Boğazı'nda yeni şeffaf örtü tasarımının geliştirilmesi, aynı temel mantığa dayanmaktadır: uygulama sürecinde ortaya çıkan veriler, önceki proje varsayımlarının yeniden değerlendirilmesini zorunlu kılmıştır (Şekil 5).


a


b

Şekil 5. Sipahi Çarşısı ve Kazazhane Boğazı'nda revize müdahale kararları doğrultusunda gerçekleştirilen üst örtü uygulamaları a) Sipahi Çarşısı'nda kurşun kaplama ile yenilenen kubbe örtüsü b) Kazazhane Boğazı'nda uygulanan yeni şeffaf üst örtü sistemi

TARTIŞMA

Sipahi Çarşısı ve Kazazhane Boğazı örneği, tarihî yığma ticaret yapılarında yangın sonrası korumanın yalnızca hasarlı bölümlerin onarımına indirgenemeyeceğini açık biçimde göstermektedir. Bu vakada belirleyici olan, yangının doğrudan yarattığı fiziksel tahribattan çok, uygulama sürecinde gerçekleştirilen raspa, söküm ve incelemeler sonucunda daha önce yeterince görülemeyen yapısal ve malzeme sorunlarının açığa çıkmış olmasıdır. Bu durum, proje aşamasında üretilen kararların tarihî yapılarda her zaman yeterli veriyle oluşturulamadığını; buna karşılık gerçek durumun çoğu kez ancak uygulama sırasında görünür hâle geldiğini ortaya koymaktadır.

Sipahi Çarşısı'nda duvar yüzeyleri için başlangıçta benimsenen derzli ve sıvasız bırakma kararı bu durumun açık örneğidir. İlk bakışta malzemeyi görünür kılan ve özgünlük fikrine yakın duran bu yaklaşım, kapsamlı raspalar sonrasında ortaya çıkan düzensiz almaşık doku, yüzey kayıpları ve yabancı malzeme varlığı nedeniyle geçerliliğini yitirmiştir. Buradan çıkan daha genel sonuç, tarihî yapılarda "malzemeyi açığa çıkarma" kararının her zaman koruma lehine işlemeyeceğidir. Özellikle yüksek ısıya bağlı bozulmalar sonrasında malzemenin dış tabakasında meydana gelen kayıplar, yüzeyin hem fiziksel bütünlüğünü hem de okunabilirliğini değiştirebilir. Bu durumda çıplak yüzey bırakmak, malzemeyi dürüstçe göstermekten çok onu yeni bozulmalara açık hâle getirebilir. Dolayısıyla koruma açısından gerekli olan, her zaman yüzeyi sergilemek değil, bazı durumlarda onu uygun bir katmanla yeniden koruma altına almaktır.

Benzer biçimde, üst örtü sistemine ilişkin bulgular da yangın sonrası korumanın yalnız onarım değil, önceki müdahalelerin eleştirel değerlendirilmesi anlamına geldiğini göstermektedir. Sipahi Çarşısı'nda tonoz ve kubbelerin üzerinde ortaya çıkan ağır beton tabaka, yalnızca uygunsuz bir geç dönem müdahalesi değil, aynı zamanda yığma sisteme ek yük bindiren yapısal bir sorundur. Bu nedenle yangın sonrası müdahale, bazı durumlarda yalnız afetin verdiği hasarı değil, afetin görünür hâle getirdiği eski müdahale sorunlarını da düzeltmeyi gerektirir.

Kazazhane Boğazı'nda geliştirilen yeni şeffaf üst örtü de aynı mantığın başka bir yansımasıdır. Önceki kapalı ve boşluksuz sistem, hem tarihsel mekân karakteri hem de hava sirkülasyonu bakımından sorunlu bir kurgu üretmiştir. Buna karşılık yeni çözüm, daha hafif, geçirgen ve çevresel açıdan daha dengeli bir yaklaşım ortaya koymaktadır. Böylece çağdaş ek tasarımın tarihî doku ile ilişkisi, taklit yoluyla değil; hafiflik, geçirgenlik ve mekânsal uyum üzerinden kurulmuştur.

Vakanın önemli bir diğer sonucu da, yangının yalnızca bir hasar üretme biçimi değil, yapının müdahale geçmişini görünür kılan bir kırılma noktası olmasıdır. Sipahi Çarşısı'nda yangın sonrasında ortaya çıkan uygunsuz ekler ve ağır müdahaleler, rastlantısal sorunlar olarak değil, yapının uzun dönemli dönüşümünün parçaları olarak değerlendirilmelidir. Bu nedenle post-fire koruma, yalnızca afet sonrasında oluşan hasarı gidermeye değil, yapının geçmişte geçirdiği müdahaleleri çözümlemeye dayanan çok katmanlı bir okuma süreci gerektirmektedir.

SONUÇ

Sipahi Çarşısı ve Kazazhane Boğazı örneği, tarihî yığma ticaret yapılarında yangın sonrası korumanın yalnızca hasarlı bölümlerin onarımından ibaret olmadığını açık biçimde ortaya koymaktadır. Bu vakada yangın, taş ve tuğla yüzeylerde yüksek ısıya bağlı bozulmalar üretmekle kalmamış; aynı zamanda proje aşamasında tam olarak okunamayan yapısal ve malzeme sorunlarını da görünür hâle getirmiştir. Duvar yüzeylerinde yapılan kapsamlı raspalar sonucunda almaşık dokunun birçok yerde düzensiz, bozulmuş ve yer yer yabancı malzeme içeren bir karakter taşıdığı anlaşılmış; buna bağlı olarak başlangıçta öngörülen derzli ve sıvasız yüzey kararından vazgeçilerek sıvalı yüzey çözümüne geçilmiştir. Benzer biçimde, tonoz ve kubbeler üzerinde ortaya çıkan 15-20 cm kalınlığındaki demirli beton kaplamalar, müdahalenin yalnız yüzey onarımını değil, yapıya ek yük bindiren uygunsuz katmanların kaldırılmasını da kapsaması gerektiğini göstermiş; bu doğrultuda daha hafif dolgu, karbon fiber güçlendirme ve kurşun kaplama gibi revize çözümler geliştirilmiştir.

Kazazhane Boğazı'nda önerilen yeni şeffaf üst örtü de aynı yeniden değerlendirme mantığının bir parçasıdır. Yangın öncesinde mevcut olan boşluksuz sandviç panel örtünün hem yapının özgün mekânsal karakteriyle hem de hava sirkülasyonu bakımından uyumsuz olduğu görülmüş; bunun yerine suyu dışarı atan, hava akımına izin veren, daha hafif ve geçirgen bir çözüm benimsenmiştir. Böylece müdahale, yalnızca kaybolan bir örtünün yerine yeni bir örtü yapılmasıyla sınırlı kalmamış; aynı zamanda önceki uygunsuz sistemin yerine tarihsel bağlama ve çevresel performansa daha uygun bir çözüm geliştirilmiştir.

Sonuç olarak bu çalışma, yangın sonrası restorasyonun tarihî yapılarda yalnızca bir onarım süreci değil, tanı bulgularına dayalı bir yeniden değerlendirme ve karar revizyonu alanı olduğunu göstermektedir. Sipahi Çarşısı ve Kazazhane Boğazı'nda uygulama sırasında ortaya çıkan veriler, ilk proje kararlarının gerektiğinde değiştirilebildiğini ortaya koymuştur. Bu nedenle post-fire koruma, yalnız afetin bıraktığı hasarı gidermeye değil, afetin görünür hâle getirdiği gizli müdahaleleri, taşıyıcı sorunları ve malzeme gerçekliğini yeniden okuyarak müdahale mantığını güncellemeye dayanan dinamik bir süreç olarak değerlendirilmelidir.

KAYNAKÇA

Ayverdi, E. H. (1966). *Osmanlı mi'mârîsinin ilk devri* (2. cilt, 57. sayı). Baha Matbaası.

Baykal, K. (1950). *Bursa ve anıtları: Bursa et ses monuments*. Aysan Matbaası.

Bursa Alan Başkanlığı. (2021-2026). *Bursa (Hanlar Bölgesi-Sultan Külliyeleri) ve Cumalıkızık Yönetim Planı*.

Çetintaş, S. (1946). *Türk mimari anıtları: Osmanlı devri, Bursa'da ilk eserler*. Millî Eğitim Basımevi.

Garcia-Castillo, E., Paya-Zaforteza, I., & Hospitaler, A. (2023). Fire in heritage and historic buildings, a major challenge for the 21st century. *Developments in the Built Environment*, *13*, 100102.

Kepecioğlu, K. (2009). *Bursa kütüğü* (H. Algül, M. Kara, M. A. Yediyıldız, Haz.). Bursa Kültür A.Ş.

Kincaid, S. (2020). After the fire: reconstruction following destructive fires in historic buildings. *The Historic Environment: Policy & Practice*, *11*(1), 21-39.

Kuban, D., & Emden, C. (2007). *Osmanlı mimarisi*. Yapi-Endustri Merkezi.

COMPARISON OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE ATTITUDES BETWEEN SOCIAL AND TECHNICAL PROGRAM STUDENTS: THE CASE OF ÜNYE VOCATIONAL SCHOOL

TEKNİK VE SOSYAL PROGRAM ÖĞRENCİLERİNİN YAPAY ZEKÂ TUTUMLARININ KARŞILAŞTIRILMASI: ÜNYE MESLEK YÜKSEKOKULU ÖRNEĞİ

Dr. Öğr. Üyesi Erdem KAYA

Ordu Üniversitesi, Ünye Meslek Yüksekokulu

ÖZET

Dijital dönüşüm süreciyle birlikte yapay zekâ (YZ), tüm mesleki disiplinlerde temel bir yetkinlik haline gelmiştir. Bu çalışmanın temel amacı, mesleki eğitim alan öğrencilerin yapay zekâya yönelik tutumlarını ve kullanım pratiklerini disiplin temelli (Sosyal ve Teknik Programlar) bir yaklaşımla karşılaştırmaktır. Ünye Meslek Yüksekokulu örneğinde yürütülen bu araştırma, farklı akademik alanlardaki öğrencilerin teknolojiye uyum süreçlerini ve gelecek vizyonlarını belirlemeyi hedeflemektedir. Araştırma, nicel araştırma yöntemlerinden betimsel tarama ve karşılaştırmalı modelde tasarlanmıştır. Çalışmanın örneklemini, Ünye Meslek Yüksekokulu'nun teknik ($N = 154$) ve sosyal ($N = 133$) programlarında öğrenim gören toplam 287 gönüllü öğrenci oluşturmaktadır. Verilerin toplanmasında "Üniversite Öğrencilerinin Yapay Zekâya Yönelik Tutumu Ölçeği (SATAI)" kullanılmıştır. Elde edilen verilerin analizinde betimsel istatistiklerin yanı sıra Bağımsız Örneklemler t-Testi ve Ki-Kare (χ^2) bağımsızlık testi tekniklerinden yararlanılmıştır. Analiz sonuçları, teknik program öğrencilerinin genel tutum ($\overline{X} = 3{,}77$), bilişsel ($\overline{X} = 4{,}07$) ve davranışsal ($\overline{X} = 3{,}71$) puanlarının sosyal program öğrencilerinden istatistiksel olarak anlamlı derecede yüksek olduğunu ortaya koymuştur ($p < {,}05$). Ancak duyuşsal boyutta disiplinler arasında anlamlı bir fark saptanmamıştır ($t_{285} = 0{,}970, p > 0{,}05$). Kullanım amaçları incelendiğinde; teknik öğrencilerin ödev hazırlama (%61,7), ders notu özetleme (%63,0) ve içerik üretme (%35,7) oranlarının sosyal program öğrencilerinden anlamlı düzeyde yüksek olduğu görülmüştür ($p < 0{,}05$). "Merak edilenleri araştırmak" ise her iki grubun da (%79,1) en yüksek oranda birleştiği ortak motivasyon kaynağıdır. Bulgular, Ünye MYO bünyesinde disiplinler arası belirgin bir "dijital uygulama makası" olduğunu göstermektedir. Teknik ve sosyal program öğrencileri yapay zekâya karşı benzer bir duygusal kabule (duyuşsal) sahip olmalarına rağmen, bu kabulün eyleme (davranışsal) ve mesleki farkındalığa (bilişsel) dönüşme hızı teknik alanlarda anlamlı derecede daha yüksektir. Sosyal program öğrencilerinin YZ'yi daha çok geleneksel bir "akademik asistan" olarak konumlandırdığı, teknik öğrencilerin ise çok amaçlı bir "üretim ortağı" gibi kullandığı anlaşılmaktadır. Bu bağlamda, sosyal program müfredatlarının pratik yapay zekâ uygulamalarıyla zenginleştirilmesi ve "yapay zekâ okuryazarlığı" derslerinin yaygınlaştırılması önerilmektedir.

Anahtar Kelimeler: Yapay Zekâ, Tutum, Teknik Programlar, Sosyal Programlar.

ABSTRACT

In the era of digital transformation, artificial intelligence (AI) has become a core competency across all professional disciplines. This study aims to compare the AI attitudes and usage practices of vocational school students using a discipline-based approach (Social vs. Technical Programs). Conducted at Ünye Vocational School, the research identifies how students in different academic fields adapt to technology and perceive their professional futures. The study employed a quantitative, descriptive, and comparative research model. The sample included 287 volunteer students from technical ($N = 154$) and social ($N = 133$) programs at Ünye Vocational School. Data were collected using the "Student Attitudes toward Artificial Intelligence (SATAI)" scale and analyzed via descriptive statistics, Independent Samples t-Tests, and Chi-Square (χ^2) tests of independence. Analysis revealed that technical students' general attitude ($\overline{X} = 3.77$), cognitive ($\overline{X} = 4.07$), and behavioral ($\overline{X} = 3.71$) scores were significantly higher than those of social students ($p < .05$). Conversely, no significant difference was found in the affective dimension ($t_{285} = 0.970, p > 0.05$). Regarding usage, technical students significantly outperformed social students in assisting with assignments (61.7%), summarizing notes (63.0%), and generating content (35.7%) ($p < 0.05$). "Researching topics of interest" (79.1%) emerged as the primary shared motivation for both groups. The findings indicate a distinct "digital application gap" within Ünye Vocational School. While both groups share a similar emotional acceptance (affective), technical students demonstrate faster integration into action (behavioral) and professional awareness (cognitive). Social program students tend to view AI as a traditional "academic assistant," whereas technical students utilize it as a multi-purpose "production partner." Consequently, enriching social program curricula with practical AI applications and expanding "AI literacy" courses is recommended.

Key Words: Artificial Intelligence, Attitude, Technical Programs, Social Programs

GİRİŞ

Yapay zekâ (YZ), dış kaynaklardan gelen verileri analiz edebilme, bu verilerden öğrenme ve esnek hedeflere ulaşabilme yeteneğiyle günümüz dünyasını kökten değiştiren bir teknoloji haline gelmiştir (Saka, 2025). Sanal asistanlardan akıllı şehirlere kadar geniş bir yelpazede günlük yaşamın her alanına entegre olan bu sistemler, özellikle yükseköğretim süreçlerini de hızla dönüştürmektedir (Eti, 2025). Yapay zekânın yükseköğretimde benimsenmesi; kişiselleştirilmiş öğrenme fırsatları ve karmaşık konuların daha kolay kavranması gibi pedagojik avantajlar sağlarken, etik kaygılar ve iş gücü piyasasındaki değişimler gibi tartışmaları da beraberinde getirmektedir (Çelik ve Karayaman, 2025).

Meslek Yüksekokulları (MYO), teknik becerilere sahip nitelikli iş gücünü hızla piyasaya kazandırma hedefiyle bu dijital dönüşümün merkezinde yer almaktadır (Ateş ve Uymaz, 2024). Ancak yapay zekânın rutin ve operasyonel işlerde insanın yerini alma potansiyeli, MYO öğrencileri üzerinde mesleki yetersizlik ve gelecek belirsizliği gibi psikolojik etkiler yaratabilmektedir (Çelik ve Karayaman, 2025). Bu noktada öğrencilerin yapay zekâya yönelik bilişsel, duyuşsal ve davranışsal tutumları, teknolojiyi bir tehdit mi yoksa bir gelişim aracı mı olarak göreceklerini belirleyen temel faktör olarak öne çıkmaktadır (Turgut ve Kunuroglu, 2025).

Literatürde farklı akademik disiplinlerden gelen öğrencilerin yapay zekâ algıları üzerine çeşitli çalışmalar bulunsa da sosyal ve teknik programların karşılaştırmalı olarak incelenmesi, dijital okuryazarlık düzeylerinin ve müfredat ihtiyaçlarının doğru tespiti açısından kritik öneme sahiptir (Giray Yakut vd., 2025). Teknik bölümlerin teknolojiyle olan doğrudan teması ile sosyal

bölümlerin bu teknolojiyi iş süreçlerine entegre etme biçimleri arasındaki farklar, eğitim politikalarının şekillendirilmesinde temel bir veri kaynağı oluşturmaktadır.

Bu araştırma, yapay zekâ teknolojilerinin iş dünyasının standartlarını yeniden tanımladığı bir dönemde, Ünye Meslek Yüksekokulu bünyesindeki öğrencilerin bu dönüşüme ne ölçüde hazır olduklarını disiplinler arası bir perspektifle ortaya koyması bakımından stratejik bir öneme sahiptir. Araştırmanın sonuçları, sosyal programlar (İnsan Kaynakları Yönetimi, Lojistik, Muhasebe ve Vergi Uygulamaları) ve teknik programlar (Bilgisayar Programcılığı, Elektronik Teknolojisi, Mimari Restorasyon) arasındaki tutum farklarını belirleyerek, alana özgü yapay zekâ okuryazarlığı eğitimlerinin tasarlanmasına zemin hazırlayacaktır (Taşdelen vd., 2025). Ayrıca öğrencilerin kullanım amaçları ve sıklıklarının belirlenmesi, yapay zekânın eğitimdeki rolünü güçlendirmek ve öğrencilere geleceğin iş gücü için gerekli becerileri kazandırmak adına yol gösterici olacaktır.

Bu çalışmanın temel amacı, Ünye Meslek Yüksekokulu'nda öğrenim gören Sosyal ve Teknik program öğrencilerinin yapay zekâya yönelik tutum düzeylerini saptamak ve bu tutumların program türü, kullanım amaçları ve kullanım sıklıkları gibi değişkenler açısından anlamlı bir farklılık gösterip göstermediğini karşılaştırmalı olarak incelemektir.

Araştırmanın genel amacı doğrultusunda şu alt problemlere yanıt aranmıştır:

- Sosyal ve Teknik program öğrencilerinin yapay zekâya yönelik genel tutum puanları (bilişsel, duyuşsal ve davranışsal) ne düzeydedir?
- Sosyal ve Teknik program öğrencilerinin yapay zekâya yönelik tutum puanları arasında program türüne (Sosyal/Teknik) göre anlamlı bir farklılık var mıdır?
- Sosyal ve Teknik program öğrencilerinin yapay zekâ araçlarını kullanım amaçları disiplinlere göre farklılaşmakta mıdır?
- Sosyal ve Teknik program öğrencilerinin yapay zekâ araçlarını kullanım sıklıkları disiplinlere göre farklılaşmakta mıdır?

YÖNTEM

Araştırma Deseni

Bu araştırma, nicel araştırma yaklaşımları içerisinde yer alan tarama modeli esas alınarak desenlenmiştir. Tarama modeli; geçmişte ya da günümüzde varlığını sürdüren bir olguyu, herhangi bir dış müdahalede bulunmaksızın, mevcut koşulları içerisinde ve olduğu şekliyle betimlemeyi hedefleyen bir araştırma yaklaşımıdır (Karasar, 2012). Bu doğrultuda, Ordu Üniversitesi Ünye Meslek Yüksekokulu'nda öğrenim gören öğrencilerin yapay zekâ teknolojilerine yönelik tutumlarını var olan durumuyla saptamak ve mevcut tabloyu nesnel bir biçimde ortaya koymak amacıyla tarama modelinin kullanımı uygun görülmüştür.

Evren ve Örneklem

Araştırmanın evrenini, 2025-2026 eğitim-öğretim yılı bahar yarıyılında Ordu Üniversitesi Ünye Meslek Yüksekokulu bünyesinde öğrenimlerini sürdüren tüm öğrenciler oluşturmaktadır. Çalışmanın örneklem grubu ise, zaman, maliyet ve erişim kısıtlılıkları gibi operasyonel faktörler nedeniyle tercih edilen 'kolayda örnekleme' yöntemiyle belirlenmiş (Golzar vd., 2022) ve araştırmaya gönüllü katılım sağlayan 287 öğrenciden oluşmuştur. Katılımcıların öğrenim gördükleri akademik disiplinler, araştırmanın karşılaştırmalı doğasına uygun olarak iki temel grupta tasnif edilmiştir: Bu bağlamda; Bilgisayar Programcılığı, Elektronik Teknolojisi ve Mimari Restorasyon bölümleri Teknik Programlar kategorisinde; Muhasebe ve Vergi

Uygulamaları, İnsan Kaynakları Yönetimi ve Lojistik bölümleri ise Sosyal Programlar kategorisinde kodlanarak analiz sürecine dahil edilmiştir (Tablo 1).

Tablo 1. *Örneklemin Cinsiyet, Öğrenim Gördükleri Program ve Program Türü Değişkenine Göre Frekans ve Yüzde Dağılımları.*

Değişkenler	**Kategoriler**	**N**	**%**
Cinsiyet	Kadın	153	53,3
	Erkek	134	46,7
Program	Bilgisayar Programcılığı	98	34,1
	Muhasebe ve Vergi Uygulamaları	30	10,5
	İnsan Kaynakları Yönetimi	46	16,0
	Elektronik Teknolojisi	26	9,1
	Mimari Restorasyon	30	10,5
	Lojistik	57	19,9
Program Türü	Teknik	154	53,7
	Sosyal	133	46,3

Veri Toplama Araçları

Bu araştırmada iki veri toplama aracı kullanılmıştır:

- *Kişisel Bilgi Formu:* Cinsiyet, öğrenim görülen program, sınıf düzeyi, yapay zekâ kullanım sıklığı ve yapay zekâ kullanım amacına ilişkin verileri toplamak amacıyla Kişisel Bilgi Formu kullanıldı.
- *Yapay Zekâ Tutum Ölçeği:* Ölçek ilk olarak Suh ve Anh (2022) tarafından geliştirilmiş Turgut ve Kunuroğlu (2025) tarafından Türkçeye uyarlanmıştır. Öğrencilerin yapay zekâ teknolojilerine karşı yaklaşımlarını ölçmek amacıyla kullanılan bu ölçek 26 madde ve üç alt boyuttan oluşmaktadır. Bilişsel alt boyut, öğrencilerin yapay zekânın doğası ve önemi hakkındaki bilgi ve farkındalık düzeylerini ölçen 4 sorudan oluşmaktadır. Duyuşsal alt boyut, yapay zekâya yönelik hissedilen güven, korku veya heyecan gibi duygusal tepkileri belirleyen 10 sorudan oluşmaktadır. Davranışsal alt boyut ise teknolojiyi kullanma niyetini ve mesleki hayata entegre etme eğilimini sorgulayan 12 sorudan oluşmaktadır. Beşli Likert tipi bir ölçekte (1: Kesinlikle Katılmıyorum, 2: Katılmıyorum, 3: Kararsızım, 4: Katılıyorum, 5: Kesinlikle Katılıyorum) cevaplanmaktadır. Her alt boyutun Cronbach alfa değerleri sırasıyla .88, .92 ve .94 olarak hesaplanmıştır. Ölçeğin toplam iç tutarlılık katsayısı ise 0.96'dır. Bu da ölçeğin yüksek güvenirliğe sahip olduğunu göstermektedir. Bu çalışmada yapay zekâ tutum ölçeği için güvenirlik katsayısı .94 olarak hesaplanmıştır.

Verilerin Analizi

Google Forms aracılığı ile alınan veriler E-Tablolar formatında dışarı aktarılmıştır. E-Tablolar'dan Excel formatına dönüştürülen veriler işlendikten sonra SPSS'e kopyalanmıştır. Veriler SPSS versiyon 27 paket programı kullanılarak analiz edilmiştir. Verilerin normal dağılım varsayımını karşılayıp karşılamadığı, Kolmogorov-Smirnov testi ile çarpıklık, basıklık ve standart hata değerleri esas alınarak değerlendirilmiştir.

Tablo 2. *Üniversite öğrencilerinin yapay zekâya yönelik tutumu ölçeğine ait Kolmogorov-Smirnov, çarpıklık ve basıklık değerleri*

		Kolmogorov-Smirnov		Çarpıklık		Basıklık	
Boyutlar	**N**	**Değer**	**p**	**Değer**	**Std. Hata**	**Değer**	**Std. Hata**
Bilişsel	287	0,127	0,000	-0,43	0,14	0,39	0,29
Duyuşsal	287	0,081	0,000	-0,45	0,14	1,22	0,29
Davranışsal	287	0,054	0,042	-0,17	0,14	0,01	0,29
Genel Tutum	287	0,061	0,012	-0,22	0,14	0,18	0,29

Verilerin normal dağılım varsayımını karşılayıp karşılamadığını belirlemek amacıyla yapılan analizlerde (Tablo 2); Kolmogorov-Smirnov testi sonuçları $p < ,05$ düzeyinde çıksa da büyük örneklemlerde bu testin en küçük sapmalara karşı bile aşırı duyarlı hale gelebildiği literatür ışığında (Field, 2013) dikkate alınmıştır. Bu bağlamda, öğrencilerin yapay zekâya yönelik tutum ölçeği alt boyutlarından elde edilen çarpıklık (skewness) ve basıklık (kurtosis) katsayılarının literatürde kabul gören referans aralıklarında yer aldığı saptanmıştır (George ve Mallery, 2010). Elde edilen bu kanıtlar doğrultusunda verilerin normal dağılım sergilediği varsayılmış ve analiz sürecinde parametrik testlerin uygulanmasına karar verilmiştir. Demografik değişkenler ekseninde gruplar arası farkları analiz etmek amacıyla; betimsel istatistiklerin (aritmetik ortalama ve standart sapma) yanı sıra, program türü bazındaki tutum puanı farklılıklarını saptamak amacıyla bağımsız örneklemler için t-testi kullanılmıştır. Bunlara ek olarak, öğrencilerin yapay zekâ araçlarını kullanım sıklıkları ve kullanım amaçları gibi kategorik değişkenlerin program türüne göre dağılımını ve aralarındaki ilişkiyi belirlemek amacıyla Ki-kare (χ^2) bağımsızlık testi uygulanmıştır.

Etik Kurul İzin Belgesi

Bu çalışmanın uygulama süreci, Ordu Üniversitesi Sosyal ve Beşerî Bilimler Araştırmaları Etik Kurulu tarafından incelenmiş ve kurulun 02.03.2026 tarihli toplantısında alınan 2026-18 sayılı kararı ile etik ilkeler doğrultusunda uygunluğu onaylanmıştır.

BULGULAR

Bu bölümde, araştırmanın alt amaçları doğrultusunda elde edilen bulgular sunulmuştur. Sosyal ve Teknik program öğrencilerinin 'Üniversite Öğrencilerinin Yapay Zekâya Yönelik Tutum Ölçeği'ne verdikleri yanıtlara ilişkin minimum, maksimum, aritmetik ortalama ve standart sapma değerlerini içeren betimsel istatistikler Tablo 3'te yer almaktadır.

Tablo 3. *Program Türüne Göre Öğrencilerin Yapay Zekâ Tutum Puanları ve Alt Boyutlarına İlişkin Betimsel İstatistikler*

Boyutlar	**Program Türü**	**N**	**En Düşük**	**En Yüksek**	**X**	**SS**	**Düzey**
Bilişsel	Teknik	154	1	5	4,07	0,680	Yüksek
	Sosyal	133	1	5	3,64	0,764	Yüksek
Duyuşsal	Teknik	154	1	5	3,73	0,570	Yüksek
	Sosyal	133	1	5	3,66	0,637	Yüksek
Davranışsal	Teknik	154	1	5	3,71	0,661	Yüksek

	Sosyal	133	1	5	3,30	0,690	Orta
Genel Tutum	Teknik	154	1	5	3,77	0,538	Yüksek
	Sosyal	133	1	5	3,49	0,591	Yüksek

Tablo 3 incelendiğinde, teknik program öğrencilerinin ($n = 154$) yapay zekâya yönelik tüm alt boyutlarda ve genel tutum toplamında 'Yüksek' düzeyde bir yaklaşım sergiledikleri saptanmıştır. Sosyal programlarda öğrenim gören katılımcıların ($n = 133$) verileri analiz edildiğinde ise; bilişsel, duyuşsal ve genel tutum puanlarının 'Yüksek' düzeyde seyrettiği, özellikle öğrencilerin yapay zekâ teknolojilerini pratik uygulamalara dönüştürme eğilimini yansıtan davranışsal tutum puanlarının $\bar{X} = 3{,}30$ ortalama ile belirgin bir şekilde 'Orta' düzeyde kaldığı tespit edilmiştir.

Araştırmanın "Sosyal ve teknik program öğrencilerinin yapay zekâya yönelik tutum puanları arasında program türüne göre anlamlı bir farklılık var mıdır?" şeklindeki ikinci alt problemini test etmek amacıyla yapılan bağımsız örneklemler t-testi sonuçları Tablo 4'te sunulmuştur.

Tablo 4. *Program Türü Değişkenine Göre Öğrencilerin Yapay Zekâ Tutum Puanları ve Alt Boyutlarının Karşılaştırılmasına İlişkin Bağımsız Örneklemler t-Testi Sonuçları*

Boyut	**Grup**	**N**	**$\bar{X}$**	**SS**	**t**	**p**
Bilişsel	Teknik	154	4,07	0,680	5,077	0,000*
	Sosyal	133	3,64	0,764		
Duyuşsal	Teknik	154	3,73	0,570	0,970	0,333
	Sosyal	133	3,66	0,637		
Davranışsal	Teknik	154	3,71	0,661	5,091	0,000*
	Sosyal	133	3,30	0,690		
Genel Tutum	Teknik	154	3,77	0,538	4,213	0,000*
	Sosyal	133	3,49	0,591		

Analiz sonuçları incelendiğinde; öğrencilerin yapay zekâya yönelik Bilişsel ($t = 5{,}077;\ p <$,001), Davranışsal ($t = 5{,}091;\ p <$,001) ve Genel Tutum ($t = 4{,}213;\ p <$,001) puanları arasında program türü değişkenine göre teknik programlar lehine istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık saptanmıştır. Bu bulguya göre, teknik program öğrencilerinin yapay zekâya yönelik bilişsel farkındalıklarının ve davranışsal eğilimlerinin sosyal program öğrencilerine göre anlamlı derecede daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Öğrencilerin yapay zekâ teknolojilerine yönelik Duyuşsal tutum puanları incelendiğinde ise program türüne göre istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmadığı görülmüştür ($t =$,879; $p >$,05). Bir başka ifadeyle, teknik program öğrencilerinin ($\bar{X} = 3{,}73$) ve sosyal program öğrencilerinin $\bar{X} = 3{,}66$) yapay zekâya yönelik duyuşsal yaklaşımlarının birbirine benzer olduğu saptanmıştır.

Araştırmanın üçüncü alt problemi olan "Sosyal ve teknik program öğrencilerinin yapay zekâ araçlarını kullanım sıklıkları disiplinlere göre farklılaşmakta mıdır?" sorusuna yanıt aramak amacıyla gerçekleştirilen Ki-Kare (χ^2) analizi sonuçları Tablo 5'te sunulmuştur.

Tablo 5. *Program Türüne Göre Öğrencilerin Yapay Zekâ Araçlarını Kullanım Sıklıklarının Karşılaştırılmasına İlişkin Ki-Kare Testi Sonuçları*

Kullanım Sıklığı	Teknik (N=154)	Sosyal (N=133)	Toplam (N=287)	χ^2	p
Hiç kullanmadım	1 (%0,6)	3 (%2,3)	4 (%1,4)	11,986	0,007
Nadiren	25 (%16,2)	42 (%31,6)	67 (%23,3)		
Haftada birkaç kez	65 (%42,2)	50 (%37,6)	115 (%40,1)		
Her gün / Sürekli	63 (%40,9)	38 (%28,6)	101 (%35,2)		

Tablo 5'te yer alan analiz sonuçları incelendiğinde, öğrencilerin yapay zekâ araçlarını kullanım sıklıkları ile öğrenim gördükleri program türü (Teknik/Sosyal) arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki olduğu saptanmıştır ($\chi^2 = 11{,}986;\ p < {,}05$). Grupların kullanım yoğunlukları arasındaki farklar detaylı olarak incelendiğinde; teknik program öğrencilerinin %40,9'unun yapay zekâ araçlarını "her gün / sürekli" kullandığı, sosyal program öğrencilerinde ise bu oranın %28,6 düzeyinde kaldığı görülmektedir. Buna karşın, yapay zekâ araçlarını "nadiren" kullandığını belirten öğrencilerin oranının sosyal programlarda (%31,6), teknik programlara (%16,2) kıyasla yaklaşık iki kat daha fazla olduğu tespit edilmiştir. Her iki grupta da "haftada birkaç kez" kullanım düzeyi (Teknik: %42,2; Sosyal: %37,6) en yüksek frekansa sahip kategoriler arasında yer almaktadır. Elde edilen bulgular, teknik program öğrencilerinin yapay zekâ araçlarını günlük rutinlerine ve akademik çalışmalarına entegre etme sıklığının sosyal program öğrencilerine göre anlamlı derecede daha yüksek olduğunu göstermektedir.

Araştırmanın dördüncü alt problemi olan "Sosyal ve teknik program öğrencilerinin yapay zekâ araçlarını kullanım amaçları disiplinlere göre farklılaşmakta mıdır?" sorusunu yanıtlamak amacıyla gerçekleştirilen analizler sonucunda elde edilen veriler Tablo 6'da sunulmuştur.

Tablo 6. *Program Türü Değişkenine Göre Öğrencilerin Yapay Zekâ Araçlarını Kullanım Amaçlarının Karşılaştırılmasına İlişkin Ki-Kare Testi Sonuçları*

Kullanım Amacı	Teknik (N=154)	Sosyal (N=133)	Toplam (N=287)	χ^2	p
Ödev ve projelerime yardımcı olması için	95 (%61,7)	59 (%44,4)	154 (%53,7)	8,617	0,003*
Ders notlarını özetlemek veya anlamadığım konuları sormak için	97 (%63,0)	55 (%41,4)	152 (%53,0)	13,407	0,000*
Yabancı dil öğrenme veya çeviri yapmak için	26 (%16,9)	18 (%13,5)	44 (%15,3)	0,617	0,432
Günlük işlerimi planlamak için	26 (%25,3)	18 (%12,8)	44 (%19,5)	7,149	0,008*
Merak ettiğim konuları araştırmak için	125 (%81,2)	102 (%76,7)	227 (%79,1)	0,865	0,352
Eğlence, hobi veya içerik (görsel/video/metin) üretmek için	55 (%35,7)	33 (%24,8)	88 (%30,7)	3,990	0,046*
Hiç kullanmıyorum	1 (%0,6)	2 (%1,5)	3 (%1,0)	0,504	0,478

Tablo 6'da yer alan Ki-Kare (χ^2) analizi sonuçları incelendiğinde, öğrencilerin yapay zekâ araçlarını kullanım amaçlarının birçok kategoride öğrenim görülen program türüne göre istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar gösterdiği saptanmıştır.

Analiz sonuçlarına göre; "Ödev ve projelere yardımcı olması" ($\chi^2 = 8{,}617;\ p < {,}01$), "Ders notlarını özetlemek" ($\chi^2 = 13{,}407;\ p < {,}01$), "Günlük işleri planlamak" ($\chi^2 =$

$7{,}149;\ p < {,}01$) ve "Eğlence ve hobi" ($\chi^2 = 3{,}990;\ p < {,}05$) kategorilerinde teknik program öğrencileri lehine anlamlı derecede daha yüksek bir kullanım oranı tespit edilmiştir. Özellikle "ders notlarını özetlemek" amacıyla kullanımda teknik program öğrencilerinin (%63,0), sosyal program öğrencilerine (%41,4) oranla belirgin bir farklılık sergilediği görülmektedir.

Buna karşın, öğrencilerin en yoğun kullanım gösterdiği alanlardan biri olan "Merak edilen konuları araştırmak" (%81,2 - %76,7) ve "Yabancı dil öğrenimi" (%16,9 - %13,5) amaçlarında program türleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmadığı ($p > {,}05$) belirlenmiştir. Bu bulgular, teknik program öğrencilerinin yapay zekâyı akademik verimlilik ve planlama süreçlerine entegre etme konusunda sosyal program öğrencilerine göre daha işlevsel bir yaklaşım sergilediklerini, araştırma ve dil öğrenimi gibi genel amaçlarda ise her iki grubun benzer eğilimler taşıdığını göstermektedir.

SONUÇ VE TARTIŞMA

Ünye Meslek Yüksekokulu öğrencileri üzerinde yürütülen bu araştırma sonucunda elde edilen veriler ışığında ulaşılan temel sonuçlar aşağıda özetlenmiştir:

Tutum Düzeyleri: Teknik programlarda öğrenim gören öğrenciler bilişsel, duyuşsal ve davranışsal boyutlar ile genel tutum puanı açısından "Yüksek" düzeyde tutum sergilemektedir. Sosyal program öğrencilerinin bilişsel, duyuşsal ve genel tutum puanlarının "Yüksek" düzeyde olduğu, ancak yapay zekâyı pratik uygulamalara dökme eğilimini temsil eden davranışsal boyutta "Orta" düzeyde kaldıkları saptanmıştır.

Disiplinler Arası Farklılıklar: Teknik program öğrencilerinin yapay zekâya yönelik bilişsel, davranışsal ve genel tutum puanları, sosyal program öğrencilerine göre istatistiksel olarak anlamlı derecede daha yüksektir. Öğrencilerin yapay zekâya yönelik duygusal yaklaşımlarını ifade eden duyuşsal tutum puanlarında ise disiplinler arasında anlamlı bir farklılık bulunmamaktadır.

Kullanım Amaçları: Teknik program öğrencileri; ödev/proje hazırlama, ders notlarını özetleme, günlük planlama ve içerik üretme (eğlence/hobi) amaçlarıyla yapay zekâyı sosyal program öğrencilerine göre anlamlı düzeyde daha fazla kullanmaktadır. Her iki disiplin grubu için de en yaygın kullanım amacı "merak edilen konuları araştırmak" olup, bu amaç açısından disiplinler arası anlamlı bir fark görülmemiştir.

Kullanım Sıklığı: Teknik program öğrencilerinin yapay zekâ araçlarını her gün veya sürekli kullanım oranları (%40,9), sosyal program öğrencilerine (%28,6) göre belirgin şekilde daha yüksektir. Sosyal program öğrencilerinde ise "nadiren" kullanım oranının (%31,6), teknik program öğrencilerine (%16,2) kıyasla daha yoğun olduğu görülmektedir.

Sıklık ve Tutum İlişkisi: Yapay zekâ araçlarının kullanım sıklığı arttıkça, öğrencilerin bilişsel, duyuşsal, davranışsal ve genel tutum puanları anlamlı şekilde artış göstermektedir. Özellikle "Her gün / Sürekli" kullanan grubun en yüksek tutum puanlarına sahip olduğu belirlenmiştir.

Genel bir değerlendirme yapıldığında; teknik program öğrencilerinin yapay zekâyı akademik ve günlük yaşamlarına daha fazla entegre ettikleri ve bu duruma paralel olarak daha olumlu bir tutum sergiledikleri görülmektedir. Sosyal program öğrencilerinde ise ilgi ve bilgi düzeyinin (bilişsel/duyuşsal) yüksek olmasına rağmen, kullanım sıklığı ve uygulama eğiliminin (davranışsal) daha düşük seviyede kaldığı sonucuna ulaşılmıştır.

Araştırmanın ilk bulgusu hem teknik hem de sosyal program öğrencilerinin yapay zekâya yönelik genel tutumlarının "yüksek" düzeyde olduğudur. Bu sonuç, üniversite öğrencilerinin

yapay zekâyı genel olarak olumlu bir gelişme olarak gördüğünü ve bu teknolojiyi kariyerleri için bir fırsat olarak değerlendirdiğini ortaya koyan güncel çalışmalarla (Aksu, 2025; Çelik ve Karayaman, 2025) paralellik göstermektedir. Öğrencilerin bu olumlu tutumu, yapay zekânın günlük hayata ve akademik süreçlere hızla entegre olmasıyla açıklanabilir.

Disiplinler arası karşılaştırma yapıldığında, teknik program öğrencilerinin (Bilgisayar Programcılığı, Elektronik Teknolojisi, Mimari Restorasyon) bilişsel, davranışsal ve genel tutum puanlarının sosyal program öğrencilerine göre anlamlı derecede daha yüksek olduğu saptanmıştır. Bu farkın temel nedeni, teknik program öğrencilerinin müfredatları gereği teknolojik gelişmelere daha yakın olması ve dijital okuryazarlık düzeylerinin daha yüksek seyretmesidir. Literatürde de teknik ve mühendislik tabanlı bölümlerde öğrenim gören öğrencilerin yapay zekâyı kullanma eğilimlerinin ve teknik bilgi düzeylerinin diğer bölümlere göre daha yüksek olduğu vurgulanmaktadır (Giray Yakut vd., 2025). Sosyal program öğrencilerinin (İnsan Kaynakları, Lojistik, Muhasebe) bilişsel ve duyuşsal düzeylerinin yüksek olmasına rağmen, davranışsal boyutta "orta" düzeyde kalmaları, bu öğrencilerin yapay zekâyı teorik olarak bilmelerine ve ilgi duymalarına rağmen, pratik uygulama (kullanım) noktasında teknik öğrenciler kadar aktif olmadıklarını göstermektedir.

Duyuşsal boyutta ise sosyal ve teknik programlar arasında anlamlı bir farkın bulunmaması dikkat çekici bir bulgudur. Bu durum, yapay zekânın yarattığı heyecan, merak veya gelecek kaygısı gibi duygusal tepkilerin öğrenim görülen disiplinden bağımsız olarak tüm öğrencilerde benzer düzeyde olduğunu göstermektedir. Saydamlı vd. (2025) tarafından yapılan çalışmada da belirtildiği üzere, yapay zekâya yönelik duygusal tutumlar genellikle teknolojiye duyulan genel ilgiyle ilişkilidir ve akademik alan bu ilgi üzerinde belirleyici bir ayrım yaratmamaktadır.

Araştırmanın diğer önemli bir bulgusu, kullanım sıklığı ile tutum puanları arasındaki pozitif yönde anlamlı ilişkidir. Yapay zekâyı her gün kullanan öğrencilerin tutum puanlarının, nadiren kullanan veya hiç kullanmayanlara göre anlamlı derecede yüksek olması "maruz kalma etkisi" ile açıklanabilir. Teknoloji ile kurulan temas arttıkça, bireyin o teknolojiye yönelik ön yargıları azalmakta ve kullanım becerisi arttıkça tutumu da olumlu yönde gelişmektedir. Bu bulgu, yapay zekâ araçlarını sık kullananların bu araçları bir "tehdit" yerine akademik başarıyı artıran bir "asistan" olarak konumlandırdığını belirten çalışmalarla (Taşdelen vd., 2025) uyumludur.

Kullanım amaçları incelendiğinde, teknik program öğrencilerinin akademik destek (ödev hazırlama, ders özeti çıkarma) ve günlük planlama amaçlarıyla yapay zekâyı sosyal program öğrencilerine göre daha fazla tercih ettikleri görülmüştür. Bu durum, teknik programların problem çözme ve proje odaklı yapısının yapay zekâ araçlarının sunduğu imkanlarla daha fazla örtüşmesinden kaynaklanıyor olabilir. Her iki grubun da en çok "merak edilen konuları araştırmak" amacıyla yapay zekâyı kullanması, bu araçların geleneksel arama motorlarının yerini almaya başladığının bir göstergesidir.

Sonuç olarak Ünye MYO örneğinde, teknik bilimler öğrencilerinin yapay zekâya adaptasyon sürecinde daha ileri bir noktada oldukları, sosyal bilimler öğrencilerinin ise teknolojiye ilgi duymakla birlikte bu araçları pratik kullanıma dökme noktasında daha fazla rehberliğe ve uygulama tabanlı eğitime ihtiyaç duydukları görülmektedir. Bu bağlamda, sosyal programların müfredatlarına da alana özgü yapay zekâ kullanımını içeren derslerin entegre edilmesi, disiplinler arası dijital uçurumun kapanmasına katkı sağlayacaktır.

REFERENCES

Aksu, M. (2025). Öğrencilerin Yapay Zekâya İlişkin Bilgi, Tutum ve Bakış Açılarının Analizi. The Journal of Academic Social Science Studies, Year: 18-Number:103, 467-484. https://doi.org/10.29228/JASSS.81095

Ateş, V., ve Uymaz, G. (2024). Meslek Yüksekokulu Öğrencilerinde Yapay Zekâ Kaygısı: Demografik Özellikler Açısından Bir İnceleme. Nevşehir Hacı Bektaş Veli Üniversitesi SBE Dergisi, Sosyal Bilimlerde Yapay Zekâ: Kuram, Uygulama ve Gelecek Perspektifleri Özel Sayısı, 320-335.

Çelik, G., ve Karayaman, S. (2025). Meslek yüksekokulu öğrencilerinin yapay zekâya karşı tutumları ve iş bulma kaygılarının incelenmesi. Education Science and Sports, 7(2), 65-73. https://doi.org/10.70053/esas.1778248

Eti, H. S. (2025). Yükseköğretimde Yapay Zekâ: Öğrenci Tutumları ve Akademisyen Görüşleri. İktisadi İdari ve Siyasal Araştırmalar Dergisi, 10(26), 132-153. https://doi.org/10.25204/iktisad.1588001

Field, A. (2013). Discovering Statistics Using IBM SPSS Statistics (4th ed.). Sage Publications.

George, D., ve Mallery, P. (2010). SPSS for Windows Step by Step: A Simple Guide and Reference, 17.0 Update (10th Edition). Pearson.

Giray Yakut, S., Kandur Aslan, H., ve Yılmaz Küsen, G. (2025). Yapay zekâya bakış: Üniversite öğrencilerinin tutumlarına yönelik bir profil çalışması. Journal of Awareness, 10(1), e2684. https://doi.org/10.26809/joa.2684

Golzar, J., Noor, S., ve Tajik, O. (2022). Convenience Sampling. International Journal of Education and Language Studies, 1 (2), 72-77. DOI: https://doi.org/10.22034/ijels.2022.162981

Karasar, N. (2012). Bilimsel Araştırma Yöntemi: Kavramlar İlkeler Teknikler (23. bs.). Nobel Akademik Yayıncılık.

Saka, A. (2025). Türkiye'de Eğitimde Yapay Zekâ Çalışmalarının Sistematik Derlemesi. Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi. Uludağ Üniversitesi, Eğitim Bilimleri Enstitüsü, Bursa.

Saydamlı, Ş., Şahin, S., & Er, M. N. (2025). Hemşirelik Öğrencilerinin Yapay Zekâya Yönelik Tutumlarının İncelenmesi. İzmir Kâtip Çelebi Üniversitesi Sağlık Bilimleri Fakültesi Dergisi, 10(3), 439-445. https://doi.org/10.61399/ikcusbfd.1548434

Suh, W., ve Ahn, S. (2022). Development and Validation of a Scale Measuring Student Attitudes Toward Artificial Intelligence. Sage Open, 12(2), 1–12. DOI: https://doi.org/10.1177/21582440221100463

Taşdelen, M., Koç, B., ve Güven, A. (2025). Üniversite Öğrencilerinin Eğitim ve Kariyer Süreçlerinde Yapay Zekanın Rolü: Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi Öğrencileri Üzerine Uygulama. Uluslararası İktisadi ve İdari Çalışmalar Dergisi. 3 (1), 50-71.

Turgut, D., ve Kunuroglu, F. (2025). Adaptation of the Student Attitudes toward Artificial Intelligence Scale (SATAI) to the Turkish Context: A Sample of Emerging Adults. International Journal of Human–Computer Interaction, 41(21), 13505-13515. https://doi.org/10.1080/10447318.2025.2474474

APPLICATIONS OF PHASE MEASUREMENT UNITS (PMU) FOR POWER SYSTEM STABILITY MONITORING

Olsi KARAPICI

Department of Electric Power Systems, Faculty of Electrical Engineering, Polytechnic University of Tirana, Tirana, Albania

ORCID ID: 0009-0001-5215-2159

Viktor RROTANI

Department of Electric Power Systems, Faculty of Electrical Engineering, Polytechnic University of Tirana, Tirana, Albania

ORCID ID: 0009-0001-8270-1921

Rajmonda BUALOTI

Department of Electric Power Systems, Faculty of Electrical Engineering, Polytechnic University of Tirana, Tirana, Albania

ORCID ID: 0000-0002-2531-4220

Marialis ÇELO

Department of Electric Power Systems, Faculty of Electrical Engineering, Polytechnic University of Tirana, Tirana, Albania

ORCID ID: 0000 -0001-8897-945X

ABSTRACT

Monitoring, control and protection of the power system are essential aspects that determine its proper functioning. To improve these aspects, devices called Phasor Measurement Units (PMU) are installed in the power grid. Measurements taken by PMUs in different locations are synchronized with each other and can be combined to provide an accurate and comprehensive "view" of an entire interconnection network. Transient stability analysis is a key problem in power system operation. The Wide Area Measurement System (WAMS) monitors all areas using PMU measurements, and provides a better assessment of network conditions in real time, with the aim of preventing failures and responding to stability problems.

This paper discusses an application using PMU measurements data located at system nodes for the assessment of the dynamic stability of the power system. First, the correspondence between the rotor angle trajectories of the generators and the node voltage angles obtained from the measurement data of the PMUs installed in them is analyzed. In addition, the extended equal-area criterion and the time-domain simulation methods are considered to analyze the transient stability using bus angles measurements (by PMUs).

Key Words: PMU, Power system stability, power system monitoring, voltage.

INTRODUCTION

The developments and implementations in smart metering devices and data communication technologies, enable significant improvements in the reliability, efficiency, and security of power systems.

In recent years, synchronized phasor measurements in power systems have increasingly been carried out using devices known as Phasor Measurement Units (PMUs). PMUs are installed at specific network locations where voltage, frequency, and current values are going to be measured. The collected data are transmitted to a Phasor Data Concentrator (PDC) at a rate of 20-30 samples per second and are subsequently forwarded to the control center. Based on the received data, system operators make decisions regarding the operational actions to be performed within the power system.

PMUs are ideal for monitoring and controlling the dynamic performance of the power system, particularly when the system operates under overloaded conditions. PMUs measure voltage, current, and phase angle with a data reporting rate typically ranging from 30 to 60 samples per second. On the contrary, conventional Supervisory Control and Data Acquisition (SCADA) systems usually report data every four to six seconds, more than one hundred times slower than PMUs. The main advantages of PMU technology lie in its high-resolution measurements and precise time synchronization over a wide geographical area. Table 1 compares SCADA systems and PMUs.

As can be observed, wide-area monitoring and control using PMUs enables significantly higher data resolution, approximately 10 to 100 times greater compared to traditional SCADA systems. PMU-based measurement technology is therefore superior to conventional SCADA systems.

Wide-Area Monitoring, Protection, and Control (WAMPAC) systems [1], by leveraging real-time PMU measurement data to enhance power system reliability [2], represent the backbone of smart grids. At the core of the development of “Smart Transmission Networks” [3,4] lies the design, implementation, and testing of synchronized phasor measurement data applications that can complement Wide-Area Measurement Systems (WAMS). However, the development of PMU data-based WAMPAC applications has been relatively slow [3] compared to the growing interest in the installation of these devices [5]. As a result, the vast potential of WAMPAC systems remains underutilized, and further efforts are required to develop and integrate new applications for enhanced monitoring, protection, and control of electrical power networks.

Since these phasor measurement devices provide real-time data on the condition of the power system, their use contributes to increased system reliability and security. Real-time monitoring allows rapid identification and signaling of system anomalies that may occur when normal operating limits are violated. It also enables immediate corrective actions within system operating boundaries. Such an operational policy facilitates resource optimization within the network, ultimately leading to a reduction in investment requirements.

Table 1. Comparison of SCADA and PMU

Characteristic	SCADA	PMU
Type of measure	Analog	Digital
Measure resolution	2-4 measures/second	30-240 measures/second
Monitoring and responding	Steady state	Dynamic / Transient
Measure of phase angle	No	Yes
Measurements units	|V|, MW, MVAR	|V|, δ, MW, MVAR, $\|\delta_2-\delta_1\|$
Time synchronization	No	(synchronization in EMS) yes (synchronization within 1-2 microseconds)
Monitoring	Local	Wide area
Communication	Mostly inherited	Mostly advanced

PMU (PHASE MEASUREMENT UNIT) AND ITS APPLICATIONS

A PMU is an electronic device that provides synchrophasor and frequency measurements for three-phase alternating current voltages and/or currents. Figure 1 shows a functional block-diagram of the PMU. A PMU uses digital signal processors that can measure single-phase and three-phase forms of time-synchronized electrical quantities such as voltages (V) and currents (I). Inside a PMU, voltage and current signals pass through a filter to eliminate high-frequency interference signals and are then digitized using an A/D converter. For digitalization, a specific number of samples is taken together with a GPS-synchronized clock. The digitized signals are then processed through a complex multiplication with the nominal frequency carrier in order to obtain the real and imaginary coordinates of the phasor. These components are subsequently processed by a filter that provides the required accuracy under dynamic conditions. The final values are used to evaluate electrical quantities such as voltage and current phasors, phase angle difference Φ, frequency, rate of change of frequency, active and reactive power, etc.

Based on PMUs, various types of wide-area monitoring, control, and optimization systems can be designed. The transition from the traditional measurement system to the modern system based on synchronized measurements is shown schematically in Figure 2.

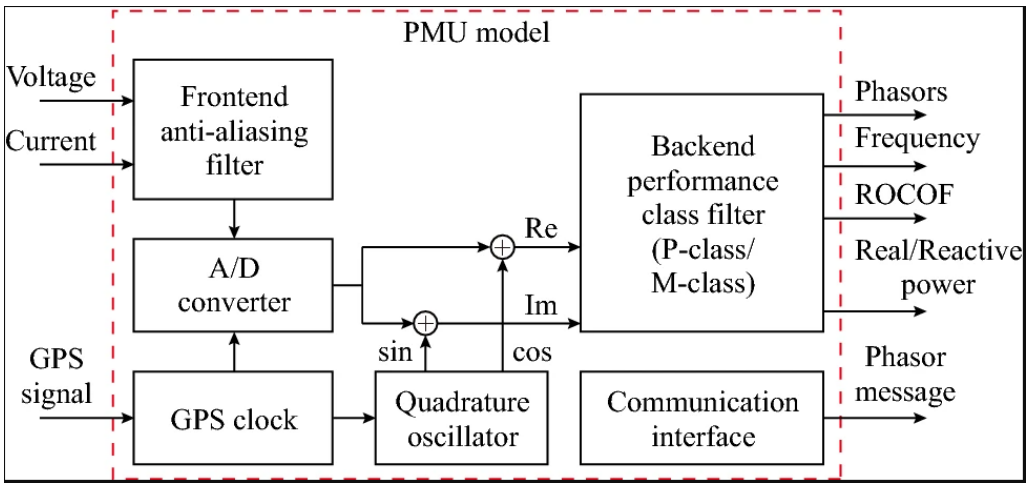
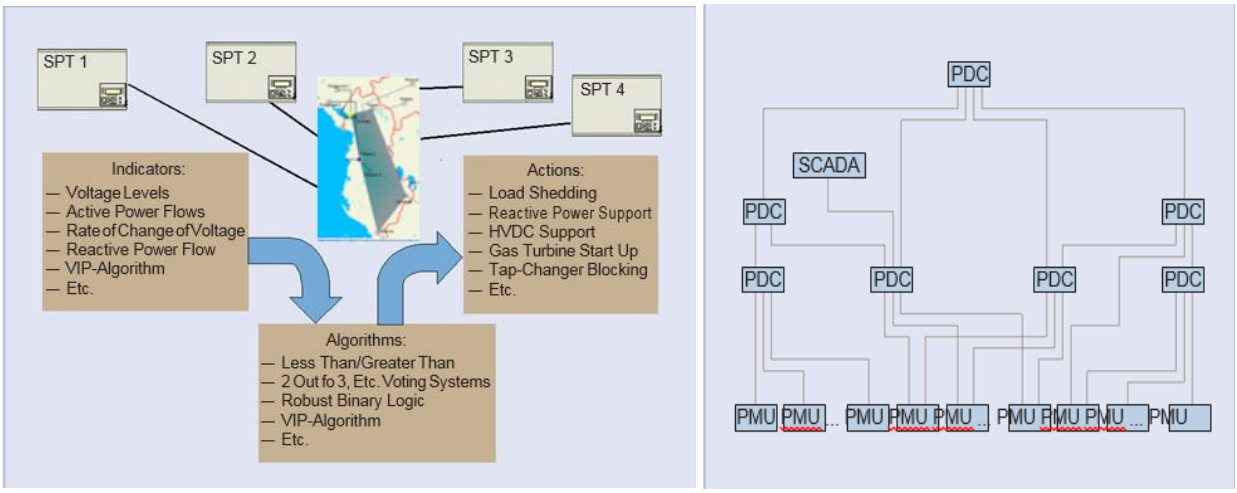


Fig.1. Functional block-diagram of PMU



. a) b)

Fig.2: The schematic of the traditional measurement system (a), WAMS nowadays (b)

Each PMU unit is capable of immediately acquiring voltage and current signals in a synchronized manner through the use of an appropriate synchronization source, generally a GPS device. In PMU devices, grid signals are usually sampled at a relatively low frequency, ranging between 12 and 48 times the grid frequency. For example, in the case of the Albanian power system, which operates at a nominal frequency of fn = 50 Hz, the PMU device would obtain approximately 600 to 2400 samples per second. These sampled measurements are then processed by dedicated circuits for analog-to-digital (A/D) conversion.

The evaluation of the amplitude and phase of the voltage or current signal is performed using signal processing techniques based on the Discrete Fourier Transform (DFT). PMUs are installed at all points in the power grid where voltage, current, and frequency values are to be measured. The collected data are sent to the Phasor Data Concentrator (PDC) at a rate of 20-30 measurements per second, and from the PDC they are then forwarded to a control center. In this process, the concentrator performs temporal correlation of all measurements coming from the PMUs. The entire sequence of measurements and data, or a specific subset of data of interest, is made available to the control center, from which decisions regarding changes in the power system are initiated.

Particular importance is given to the communication and data transmission system between PMUs and PDCs, to ensure high reliability and low-latency communication (Fig. 3).

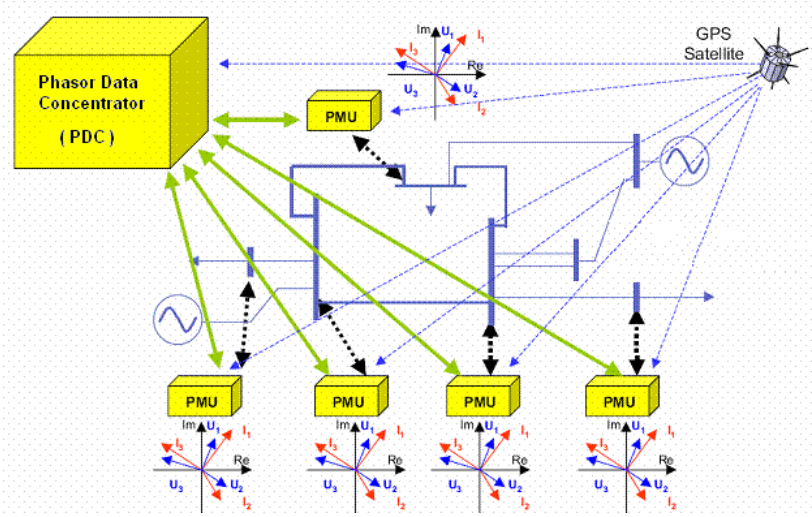


Fig.3 Diagram of an PMU architecture in wide area

APPLICATIONS OF PMU IN POWER SYSTEMS

PMU data enable excellent visualization, analytics, and alarming capabilities that can enhance operators' ability to observe and understand the dynamics of the main part of the power system. They can also help prevent or identify potential problems, as well as assess, implement, and determine corrective actions. As highlighted above, the development of WAMPAC applications based on PMU data has been relatively slow compared to the growing interest in and deployment of these devices. Their potential is thus being limited, and efforts are needed to allow new applications to be developed and integrated into these systems for improved monitoring, protection, and control of power grids.

In electric power transmission systems, the application of PMUs is used for:

Information and monitoring of the situation over a wide area

Stability assessment (State Estimation – SE)

Fault location, identification, and relay protection

One of the most widely used online applications of PMUs is for situational awareness and wide-area monitoring. It can provide monitoring of static stability, voltage and frequency stability, phase angle changes, and can also trigger alarms during abnormal system conditions. Situational awareness and wide-area monitoring involve:

Monitoring frequency over a wide area

Monitoring voltage stability

Monitoring and assessing dynamic stability

There are different ways to develop applications based on PMU data, which include: (i) using archived databases [6], (ii) integrating into offline power system simulation programs with communication networks and software-intensive system simulations [7]–[10], and, as discussed in this paper, a relatively less explored approach (iii) using real-time hardware-in-the-loop simulators interfaced with physical devices and WAMPAC systems [11]–[13].

Based on PMUs, various types of wide-area monitoring, control, and optimization systems can be designed, and a cost-effective solution can be achieved, primarily implemented with standard products and standard system designs [14]–[16].

APPLICATION OF PMU FOR ONLINE ESTIMATION OF DYNAMIC STABILITY

Modern power systems are continuously monitored by trained system operators equipped with monitoring and control systems. Despite such preventive measures, major blackouts still occur. Many of these blackouts originate from a single disturbance, and the consequences of that disturbance quickly propagate through the network, causing severe damage due to voltage instability or generator instability (dynamic angle instability). While voltage instability is a relatively slow phenomenon (usually lasting several seconds), dynamic angle instability typically occurs within a fraction of a second. If unstable generators are not quickly isolated, they can further destabilize nearby generators and lead to complete system blackouts. To prevent such large blackouts, dynamic instability must be detected and emergency actions taken.

Various methods have been proposed for predicting dynamic stability [17], which can be classified into two major groups: Lyapunov-based methods (direct methods) and non-Lyapunov-based methods (fundamental methods). Lyapunov-based methods include energy function methods, sum-of-squares-based methods, and decentralized analysis methods. Non-Lyapunov-based methods include time-domain simulation, extended equal-area methods, and data-driven (Automatic Learning) methods [18–21].

Although time-domain solutions are the most accurate for predicting dynamic stability, they are difficult to implement in real time as they require precise information about the power network topology and powerful computing systems. Direct methods are faster but less accurate, while data-driven methods are very fast, though their accuracy depends on offline studies. This creates the need for fast and accurate prediction of dynamic stability in power systems.

Recently developed PMUs can provide up to 120 measurements per second. With microsecond-level accuracy, high-performance computing systems, and the ability to extract necessary information from real-time data, taking appropriate control actions is becoming feasible [22–25]. This paper proposes an online method for assessing dynamic stability using PMU measurements. Initially, the consistency between generator rotor angle trajectories and bus voltage angles, obtained from PMU measurement data installed at the buses, is evaluated.

Based on PMU measurement data from system buses (i.e., bus voltages), this paper presents a direct method for assessing the dynamic stability of the power system. This method consists of three steps:

1. Trajectory prediction
2. Model reduction
3. Dynamic stability assessment

Dynamic stabilty of power system

Dynamic stability is the ability of generators to maintain synchronism among themselves under disturbance conditions in the power system. The dynamic stability of a generator is determined by the difference between the electrical power and the mechanical power of the turbine.

During a disturbance, due to inertia, the turbine speed on and consequently the mechanical power does not change immediately, whereas the electrical power changes abruptly. Such an imbalance creates a transient response in the system that either accelerates or decelerates the generator rotor.

The mechanical motion of the generator is described by the second-order swing equation, given as follows:

$$\frac{H_i}{\omega_s}\frac{d^2\delta_i}{dt^2} + D_i\frac{d\delta_i}{dt} = P_{ti} - P_{ei} \qquad i = 1, \cdots, n \qquad (1)$$

where:

Pti – Mechanical power of the turbine

Pei – electric power

δi – angle of i-th generator

Di – Damping coefficient of the i-th generator

Hi – Inertia constant of the i-th generator

n –Number of generators in the system

Real-time analysis of network dynamics by solving systems of differential equations is difficult because it requires knowledge of the actual system topology, which may not be available, as well as significant computational capabilities. The analysis of dynamic stability will be based on measurement data from PMUs installed at the system buses (i.e., bus voltages). Therefore, the consistency between the trajectories of the generators' rotor angles and the bus voltage angles obtained from the measurement data of the installed PMUs must be analyzed.

Trajectory prediction

To analyze the network dynamics in real time, the trajectories of the generators' rotor angles are constructed based on PMU measurement data as an n-th order polynomial function as follows:

$$\delta(t) = a_0 + a_1 \cdot t + a_2 \cdot t^2 + \cdots + a_n \cdot t^n \qquad (2)$$

Coefficients of polynomials a0 , a1 , a2 …….an are obtained using the least squares method.

Model reduction

The predicted trajectories are used to reduce the network to an equivalent single-machine infinite bus (SMIB) system. During a large disturbance, all machines in a power system can be divided into two groups, namely the critical group and the non-critical group. In this study, the predicted trajectories are used to form two equivalent machines, one representing the critical machines and the other representing the non-critical machines.

To group the generators into critical and non-critical groups, the rotor angle deviation of each generator before the fault is calculated with respect to the center of inertia (COA) angle and compared with the maximum pre-fault relative angle, δmax_pre. The COA angle and δmax_pre before the fault are calculated as follows:

$$COA = \frac{\sum_{i=1}^{n}(H_i \cdot \delta_i)}{\sum_{i=1}^{n} H_i} \qquad (3)$$

$$\delta_{max}^{pre} = max \sum_{i=1}^{n} \sum_{j=1}^{n} \left(\left[\delta_i - \delta_j\right]\right) \qquad (4)$$

where n is the number of generatos in the system, while δi dhe δj are the angles of the i-th and j-th generators.

If the relative angle between δ_i and the COA is greater than δmax_pre, then generator i is considered a critical generator.

After identifying the critical and non-critical groups, each group is reduced to a single equivalent generator. Cm represents the group of generators that do not maintain stability (critical), while Nm represents the group of generators that maintain stability (non-critical).

For each equivalent generator group, the rotor angle (δ), generator inertia (H), mechanical power (P_m), and electrical power (P_e) are evaluated as follows:

$$\delta_{cm/nm} = H_{cm/nm}^{-1} \cdot \sum_{i \in cm/nm}^{n} (H_i \cdot \delta_i) \quad (5)$$

$$H_{cm/nm} = \sum_{i \in cm/nm}^{n} H_i \quad (6)$$

$$PM_{cm/nm} = \sum_{i \in cm/nm}^{n} PM_i \quad (7)$$

$$PE_{cm/nm} = \sum_{i \in cm/nm}^{n} PE_i \quad (8)$$

The equivalent generator model (SME) of the multi-generator system is obtained by using the critical and non-critical equivalent generators as follows:

$$\delta_{sme} = \delta_{cm} - \delta_{nm} \quad (9)$$

$$H_{sme} = (H_{cm} \cdot H_{nm})/(H_{cm} + H_{nm}) \quad (10)$$

$$PM_{sme} = H_{sme} \cdot (PM_{cm}/H_{cm} - PM_{nm}/H_{nm}) \quad (11)$$

$$PE_{sme} = H_{sme} \cdot (PE_{cm}/H_{cm} - PE_{nm}/H_{nm}) \quad (12)$$

Stability Assessment

The assessment of dynamic stability is carried out based on the extended equal area criterion (EEAC) method [20, 21]. This method follows the steps below:

Step 1. The power system composed of "n" generators, based on PMU data, can be divided into two groups of generators: Group nm, which maintains stability, and Group cm, which loses stability.

Step 2. Each group is reduced to a single equivalent generator, thereby converting the system with "n" generators into two equivalent generators, Gnm and Gcm, whose equivalent parameters are determined according to formulas (5–8).

Step 3. The two equivalent generators (Gnm and Gcm) are further reduced to a single generator, thereby ultimately converting the system with "n" generators into a single equivalent generator, Gsme, connected to an infinite bus. Its equivalent parameters are determined according to formulas (9–12), while the dynamics of the equivalent generator are described by equation (13).

$$\frac{H_{sme}}{\omega_s} \frac{d^2\delta_{sme}}{dt^2} + D_{sme} \frac{d\delta_{sme}}{dt} = P_{tsme} - P_{esme} \quad (13)$$

Step 4. The dynamic stability limit of the equivalent generator is evaluated for the safety factor.

PHASE MEASUREMENT UNITS (PMU) IN NEPLAN

This section analyzes the consistency between the trajectories of the generators' rotor angles and the bus voltage angles obtained from PMU measurement data installed in the system. As

an example, the IEEE 9-bus test system (Fig. 4) is considered, which has been simulated using the Neplan software for both dynamically stable and unstable operating conditions.

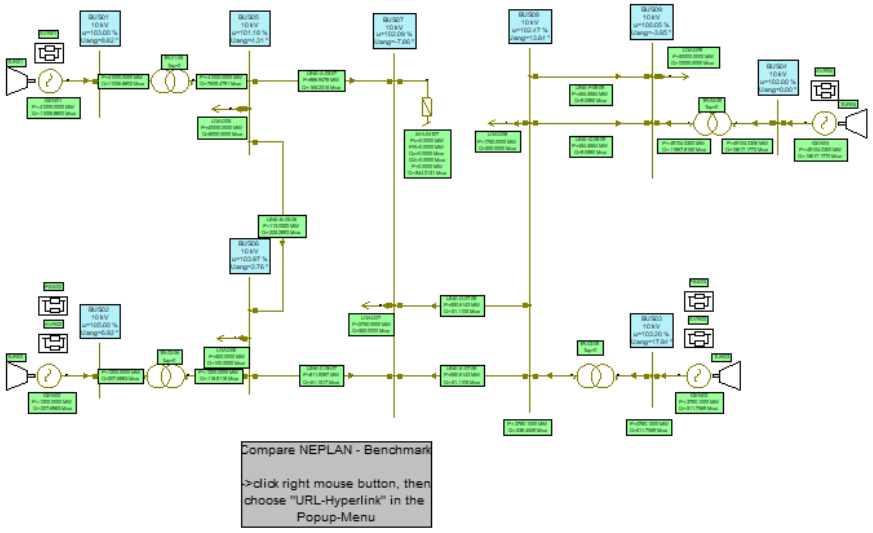


Fig.4. IEEE 9-Bus Test System

The IEEE 9-Bus system is a standard test system widely used in power system studies, particularly for stability analysis and power system control. The system consists of 9 buses and 3 generators, with PMUs installed at buses 7 and 8. We analyze the system stability for a three-phase short-circuit at bus 06 occurring at 0.1 s and the clearing of the three-phase fault at bus 06 at 0.1666 s, disconnecting line C-06-07 at 0.1666 s. For this scenario, the system is dynamically stable.

From simulations performed using Neplan software, we obtain the characteristics of the generators' rotor angles and the bus voltage angles of the system. The equivalent angles are then evaluated and compared based on the generators' rotor angles and the corresponding bus voltage angles. Simulations for the dynamically stable system condition are presented in Figures 5, 6, and 7.

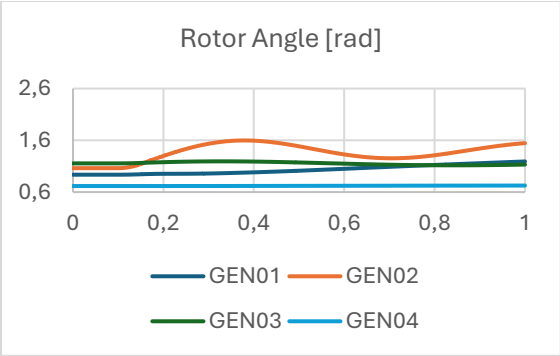


Fig.5. Comparison of the generators' delta angles.

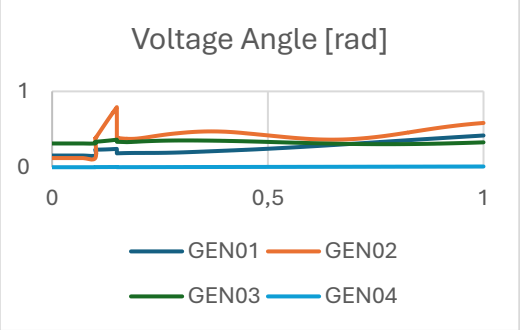


Fig.6. Comparison of the bus voltage angles at the generators' buses

We calculate the equivalent angle (COA) according to formula (3) and compare it with the equivalent bus voltage angle.

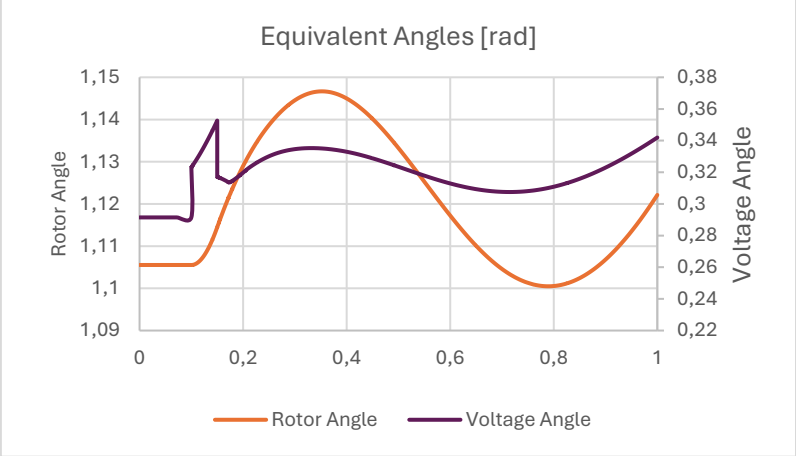


Fig.7. Comparison between the generators' equivalent delta angle and the equivalent bus voltage angle for the dynamically stable condition.

In the graphs shown in Figures 5, 6, and 7, we observe that the characteristics constructed using the generators' delta angles and the bus voltage angles maintain the same trend, indicating that the PMU information (voltage angles) is reliable.

To assess stability, the maximum pre-fault angle, δmax_pre, is evaluated according to equation (4) as follows:

$$\delta_{max}^{pre} = max \begin{bmatrix} 0.12639 \\ 0.379817 \\ 0.749113 \\ 1.00254 \end{bmatrix} = 1.00254$$

Figure 8 shows the relative angle between δ_i and the COA, compared with δmax_pre. Since the relative angle is smaller than δmax_pre, all generators maintain dynamic stability for this scenario, and therefore the system is dynamically stable.

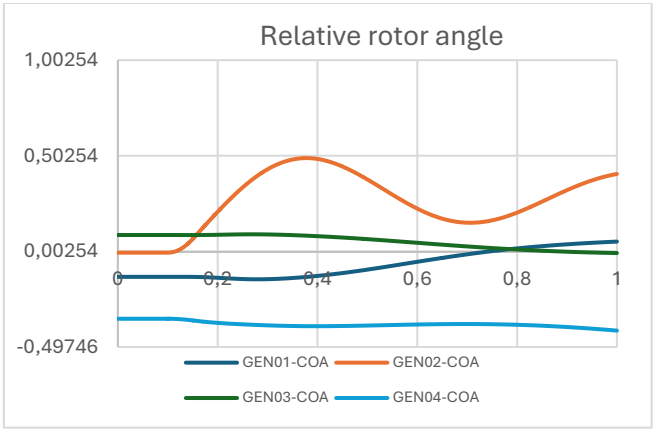


Fig.8. Comparison between the relative angle $\delta_i - COA$ and δmax_pre for the dynamically stable condition.

Simulations for the dynamically unstable system condition are presented in Figures 9, 10, and 11. These simulations are carried out for the same scenario, but the fault clearing time at bus 06 is increased, and the disconnection of line C-06-07 occurs at 0.27 s. We evaluate the characteristics of the generators' rotor angles and their bus voltage angles, as well as the equivalent angles.

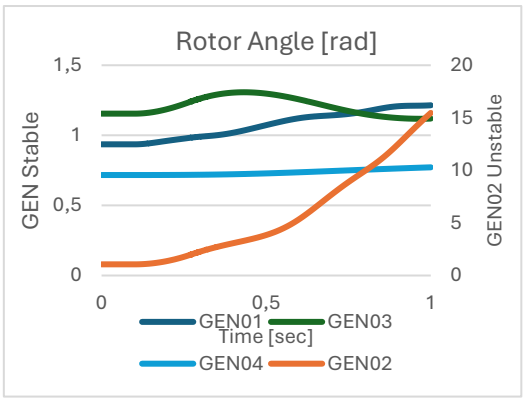


Fig.9. Comparison of the generators' delta angles.

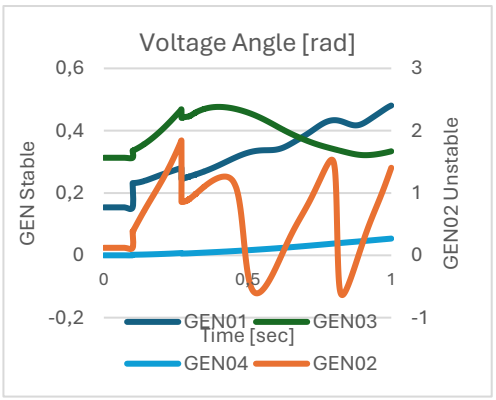


Fig.10. Comparison of the bus voltage angles at the generators' buses.

We also calculate the equivalent delta angle according to the corresponding formula (5) and compare it with the equivalent bus voltage angle.

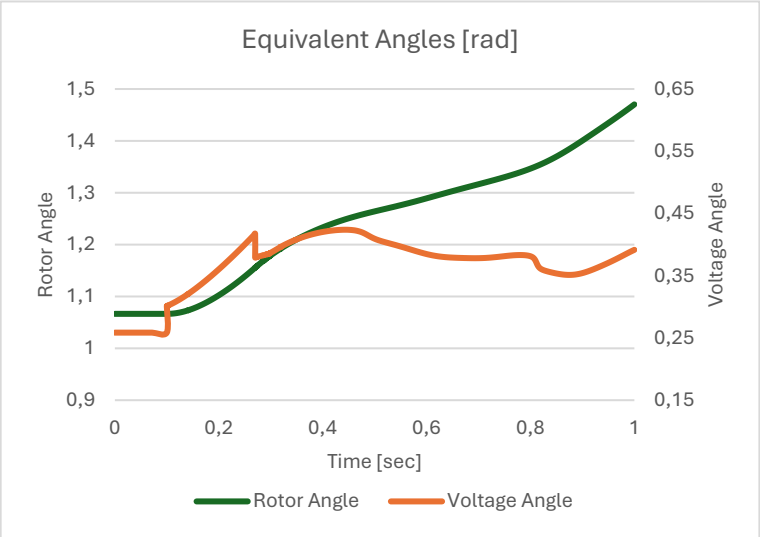


Fig.11. Comparison between the generators' equivalent delta angle and the equivalent bus voltage angle for the dynamically unstable condition.

To assess stability, the relative angle between δ_i and the COA is evaluated and compared with δmax_pre.

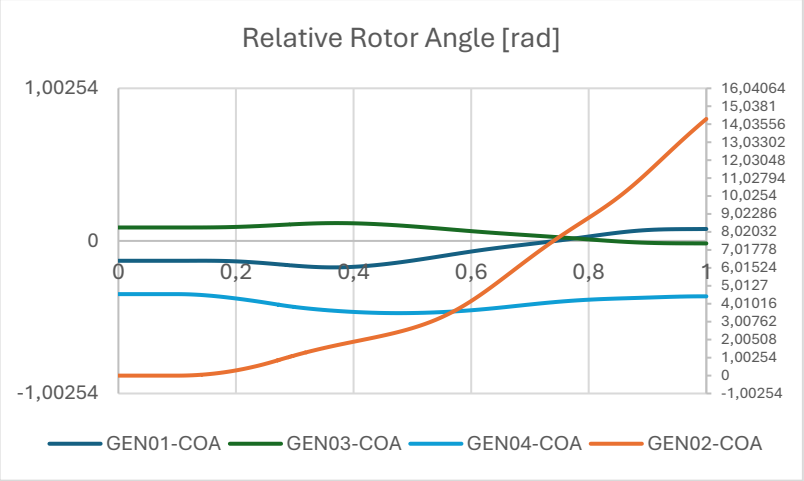


Fig.12. Comparison between the relative angle $\delta_i - COA$ and δmax_pre for the dynamically unstable condition.

From Fig. 12, the relative angle for GEN02 exceeds δmax_pre; therefore, for this scenario, generator GEN02 is dynamically unstable.

Simulations also show that GEN02 loses stability, while all other generators maintain dynamic stability; thus, the system is dynamically unstable. The same analysis we do with voltage angles.

The COA is estimated based on the voltage angles. The angle θmaxpre is estimated according to an equation similar to (4) for the joint tensions as follows:

$$\theta_{max}^{pre} = max \begin{bmatrix} 0.028083 \\ 0.10472 \\ 0.664588 \\ 0.58795 \end{bmatrix} = 0.664588$$

Figure 13 shows the relative angle between θ_i and the COA of the voltages, compared with θmax_pre. Since the relative angle is smaller than θmax_pre, all generators maintain dynamic stability for this scenario, and therefore the system is dynamically stable.

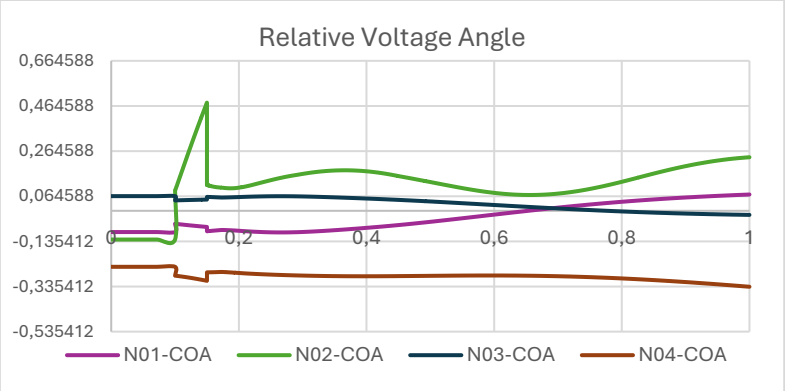


Fig.13. Comparison between the relative voltage angle θ_i – COA and θmax_pre for the dynamically stable condition.

Figure 14 shows the relative voltage angle between θ_i and the COA, compared with θmax_pre. Since the relative angle for N02 exceeds θmax_pre, generator GEN02 is dynamically unstable for this scenario.

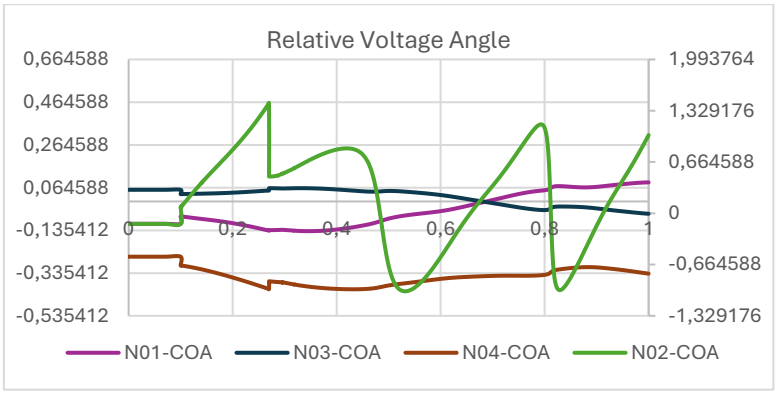


Fig.14. Comparison between the relative voltage angle θ_i – COA and θmax_pre for the dynamically unstable condition.

The analysis using the generators' delta angles and the bus voltage angles leads to the same conclusion. We can apply the proposed methodology by utilizing PMU data. The instability condition is identified within approximately 0.2 s, which provides an opportunity to detect it and take measures to maintain the security of the power system.

CONCLUSIONS

In our study, it was shown that the control center is capable, using a dedicated program, of calculating the equivalent delta angle, which represents the equivalent of the rotor angles of all generators in the system. Based on the trend of this angle, we were able to judge whether the system was stable or unstable. This angle, therefore, provides a significant simplification in assessing system stability, as it eliminates the need to study the individual delta angle of each generator in the system.

Specifically, we were able to calculate this equivalent delta angle using PMU data, since the bus voltage angles in the system followed the same trend as the generators' delta angles. Analysis using the generators' delta angles and the bus voltage angles leads to the same conclusion. Thus, the proposed methodology can be applied by exploiting PMU data.

In recent years, PMU systems have been installed in the Albanian power system. They are used to perform synchronized phasor measurements, which are of key interest in the system. Operators use the obtained data to decide on system operations or to observe in real time how an action affects the system, as illustrated in this study.

Since phasor measurement units provide real-time data on the state of the power system, their use contributes to increasing the reliability and security of the system.

LITERATURE

1. Y. Liu, Y. Zhang, J. Guo, and D. Zhou, Wide Area Monitoring through Synchrophasor Measurement. John Wiley & Sons, 2016, vol. 1.

2. G. C. Patil and A. G. Thosar, "Application of synchrophasor measurements using PMU for modern power systems monitoring and control," 2017 International Conference on Computation of Power, Energy Information and Commuincation (ICCPEIC), Melmaruvathur, India, 2017, pp. 754-760, doi: 10.1109/ICCPEIC.2017.8290464.

3. Abdel-A. Edris, Brian W. D'Andrade,2 - Transmission Grid Smart Technologies, The Power Grid, Academic Press, 2017, Pages 37-55, ISBN 9780128053218, https://doi.org/10.1016/B978-0-12-805321-8.00002-1. (https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780128053218000021)

4. A. Bose, "Smart Transmission Grid Applications and Their Supporting Infrastructure," Smart Grid, IEEE Transactions on, vol. 1, no. 1, pp. 11 –19, june 2010.

5. Kabeyi, M. J. B., & Olanrewaju, O. A. (2023). Smart grid technologies and application in the sustainable energy transition: a review. International Journal of Sustainable Energy, 42(1), 685–758.

6. L. Vanfretti, V. H. D, L. Nordstr ¨om, and J. Gjerde, "A smart transmission grid for Europe: Research challenges in developing grid enabling technologies," in IEEE Power and Energy Society General Meeting, july 2011.

7. K. Hopkinson, X. Wang, R. Giovanini, J. Thorp, K. Birman, and D. Coury, "EPOCHS: a platform for agent-based electric power and communication simulation built from commercial off-the-shelf components," IEEE Transactions on Power Systems, vol. 21, no. 2, pp. 548 –558, may 2006.

8. D. Anderson, Z. Chuanlin, C. Hauser, V. Venkatasubramanian, D. Bakken, and A. Bose, "Power Grid Communications: Integrated Simulation for Designing Smart Grid Applications," in submitted for publication, IEEE Power and energy Magazine for a Special Issue on Smart

Grid Communications, May 2011.

9. J. Nutaro, “Designing power system simulators for the smart grid: Combining controls, communications, and electro-mechanical dynamics,” in Power and Energy Society General Meeting, 2011 IEEE, july 2011.

10. J. Nutaro, P. T. Kuruganti, L. Miller, S. Mullen, and M. Shankar, “Integrated hybrid-simulation of electric power and communications systems,” IEEE Power Engineering Society General Meeting, pp. 1–8, June 2007.

11. T. Rauhala and P. J¨arventausta, “Testing the Quality of PMU Output Data Based Subsynchronous Damping Analysis in Real-Time Simulation Environment,” in International Conference on Power Systems Transients (IPST ’07), june 2007.

12. H. Kang, B. Cvorovic, C. Mycock, D. Tholomier, and R. Mai, “PMU simulation and application for power system stability monitoring,” in IEEE/PES Power Systems Conference and Exposition, 2009 (PSCE ’09), march 2009.

13. T. Bi, Y. Zhang, X. Xiao, P. Forsyth, and R. Wierckx, “Large scale power system simulation and PMU testing using a real time digital simulator,” in International Power Engineering Conference, 2007 (IPEC 2007), dec. 2007, pp. 383 –388.

14. G. C. Patil and A. G. Thosar, "Application of synchrophasor measurements using PMU for modern power systems monitoring and control," 2017 International Conference on Computation of Power, Energy Information and Commuincation (ICCPEIC), Melmaruvathur, India, 2017, pp. 754-760, doi: 10.1109/ICCPEIC.2017.8290464.

15. Jiangmeng Zhang and D. Chen, "On the application of Phasor Measurement Units to power system stability monitoring and analysis," 2012 IEEE Power and Energy Conference at Illinois, Champaign, IL, USA, 2012, pp. 1-6, doi: 10.1109/PECI.2012.6184607.

16. Pazderin, A., Zicmane, I., Senyuk, M., Gubin, P., Polyakov, I., Mukhlynin, N., Safaraliev, M., & Kamalov, F. (2023). Directions of Application of Phasor Measurement Units for Control and Monitoring of Modern Power Systems: A State-of-the-Art Review. Energies, 16(17), 6203. https://doi.org/10.3390/en16176203

17. Kundur, Prabha, et al. "Definition and classification of power system stability IEEE/CIGRE joint task force on stability terms and definitions." IEEE transactions on Power Systems 19.3 (2004): 1387-1401

18. Q. -H. Wu, Y. Lin, C. Hong, Y. Su, T. Wen and Y. Liu, "Transient Stability Analysis of Large-scale Power Systems: A Survey," in CSEE Journal of Power and Energy Systems, vol. 9, no. 4, pp. 1284-1300, July 2023, doi: 10.17775/CSEEJPES.2022.07110.

19. Wu, H.; Li, J.; Yang, H. Research Methods for Transient Stability Analysis of Power Systems under Large Disturbances. Energies 2024, 17, 4330. https://doi.org/10.3390/en17174330

20. Y.Zhang, L.Wehenkel, P.Rousseaux and M.Pavella “SIME: A hybrid approach to fast transient stability assessment and contingency selection”, Electrical Power &Energy Systems, 1997, Vol.19, No.3, f.195-208.

21. R.Bualoti, K.Veisllari, A.Gjukaj, Aplikimi i “automatic learning” në percaktimin e sigurise së punes së sistemit elektroenergjeik, B.SH.T, Nr.1, 2002, Tirane, faqe 9-16.

22. Phasor Technology and real-time dynamics monitoring system – Consortium for Electric Reliability Technology Solutions (CERTS) - http://www.phasor- rtdms.com

23. J. E. Anderson and A. Chakrabortty, “PMU placement for dynamic equivalencing of power systems under flow observability constraints,” Electr. Power Syst. Res., vol. 106, pp. 51-61, Jan. 2014.

23. J. H. Chow, Online Monitoring of Dynamics with PMU Data. John Wiley & Sons, 2016, vol.1.

24. Jiangmeng Zhang and D. Chen, "On the application of Phasor Measurement Units to power system stability monitoring and analysis," 2012 IEEE Power and Energy Conference at Illinois, Champaign, IL, USA, 2012, pp. 1-6, doi: 10.1109/PECI.2012.6184607.

25. P. Zhang, “Phasor Measurement Unit (PMU) implementation and applications,” Electr. Power Res. Inst. EPRI, Rep. Final 2007, 2007.

FATTY ACID COMPOSITION OF THE OIL CO-FRACTION OBTAINED FROM ANCHOVY (Engraulis encrasicolus) PROTEIN HYDROLYSATES PRODUCED BY ALCALASE, PROTAMEX, AND FLAVOURZYME

Bilge BİLGİN FIÇICILAR

Ordu University, Fatsa Faculty of Marine Sciences, Department of Fisheries Technologies Engineering, Fatsa, Ordu, Türkiye

ORCID: 0000-0002-7217-5905

Koray KORKMAZ

Ordu University, Fatsa Faculty of Marine Sciences, Department of Fisheries Technologies Engineering, Fatsa, Ordu, Türkiye

ORCID: 0000-0003-2940-6592

ABSTRACT

Fish protein hydrolysates (FPH) are bioactive products obtained through the enzymatic breakdown of fish proteins, valued for their high nutritional quality, improved digestibility, and functional properties. Fish processing by-products represent a sustainable and cost-effective raw material for FPH production. During enzymatic hydrolysis followed by centrifugation, a lipid-rich oil fraction separates as a co-product alongside the protein hydrolysate; however, data on the fatty acid composition of this co-fraction and whether enzyme selection influences it remain limited. This study aimed to characterize the fatty acid composition of the oil co-fraction recovered by centrifugation from anchovy (*Engraulis encrasicolus*) protein hydrolysates prepared with three commercially available proteolytic enzymes, Alcalase, Protamex, and Flavourzyme, and to evaluate the extent to which enzyme selection influences the lipid profile of this co-produced fraction. The raw anchovy material was rich in highly unsaturated fatty acid (HUFA) content (28.68%), with EPA (C20:5n3) and DHA (C22:6n3) comprising 5.66% and 19.86% of total fatty acids, respectively, and an n3/n6 ratio of 4.87. The oil co-fractions recovered from all three hydrolysates showed a marked enrichment of HUFA (AP: 31.22%; PMX: 30.72%; FLV: 31.35%), with EPA reaching 9.19–9.28% and DHA 19.94–20.57%, and the n3/n6 ratio rising to 5.15–5.20. SFA content also increased (~39.79–40.27%) while MUFA and PUFA fractions declined. The coefficient of variation (CV%) across enzyme treatments remained below 2% for all key fatty acids (EPA: 0.46%; DHA: 1.62%; ΣHUFA: 1.07%; n3/n6: 0.56%), confirming that enzyme selection does not meaningfully influence the lipid profile of the co-produced oil fraction under the applied hydrolysis conditions.

Key Words: Anchovy; Fish Protein Hydrolysate; Oil Co-fraction; Fatty Acid Composition; EPA; DHA; Omega-3; Alcalase; Protamex; Flavourzyme

INTRODUCTION

Fish protein hydrolysates (FPH) are bioactive products obtained through the enzymatic breakdown of fish proteins and are increasingly recognized for their high nutritional quality,

improved digestibility, and diverse functional properties, including antioxidant, antimicrobial, and bioactive peptide activities [1] Fish processing by-products such as heads, viscera, fins, and skin constitute a substantial proportion of the total fish mass and have traditionally been processed into low-value fishmeal or discarded as waste. However, these materials contain considerable quantities of both proteins and lipids, making them candidates for high-value valorization strategies.

Enzymatic hydrolysis is among the preferred methods for converting fish proteins into functional peptides and amino acids, owing to its ability to proceed under mild, controlled conditions without hazardous chemicals[2]. Following enzymatic hydrolysis, centrifugation of the reaction mixture separates it into distinct fractions: a soluble protein hydrolysate phase, a lipid-rich oil phase, and an insoluble residue. The lipid-rich oil fraction that emerges as a secondary product during this centrifugal separation step has considerable nutritional potential, particularly when produced from omega-3-rich raw materials[3].

Anchovy (*Engraulis encrasicolus*), a small pelagic species abundant in the Black Sea and broader Mediterranean basin, is among the most commercially important fish species in Türkiye, with 153,175 tonnes landed in 2024, ranking first among all marine fish species caught[4]. Anchovies are characterized by naturally high concentrations of EPA (eicosapentaenoic acid, C20:5n3) and DHA (docosahexaenoic acid, C22:6n3), making them one of the most nutritionally valuable species for FPH production. These fatty acids have been extensively studied for their roles in cardiovascular health, regulation of inflammation, and neurological development [5].

Although FPH production has been studied extensively, the fatty acid composition of the oil co-fraction recovered through enzymatic hydrolysis and centrifugation, and the extent to which enzyme choice shapes this composition, have received comparatively little attention in the literature. Studies comprehensively investigating the effects of different commercial proteases on the lipid composition of the co-produced oil fraction from FPH processing remain limited. In this context, the present study aimed to characterize the fatty acid composition of the oil co-fraction recovered by centrifugation from anchovy protein hydrolysates prepared with three commercially available enzymes, Alcalase, Protamex, and Flavourzyme, and to evaluate the extent to which enzyme selection influences the lipid profile of this co-produced fraction.

MATERIALS AND METHODS

Raw Material

Anchovy (*Engraulis encrasicolus*) processing by-products were used as the raw material for this study. The by-products were minced and subjected to enzymatic inactivation at 90°C for 20 minutes prior to hydrolysis to inactivate endogenous enzymes and minimize lipid oxidation.

Enzymatic Hydrolysis

Hydrolysis was performed using three commercially available proteolytic enzymes: Alcalase (AP, pH 8.0), Protamex (PMX, pH 7.0), and Flavourzyme (FLV, pH 7.0). All hydrolysis reactions were conducted at 50°C for 60 minutes with an enzyme-to-substrate ratio of 1% (w/w). Hydrolysis was terminated by heat inactivation at 90°C for 5 minutes. The resulting mixture was then centrifuged at 4100 rpm for 20 minutes to separate four distinct fractions: the oil phase, the light oil phase, the protein hydrolysate phase, and the insoluble residue (Figure 1)[6]. This study focused on the fraction of oil recovered from each enzyme treatment.

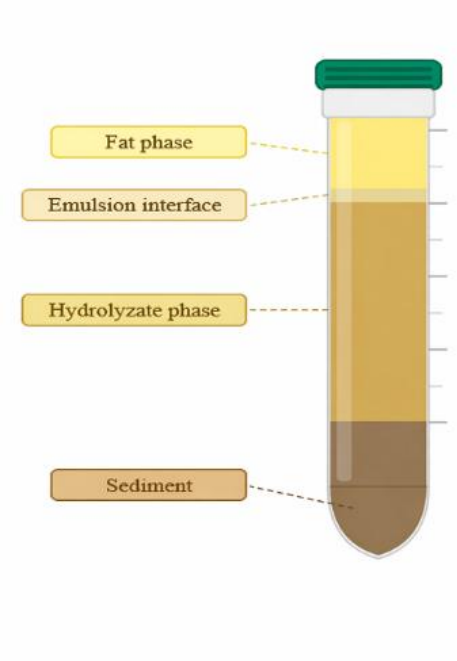


Figure 1. Phase separation of anchovy by-product hydrolysate after centrifugation, showing the distinct layers of fat phase, emulsion interface, hydrolysate phase, and sediment.

Fatty Acid Analysis

Fatty acid profiles were established by converting the extracted lipid to fatty acid methyl esters (FAMEs) following the procedure described by [7]Ichihara et al. Briefly, 25 mg of the extracted oil was combined with 4 mL of 2M KOH solution and 2 mL of n-heptane. The resulting mixture was vortexed for 2 minutes at room temperature, then centrifuged at 4000 rpm for 10 minutes. The upper n-heptane layer was subsequently collected and used for fatty acid analysis by gas chromatography (GC).

Gas Chromatography Conditions

Fatty acid composition was determined by GC-MS/FID analysis using a Shimadzu GC-MS-QP2010 Ultra instrument fitted with a TR-CN100 capillary column (Technokroma, Spain; 100 m × 0.25 mm i.d., 0.20 µm film thickness). A flame ionization detector was employed, and samples were introduced in split mode at a ratio of 50:1 with an injection volume of 1 µL. Helium served as the carrier gas at a flow rate of 0.94 mL/min, a total flow of 51.1 mL/min, and a column head pressure of 250 kPa.

The oven temperature was programmed as follows: an initial hold at 140 °C for 8 minutes, followed by a ramp of 4 °C/min to 220 °C, then a slower ramp of 1 °C/min to 230 °C, which was maintained for 15 minutes. Fatty acid identification was carried out by matching retention times against those of a 37-component FAME reference standard (Supelco, Cat. No. 18919). Results were expressed as percentages of total fatty acids. To assess inter-enzyme consistency, the coefficient of variation (CV%) was calculated across the three enzyme treatments for each fatty acid.

RESULTS AND DISCUSSION

Fatty Acid Profile of Raw Anchovy

The raw anchovy material used in this study was characterized by a ΣSFA of 28.05%, ΣMUFA of 27.45%, ΣPUFA of 5.66%, and ΣHUFA of 28.68%, with palmitic acid (C16:0; 17.50%) as the dominant saturated fatty acid and DHA (C22:6n3; 19.86%) as the most abundant individual fatty acid overall. The n3/n6 ratio was 4.87. Previous studies on *E. encrasicolus* collected from the southeastern Black Sea have similarly identified palmitic acid as the dominant SFA, with values ranging from 16.97 to 20.89% [8]. In anchovy oil produced commercially in Türkiye, total SFA content ranged between 31.59% and 32.33%, with palmitic acid consistently constituting the largest fraction within the saturated group at approximately 18.2–18.7% [9] The SFA values observed in the raw anchovy of the current study fall within the lower end of this range, which may reflect seasonal and geographic differences in lipid deposition patterns, as lipid composition in small pelagic fish is known to fluctuate substantially with feeding intensity, reproductive stage, and water temperature[10].

Fatty Acid Composition of the Oil Co-Fractions

Upon centrifugation of the enzymatic hydrolysates, the recovered oil co-fractions exhibited a marked shift in the fatty acid profile compared to the raw material (Table 1). ΣSFA increased substantially to approximately 39.79–40.27% across all three enzyme treatments, while ΣMUFA decreased from 27.45% in the raw anchovy to 23.41–24.01% in the oil co-fractions. This relative increase in SFA proportion in the lipid-separated fraction is consistent with the behavior of lipid classes during centrifugal separation: neutral lipids, which are richer in saturated and monounsaturated fatty acids, tend to partition preferentially into the upper oil phase, whereas polar lipids associated with membrane structures, which are relatively richer in PUFA, may be more broadly distributed across fractions.

As described in the literature, centrifugation of enzymatic hydrolysates effectively separates the lipid layer from the protein hydrolysate and insoluble residue fractions, and the collected fat layer has been noted to carry high nutritional value [1]. The relative decline in ΣMUFA in the co-fraction, particularly oleic acid (C18:1n9c), which fell from 3.41% in raw anchovy to 12.77–13.16% in the co-fraction, reflects the redistribution of lipid classes during hydrolysis and phase separation rather than an absolute loss of MUFA.

One of the most notable findings of this study is the pronounced enrichment of highly unsaturated fatty acids (HUFA) in the oil co-fraction. ΣHUFA increased from 28.68% in the raw anchovy to 30.72–31.35% across the three hydrolysate treatments, driven primarily by the elevated proportions of EPA (C20:5n3; 9.19–9.28%) and DHA (C22:6n3; 19.94–20.57%). DHA remained the dominant individual fatty acid in all co-fraction samples.

Table 1. Selected Fatty Acids in Raw Anchovy and Oil Co-Fractions (% of total fatty acids)

Fatty Acid	Raw Anchovy (mean)	±SD	AP	PMX	FLV
Myristic (C14:0)	3.73	±0.23	7.865	7.852	7.740
Pentadecanoic (C15:0)	0.93	±0.01	1.296	1.259	1.224
Palmitic (C16:0)	17.50	±0.23	21.217	21.505	21.247
Stearic (C18:0)	4.94	±0.05	6.142	5.992	5.920
ΣSFA	28.05	—	40.251	40.266	39.792
Palmitoleic (C16:1)	0.23	±0.01	6.994	6.967	6.915
Oleic (C18:1n9c)	3.41	±0.03	12.773	13.163	12.945
ΣMUFA	27.45	—	23.415	24.012	23.771
Linoleic (C18:2n6c)	0.19	±0.00	2.769	2.645	2.696
ΣPUFA	5.66	±0.06	5.113	5.001	5.087
EPA (C20:5n3)	5.66*	±0.06	9.193	9.248	9.276
DHA (C22:6n3)	19.86	±0.18	20.443	19.943	20.566
ΣHUFA	28.68	—	31.218	30.722	31.352
n3/n6 ratio	4.87	—	5.154	5.148	5.201
EPA/DHA ratio	0.285	—	0.450	0.464	0.451

**EPA raw value reported from ΣPUFA fraction; AP = Alcalase, PMX = Protamex, FLV = Flavourzyme; SFA = Saturated Fatty Acids, MUFA = Monounsaturated Fatty Acids, PUFA = Polyunsaturated Fatty Acids, HUFA = Highly Unsaturated Fatty Acids.*

Inter-Enzyme Consistency

The CV% across the three enzyme treatments remained below 2% for all key fatty acids: EPA (0.46%), DHA (1.62%), ΣHUFA (1.07%), and the n3/n6 ratio (0.56%). These consistently low values confirm that enzyme selection does not meaningfully influence the lipid profile of the co-produced oil fraction under the applied hydrolysis conditions. All three enzymes, Alcalase, Protamex, and Flavourzyme, produced compositionally equivalent oil co-fractions, indicating that the fatty acid composition of this fraction is primarily governed by the raw material rather than the enzyme employed.

In seasonal analyses of *E. encrasicolus* from the Black Sea, EPA concentrations peaked at up to 8.95% in spring, and DHA reached 19.86% in summer, confirming that these two omega-3 long-chain PUFA represent the primary contributors to the nutritional value of this species [8]. The EPA values observed in the oil co-fractions of the present study (9.19–9.28%) slightly exceed the seasonal maximum reported for anchovy muscle, suggesting that the centrifugal separation step concentrates long-chain n-3 PUFA relative to the total lipid pool.

Nutritional Ratios: n3/n6 and EPA/DHA

The n3/n6 ratio is a key nutritional quality index for lipid-rich foods. Human beings evolved on a diet with an omega-6 to omega-3 ratio of approximately 1:1, whereas contemporary Western diets exhibit ratios of 15:1 to 16.7:1, promoting cardiovascular disease, cancer, and

inflammatory conditions. In the secondary prevention of cardiovascular disease, a 4:1 ratio was associated with a 70% reduction in total mortality[11]

In the present study, the raw anchovy already displayed a favorable n3/n6 ratio of 4.87, which improved further in the oil co-fractions to 5.154, 5.148, and 5.201 for Alcalase, Protamex, and Flavourzyme treatments, respectively. Consistent with these findings, n3 levels in *E. encrasicolus* from the southeastern Black Sea were reported to be consistently higher than n6 throughout the year, with the atherogenicity index remaining below 1 and the thrombogenicity index below 0.5, meeting international cardioprotective standards[8].

The EPA/DHA ratio also shifted from 0.285 in the raw anchovy to 0.450–0.464 in the oil co-fractions, primarily driven by the proportional enrichment of EPA during centrifugal separation. This shift further reflects the concentration of long-chain n-3 PUFA in the separated oil phase and may be of relevance for applications targeting specific EPA:DHA ratios in functional food or nutraceutical formulations.

CONCLUSION

The present study demonstrated that the oil co-fraction separated during centrifugation of anchovy protein hydrolysates is rich in omega-3 long-chain polyunsaturated fatty acids, particularly EPA and DHA. The fatty acid composition of the co-produced oil fraction is largely determined by the anchovy raw material rather than the enzyme employed. The consistently low CV% values (below 2%) across all treatments strongly support this conclusion.

The key findings of this study can be summarized as follows: (1) The oil co-fraction showed a marked enrichment of HUFA (~31%) compared to the raw anchovy material (28.68%). (2) EPA values in the co-fractions (9.19–9.28%) exceeded the seasonal maximum reported for anchovy muscle, indicating that the centrifugal separation step effectively concentrates long-chain n-3 PUFA. (3) The n3/n6 ratio improved from 4.87 in raw anchovy to 5.15–5.20 across all treatments, a nutritionally favorable outcome. (4) Alcalase, Protamex, and Flavourzyme produced compositionally equivalent omega-3-rich oil co-fractions as a secondary product of the FPH process.

These findings indicate that the oil co-fraction recovered from anchovy protein hydrolysate production is a nutritionally valuable by-product, warranting further investigation for potential applications in fish oil supplementation and functional food ingredient development. The demonstration that the raw material rather than the enzyme is the primary determinant of the lipid profile underscores the importance of raw material selection and process optimization in controlling the fatty acid composition of such secondary products.

REFERENCES

1. Nemati M, Shahosseini SR, Ariaii P. Review of fish protein hydrolysates: production methods, antioxidant and antimicrobial activity and nanoencapsulation. *Food Science and Biotechnology*. 2024/06/01 2024;33(8):1789-1803. doi:10.1007/s10068-024-01554-8

2. Kristinsson HG, Rasco BA. Fish protein hydrolysates: production, biochemical, and functional properties. *Critical reviews in food science and nutrition*. 2000;40(1):43-81.

3. Korkmaz K, Tokur B, Uçar Y. Enzimatik hidroliz yöntemi kullanılarak balık işleme atıklarından balık protein hidrolizatı üretimi. *Yuzuncu Yıl University Journal of Agricultural Sciences*. 2021;31(2):502-513.

4. Tuik. Turkish Statistics Institute. Accessed 19.04.2026, www.tuik.gov.tr

5. Innes JK, Calder PC. Marine Omega-3 (N-3) Fatty Acids for Cardiovascular Health: An Update for 2020. *International Journal of Molecular Sciences*. 2020;21(4):1362.

6. Korkmaz K, Tokur B, Uçar Y. Enzimatik Hidroliz Yöntemi Kullanılarak Balık İşleme Atıklarından Balık Protein Hidrolizatı Üretimi. Production of Fish Protein Hydrolizate Using Enzymatic Hydrolysis from Fish Processing Wastes. *Yuzuncu Yıl University Journal of Agricultural Sciences*. June 2021;31(2):502-513. doi:10.29133/yyutbd.831067

7. Ichihara K, Shibahara A, Yamamoto K, Nakayama T. An improved method for rapid analysis of the fatty acids of glycerolipids. *Lipids*. May 1996;31(5):535-9. doi:10.1007/bf02522648

8. Karslı B, Öğretmen ÖY, Emanet M. Proximate composition, fatty acid characteristics, and amino acid profile of European anchovy (Engraulis encrasicolus L. 1758): monthly and seasonal influences. Original Research. *Frontiers in Nutrition*. 2025-October-13 2025;Volume 12 - 2025doi:10.3389/fnut.2025.1684958

9. Kaya Y, Turan H. FATTY ACIDS COMPOSITION OF ANCHOVY (Engraulis encrasicolus L. 1758) OIL PRODUCED IN SINOP-TURKEY Kaya and Turan 2(5): 693-697 (2008). *Journal of FisheriesSciencescom*. 01/01 2008;2:693-697.

10. Özogul Y, Özogul F, Alagoz S. Fatty acid profiles and fat contents of commercially important seawater and freshwater fish species of Turkey: A comparative study. *Food Chemistry*. 2007/01/01/ 2007;103(1):217-223. doi:https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2006.08.009

11. Simopoulos AP. The importance of the ratio of omega-6/omega-3 essential fatty acids. *Biomedicine & Pharmacotherapy*. 2002/10/01/ 2002;56(8):365-379. doi:https://doi.org/10.1016/S0753-3322(02)00253-6

EPHEDRINE TIMING AND CAPNOSTREAM IPI BURDEN IN CESAREAN DELIVERY: A PILOT FEASIBILITY STUDY

Doç. Dr. Başar ERDİVANLI

Recep Tayyip Erdoğan University, Faculty of Medicine, Department of Anesthesiology and Reanimation

ABSTRACT

Intraoperative hypotension during cesarean delivery is common and is frequently treated with vasopressors. The Integrated Pulmonary Index (IPI), derived from Capnostream™ monitoring, provides a time-resolved composite (0–10) summarizing respiratory status. We aimed to (i) test the feasibility of linking Capnostream export files to clinical records, (ii) quantify IPI burden around ephedrine administration, and (iii) classify ephedrine–IPI patterns suitable for reporting in a pilot study. In this observational pilot, Capnostream text exports were ingested with a robust parser supporting available datetime formats. Files were matched to patients via diacritics-insensitive file keys. IPI burden was computed as time-weighted deficit below an a priori cutoff (IPI<6) and normalized per minute. Ephedrine timing strings (dose@time patterns and fractional-day values) were parsed and anchored to each recording timeline using capnostream_datetime and a clinical reference time (ipi_time/spinal_block_time/cross_clamp_time). Pre- and post-ephedrine windows (10 min each, separated by a 2 min gap) were used to estimate ΔIPI burden (post–pre) and "improved vs not improved." Sixty patients were merged with extracted features; 36 patients (60%) received ephedrine. Ephedrine–IPI patterns were clustered into interpretable categories (e.g., no ephedrine; ephedrine without detectable IPI burden; ephedrine after detected burden with improvement). Paired nonparametric testing did not detect a significant shift in IPI burden in this small cohort. Neonatal adverse outcomes (low APGAR score, admission to Neonatal Intensive Care Unit, stillbirth/early death) were summarized descriptively. Capnostream-to-clinic linkage and ephedrine time anchoring are feasible and enable within-recording pre/post burden analyses. These pilot data support designing a larger, prospectively instrumented study to test whether IPI burden can serve as an actionable trigger for vasopressor decisions.

Keywords: Cesarean Delivery; Spinal Anesthesia; Ephedrine; Vasopressor; Capnography; Integrated Pulmonary Index; Physiological Monitoring; Feasibility Study; Time-Series Analysis.

INTRODUCTION

Maternal hypotension during spinal anesthesia for cesarean delivery remains a frequent cause of intraoperative instability and may necessitate vasopressor treatment (Kinsella, 2018) (Blackburn, 2025). Capnostream monitoring provides continuous respiratory variables (end-tidal carbon dioxide, respiratory rate, pulse rate, peripheral saturation of oxygen) and the Integrated Pulmonary Index (IPI) (Lee, 2002). IPI is marketed as a real-time indicator of ventilatory adequacy (Berkenstadt, 2012); however, its practical value as an actionable trigger for hemodynamic interventions is unclear (Zhang, 2024) (Klöhr, 2010). Although IPI is not

designed as a hemodynamic index, it is time-resolved and may capture instability episodes that co-occur with sympathetic blockade and sedation (Michael, 2021).

We hypothesized that ephedrine administration given in response to an increased IPI burden would be associated with a subsequent reduction in IPI burden within the same case. The primary objective was to quantify the pre–post change in IPI burden around ephedrine administration and to classify cases as "improved" versus "not improved." Secondary objectives were to describe feasibility of data linkage between Capnostream exports and clinical records and to explore neonatal outcomes descriptively.

Secondary analyses of Capnostream exports are complicated by heterogeneous export formats, device clock resets, and patient–file mismatches. This pilot study evaluates feasibility and defines a reproducible pre/post-ephedrine IPI-burden framework.

METHODOLOGY

In this prospective observational pilot/feasibility study, consecutive cesarean deliveries performed under spinal anesthesia were screened for availability of Capnostream™ monitor exports and linked to de-identified clinical records using a filename-based matching strategy with diacritics-insensitive normalization and predefined quality-control checks. Ethics approval was obtained from Recep Tayyip Erdoğan University, Nonintervention Ethics Committee (No: 2019/117, 17.07.2019).

Capnostream text export files were imported using a dedicated parser designed to tolerate common export variations (encoding, header layout, and datetime format) and to exclude implausible values using conservative physiological bounds. From the time-stamped signals, we derived recording duration, sampling characteristics, central tendency measures, and threshold-based burden metrics. IPI burden was defined a priori as the time-weighted deficit below the cutoff IPI<6 and expressed as burden per minute of recording.

Ephedrine administration times were extracted from anesthesia records as free-text timing fields in the format of dose@time, parsed into clock-times, and anchored to the physiological recording timeline using an automated alignment algorithm. For ephedrine-triggered cases with valid ephedrine anchoring, IPI burden was calculated within a predefined pre-ephedrine window and a post-ephedrine window separated by a short gap to avoid immediate transient effects.

The primary endpoint was Δ IPI burden (post minus pre) in ephedrine-triggered cases; negative values indicated improvement. A binary endpoint ("improved" vs "not improved") was defined based on direction and/or magnitude of Δ IPI burden, and feasibility outcomes included proportion of successfully matched files and proportion of cases with analyzable pre–post windows. Neonatal outcomes (APGAR score ≤ 7 at 1st minute or 5th minute, admission to Neonatal Intensive Care Unit [NICU], stillbirth, early neonatal death) were summarized descriptively without inferential claims.

STATISTICAL ANALYSIS

All analyses were conducted at two levels: (i) file-level physiological summaries derived from Capnostream™ time series and (ii) patient-level clinical variables linked through deterministic file matching. Continuous variables were summarized as mean (SD) when approximately symmetric and as median (interquartile range) when skewed; categorical variables were

summarized as counts and percentages. Unless stated otherwise, two-sided tests were used with an α level of 0,05. All data handling and analyses were performed in R. The analytic pipeline included deterministic parsing, feature extraction, linkage, and endpoint derivation to ensure that all reported statistics were reproducible from the raw exports and clinical worksheet fields.

Derivation of IPI burden and windowed endpoints

For each recording, IPI burden was defined a priori as the time-weighted deficit below the prespecified cutoff (IPI<6). Deficit at each time point was computed as (6 − IPI) when IPI<6 and 0 otherwise; deficits were multiplied by the local sampling interval and summed to obtain an area-under-the-deficit curve (AUC). To facilitate comparability across recordings of different duration, burden was normalized by time and expressed as burden per minute. The same computation was applied to pre- and post-ephedrine windows. The primary endpoint was Δ IPI burden = post-window burden per minute − pre-window burden per minute, with negative values indicating improvement.

Ephedrine timing strings were parsed to extract one or more administration clock-times. Administration times were anchored to the Capnostream timeline using an automated alignment procedure that mapped the extracted clock-time(s) to plausible timestamps within the recording interval. For cases with a successfully anchored ephedrine time, burden was calculated in a prespecified pre-ephedrine window and a post-ephedrine window, separated by a short gap to reduce immediate transient effects. Window-level sample counts and effective window durations were recorded to ensure that burden estimates reflected an adequate amount of signal.

Primary analysis: within-case pre/post change after ephedrine

The primary analysis was restricted to ephedrine-triggered recordings with valid pre- and post-windows. The distribution of Δ IPI burden was described using median (IQR) and visualized with paired plots (e.g., connected dot plots). The null hypothesis of no systematic change in burden was evaluated using a paired Wilcoxon signed-rank test. In addition, an effect-size estimate for paired change was reported using a rank-based measure (rank-biserial correlation) and/or a Hodges–Lehmann estimator of the paired median shift with an accompanying confidence interval.

A secondary binary endpoint (“improved” vs “not improved”) was defined from Δ IPI burden. Improvement was operationalized as Δ IPI burden < 0 (post lower than pre). The proportion improved was reported with an exact (Clopper–Pearson) confidence interval. As a direction-only sensitivity check, a sign test was used to compare the number of improved versus worsened cases, ignoring magnitude.

Classification of ephedrine–IPI response patterns

Each ephedrine-exposed case was assigned to a prespecified response pattern based on whether an IPI burden was detectable in the pre-window and/or post-window and on the direction of Δ IPI burden when both windows were available. Pattern frequencies were summarized as counts and percentages. To support interpretability, pattern tables included the median pre-window and post-window burden per minute within each class.

Exploratory analysis: Predictors of ephedrine administration

To explore whether physiological instability was associated with ephedrine use, ephedrine exposure (yes/no) was modeled as a function of global IPI burden per minute using penalized logistic regression (Firth method) to reduce small-sample bias and separation. Minimally adjusted models were considered a priori using clinically relevant covariates available in the dataset (e.g., gestational week and hypertensive disorder indicator). Results were reported as odds ratios (OR) with profile-likelihood confidence intervals.

Neonatal outcomes

Neonatal outcomes (Apgar ≤7 at 1 or 5 minutes, NICU admission, stillbirth, early neonatal death) were summarized descriptively overall and by ephedrine–IPI response class as events/total and percentages. No inferential testing was used for neonatal endpoints.

RESULTS

The pipeline successfully produced file-level physiological features and enabled ephedrine-time anchoring in the majority of ephedrine-exposed cases, yielding analyzable pre–post IPI burden windows for within-case comparison. File ingestion and matching yielded a merged analytic cohort (n=60). Patient demographics were given in Table 1.

Table 1. Patient characteristics (n = 60).

Parameter	Ephedrine given (n = 36)	No ephedrine given (n = 24)	p-value
Age, years	29.0 [27.0–32.8]	31.0 [28.5–35.5]	0.155
Body mass index, kg/m²	32.4 [29.5–36.9]	30.1 [26.4–34.2]	0.406
Gestational age, weeks	38.0 [36.0–38.7]	37.2 [35.4–38.8]	0.594
Gravida, n	3.0 [1.5–3.5]	5.0 [2.0–6.0]	0.231
Para, n	1.0 [1.0–1.5]	2.0 [2.0–2.0]	0.160
Abortus, n	0.0 [0.0–0.5]	0.0 [0.0–0.8]	0.802
Prior cesarean deliveries, n	2.0 [1.0–2.0]	1.0 [1.0–2.5]	0.980
Hemoglobin, g/dL	11.8 ± 1.6	11.2 ± 2.3	0.642
Preeclampsia/eclampsia, n (%)	3 (8%)	1 (4%)	0.632
IV fluids given before spinal block, mL	500 [200–938]	500 [200–713]	0.757
Total ephedrine given, mg	15 [10–20]	-	NA

IV: intravenous; NA: not applicable

A total of 36 patients (60%) received ephedrine. Among ephedrine-triggered cases, the distribution of Δ IPI burden and the proportion classified as “improved” versus “not improved” were estimated with nonparametric summaries and bootstrap confidence intervals (Table 2).

Table 2. Ephedrine–IPI response phenotypes among patients receiving ephedrine.

Phenotype	n (%)
No trigger (no burden detected)	16 (44.3%)
Triggered → improved	10 (27.8%)
Triggered → not improved	2 (5.6%)
No pre-burden → new burden after	6 (16.7%)
Unclassifiable	2 (5.6%)

Neonatal outcomes were infrequent and were therefore presented as descriptive event rates across ephedrine/IPI-response phenotypes (Table 3). No cases had death or stillbirth, so this outcome was not reported.

Table 3. Exploratory neonatal outcomes by class (events/total).

Ephedrine–IPI class	Composite	Apgar 1 min < 7	Apgar 5 min < 7	NICU
No ephedrine given	3/14	3/14	1/14	1/14
Ephedrine given without IPI burden	1/8	1/8	0/8	0/8
Ephedrine given in response to IPI burden; IPI score improved	0/4	0/4	0/4	0/4
Ephedrine given in response to IPI burden; IPI score not improved	0/1	0/1	0/1	0/1
Ephedrine given; IPI score worsened	0/2	0/2	0/2	0/2
Ephedrine given; insufficient time window for analysis	0/1	0/1	0/1	0/1

Composite: composite outcome, including APGAR scores < 7 and transfer to NICU; NICU: Neonatal Intensive Care Unit

Exploratory Fisher's exact tests comparing neonatal outcomes across ephedrine–IPI classes were non-significant in this pilot sample, consistent with limited power.

CONCLUSION AND DISCUSSION

If replicated in an expanded sample, this framework can support pragmatic evaluation of whether IPI-derived signals provide any actionable value alongside standard hemodynamic monitoring. A definitive study should prospectively capture synchronized blood pressure waveforms (or frequent NIBP), vasopressor timestamps from the anesthesia record, respiratory support/sedation markers, and neonatal acid–base outcomes and should define a priori clinical action thresholds and analysis windows.

Limitations include the small sample size; heterogeneity and occasional ambiguity in ephedrine documentation; missing IPI values in some exports; and potential residual time-misalignment related to device clock resets. The pre/post window design is pragmatic and may not coincide with pharmacodynamic peaks of ephedrine. In addition, IPI is not designed as a hemodynamic index; any apparent association between IPI burden and vasopressor administration may reflect co-occurring respiratory changes, sedation depth, or artifact rather than blood pressure. Therefore, causality cannot be inferred.

Our exploratory classification suggested several clinically interpretable patterns, including ephedrine administered without detectable IPI burden in the predefined windows, ephedrine

administered after a detectable burden with subsequent improvement, and ephedrine administered with new burden appearing afterward. These categories are not mechanistic diagnoses; rather, they are reproducible descriptors that can be carried forward into a larger, prospectively instrumented dataset to test prespecified hypotheses about responsiveness and timing.

In the existing literature, IPI has primarily been evaluated as a respiratory safety indicator during procedural sedation and monitored anesthesia care, not as a hemodynamic decision tool (Sabbatani, 2013). For example, studies in sedated endoscopy or brief procedural cohorts report that IPI can track respiratory deterioration, but agreement with clinician-adjudicated events is imperfect and threshold performance appears context-dependent (Berkenstadt, 2012). To our knowledge, PubMed-indexed studies have not evaluated IPI burden as a trigger for vasopressor administration during cesarean delivery under spinal anesthesia. This supports the novelty of the present feasibility framework, while also underscoring the need for prospective validation against synchronized hemodynamic and clinical endpoints.

In contemporary obstetric anesthesia practice, spinal anesthesia–associated hypotension during cesarean delivery remains frequent and is typically managed with vasopressors (most commonly phenylephrine, ephedrine, or norepinephrine depending on institutional protocols) (Park, 2024) (Imai, 2025). Because vasopressor choice and timing influence maternal hemodynamics and may affect fetal acid–base status, contemporary guidance emphasizes protocolized prevention and treatment rather than reactive dosing alone (Ngan, 2017).

This pilot study demonstrates the feasibility of integrating Capnostream™-derived Integrated Pulmonary Index (IPI) burden metrics with clinically recorded ephedrine timing to generate interpretable within-case response phenotypes. The emphasis is methodological: establishing reliable parsing, linkage, and time-anchoring steps that allow pre–post analyses within a single recording, rather than making definitive causal claims from a small cohort. Just like volumetric capnogram (Michael, 2017), the time and volumetric features of IPI may be used to further gain insight about the reserve of the parturient during caesarean section.

Capnostream-to-clinic linkage and ephedrine time anchoring are feasible and permit pre/post IPI burden analyses. These pilot results support scaling to a larger cohort and prospectively defining IPI-based triggers alongside hemodynamic endpoints.

REFERENCES

Zhang, C., Qiu, J., Huang, Y., & Tan, R. (2024). Prophylactic norepinephrine infusion to treat hypotension after spinal anaesthesia during caesarean section: a meta-analysis. *Journal of obstetrics and gynaecology : the journal of the Institute of Obstetrics and Gynaecology*, *44*(1), 2393379. https://doi.org/10.1080/01443615.2024.2393379

Blackburn, J., Yates, E. J., Jarvis, M. S., Small, C. L., Kerr, J., Patel, J., Yeung, J., & West Midlands Trainee Research in Anaesthesia and Intensive Care Network (WMTRAIN) Collaborators (2025). Blood pressure management for caesarean delivery under spinal anaesthesia: a UK multi-centre audit (2023). *International journal of obstetric anesthesia*, *62*, 104352. https://doi.org/10.1016/j.ijoa.2025.104352

Imai, E., Kataoka, Y., Watanabe, J., Okano, H., Kamimura, Y., Tsuji, T., Ogura, Y., Kodaira, A., & Yamazaki, T. (2025). Norepinephrine vs. phenylephrine for spinal hypotension in cesarean section: a network meta-analysis. *Journal of anesthesia*, *39*(6), 849–868. https://doi.org/10.1007/s00540-025-03528-4

Michael, F. A., Peveling-Oberhag, J., Herrmann, E., Zeuzem, S., Bojunga, J., & Friedrich-Rust, M. (2021). Evaluation of the Integrated Pulmonary Index® during non-anesthesiologist sedation for percutaneous endoscopic gastrostomy. *Journal of clinical monitoring and computing*, *35*(5), 1085–1092. https://doi.org/10.1007/s10877-020-00563-2

Kinsella, S. M., Carvalho, B., Dyer, R. A., Fernando, R., McDonnell, N., Mercier, F. J., Palanisamy, A., Sia, A. T. H., Van de Velde, M., Vercueil, A., & Consensus Statement Collaborators (2018). International consensus statement on the management of hypotension with vasopressors during caesarean section under spinal anaesthesia. *Anaesthesia*, *73*(1), 71–92. https://doi.org/10.1111/anae.14080

Klöhr, S., Roth, R., Hofmann, T., Rossaint, R., & Heesen, M. (2010). Definitions of hypotension after spinal anaesthesia for caesarean section: literature search and application to parturients. Acta anaesthesiologica Scandinavica, 54(8), 909–921. https://doi.org/10.1111/j.1399-6576.2010.02239.x

Lee, A., Ngan Kee, W. D., & Gin, T. (2002). A quantitative, systematic review of randomized controlled trials of ephedrine versus phenylephrine for the management of hypotension during spinal anesthesia for cesarean delivery. *Anesthesia and analgesia*, *94*(4), . https://doi.org/10.1097/00000539-200204000-00028

Jaffe M. B. (2017). Using the features of the time and volumetric capnogram for classification and prediction. *Journal of clinical monitoring and computing*, *31*(1), 19–41. https://doi.org/10.1007/s10877-016-9830-z

Ngan Kee, W. D., et al. (2017). The use of vasopressors during spinal anaesthesia for caesarean section. Current Opinions in Anaesthesiology, 30(3), 319–325. https://doi.org/10.1097/aco.0000000000000453

Berkenstadt, H., Ben-Menachem, E.,Herman, A., Dach, R. (2012). An evaluation of the Integrated Pulmonary Index (IPI) for the detection of respiratory events in sedated patients undergoing colonoscopy. Journal of Clinical Monitoring and Computing, 26(3), 177–81. https://doi.org/10.1007/s10877-012-9357-x

Park, H. S., & Choi, W. J. (2024). Use of vasopressors to manage spinal anesthesia-induced hypotension during cesarean delivery. *Anesthesia and pain medicine*, *19*(2), 85–93. https://doi.org/10.17085/apm.24037

Sabbatani, G., et al. (2013). Utility of the Integrated Pulmonary Index during procedural sedation for electrical cardioversion: a prospective observational study. Journal of Clinical Monitoring and Computing, 27, 1–8.

SELF-REPORTED PERCEPTION OF EMPLOYMENT STATUS AND WORKPLACE DISCRIMINATION ON HIV CHRONIC DISEASE PATIENTS IN ROMANIA

Ph.D. Lăcrămioara PETRE

Romanian Academy, Fr. I Rainer Institute of Anthropology, Bucharest, Romania,

ORCID ID: https://orcid.org/0009-0008-1571-669X

Ph.D. Suzana TURCU

Romanian Academy, School of Advanced Studies of the Romanian Academy, Doctoral School of Economic Sciences, National Institute for Economic Research "Costin C. Kirițescu", "Victor Slăvescu" Centre for Financial and Monetary Research, Bucharest, Romania

Romanian Academy, Fr. I Rainer Institute of Anthropology, Bucharest, Romania

ORCID ID: https://orcid.org/0000-0003-0208-4052

ABSTRACT

Objectives. Employment is a key determinant of health and well-being, influencing income, access to healthcare, housing, food security and social capital. For people living with HIV, employment is associated with improved physical and mental health, higher self-esteem, increased social integration and better adherence to antiretroviral treatment. Despite these benefits, people living with HIV face multiple barriers to employment, including stigma, concerns about disclosure of diagnosis and perceived limitations in work capacity. This study, part of a broader exploratory research funded by the National Union of Organizations of People Affected by HIV/AIDS (UNOPA), examines these barriers within the Romanian context.

Materials and methods. Data were collected through an anonymous online questionnaire (Google Forms) between January and May 2024. A total of 358 people living with HIV participated voluntarily, with informed consent and assurances of confidentiality.

Results. The sample included 358 participants (142 women, 216 men), aged 18–60. While 71.8% reported previous work experience, only 27.9% were employed at the time of the study and 43.9% were no longer working. Informal employment was reported by 37.1%. A large majority (88.3%) believed that HIV-positive individuals face greater difficulty in obtaining employment. Perceived workplace discrimination was high (73.74%), with over 42% fully agreeing that disclosure of HIV status would lead to dismissal.

Conclusions. Although most participants have work experience and relevant skills, current employment rates remain low. Perceived stigma and fear of discrimination represent significant barriers to employment among people living with HIV in Romania.

Keywords: perception, employment, discrimination, HIV infection

INTRODUCTION

By the end of 2024, approximately 40.8 million people were living with HIV worldwide, including around 1.4 million children under the age of 15. In the same year, an estimated 1.3 million people were newly infected and approximately 630,000 died from AIDS-related illnesses (UNAIDS, 2024)

With the widespread availability of antiretroviral therapy, HIV infection has evolved into a chronic, manageable condition. As a result, the vast majority of people living with HIV (PLWHIV) are of working age—approximately 91% are between 20 and 65 years old—making employment a central component of long-term well-being and social inclusion (Maulsby et al., 2020).

Employment is widely recognized as a key social determinant of health, influencing income, access to healthcare, housing stability, food security and social integration. For PLWHIV, employment plays a particularly important role, being associated not only with socioeconomic stability but also with improved health outcomes, including better engagement in care and adherence to antiretroviral therapy (Craig-Neil et al., 2023). Evidence further suggests that employment is significantly associated with both physical and mental health-related quality of life. For example, employment status has been shown to have a stronger impact on physical health quality of life than on mental health quality of life, highlighting its substantial role in overall well-being (Rueda et al, 2011)

At the same time, the relationship between HIV and employment is bidirectional and closely linked to economic vulnerability. HIV may exacerbate poverty through reduced productivity, increased healthcare costs and caregiving responsibilities, while financial insecurity can negatively affect quality of life and access to care (Kumar et al, 2025). Socio-demographic factors also shape employment outcomes, with higher education levels and male gender being associated with greater likelihood of employment among PLWHIV (Oliva J, 2010).

Despite medical advances, significant disparities in employment persist. PLWHIV consistently show lower employment rates compared to the general population, reflecting a complex interaction of individual, social and structural determinants. These disparities are further influenced by broader economic conditions, as demonstrated by the negative impact of macroeconomic crises—such as the 2008 financial crisis—on employment probabilities among PLWHIV (Rodríguez-Sánchez et al., 2022).

Empirical studies illustrate the complexity of employment trajectories in this population. For example, a study in France reported an employment rate of 56.5% among PLWHIV, with many individuals either maintaining employment after diagnosis or attempting to return to work, driven by social, psychological and financial motivations (Dray-Spira et al, 2007). Longitudinal evidence further shows that employment patterns are often unstable, with significant proportions of individuals transitioning between employment states. Key barriers to employment include financial disincentives (e.g., disability benefits), mental health conditions such as depression, physical limitations, cognitive impairments and lower educational attainment (Rabkin et al, 2004)

Importantly, employment status alone does not fully capture labor market vulnerability. Job quality and job security are critical dimensions. Stable employment is associated with better physical and mental health outcomes, whereas precarious employment may offer limited or no protective benefits. In some cases, individuals in poor-quality jobs report levels of depression comparable to those who are unemployed (Rueda et al., 2012; Rueda et al., 2015).

Several recent studies highlights that barriers to employment among PLWHIV are multifactorial. Determinants operate at individual, interpersonal, organizational and policy

levels, reflecting the complexity of employment outcomes. Among these, stigma, fear of disclosure and discrimination emerge as central barriers. Empirical findings support this perspective: workplace discrimination and negative self-image are associated with poorer employment quality, while social and policy support improve outcomes (Yu et al., 2020). Additionally, both physical and mental health challenges significantly limit employment participation, with substantial proportions of individuals reporting these as barriers (Maulsby et al., 2020).

Psychosocial factors further complicate labor market participation. Anticipated stigma and fear of discrimination can discourage individuals from seeking or maintaining employment, even in the absence of direct discriminatory experiences. This suggests that perceived stigma may be as influential as actual discrimination in shaping employment trajectories. At the same time, healthcare systems play a critical role in supporting employment, as integrated approaches addressing both medical and social needs may facilitate labor market participation (Craig-Neil et al., 2023).

Most research on HIV and employment has been conducted in high-income Western contexts, with relatively limited evidence from developing or transitional economies (van Aerden et al., 2015). However, employment experiences are likely to differ across contexts due to variations in social protection systems, labor market structures and cultural norms. For instance, confidentiality regulations and disclosure practices may vary significantly between countries, influencing workplace experiences and perceived risks.

In Eastern Europe and particularly in Romania, data on employment among PLWHIV remain scarce. Understanding the local context is essential, as structural and socio-economic conditions may shape both opportunities and barriers differently. A comparative study conducted in Romania and Spain (Kall et al., 2021) highlighted substantial disparities in quality of life, with individuals in Romania reporting lower outcomes, particularly in relation to financial stability, access to services and social support. Employment status emerged as a key determinant of quality of life, with unemployment strongly associated with poorer health-related outcomes. Additionally, anxiety and depression were more prevalent among PLWHIV compared to the general population in both countries, with notably high levels reported in Romania.

These findings underscore the critical role of employment not only as an economic factor but also as a major determinant of overall well-being among people living with HIV.

The present study aims to explore employment status and perceived barriers to employment among people living with HIV in Romania, with a particular focus on stigma, discrimination and disclosure-related concerns.

MATERIALS AND METHODS

This study is part of a broader exploratory research project examining the social and economic conditions of people living with HIV in Romania. A cross-sectional design was employed to assess employment status and perceived barriers to labor market participation.

A total of 358 PLWHIV residing in Romania were included in the study. Participants were recruited through online channels, including community networks and organizations supporting people affected by HIV/AIDS. Participation was voluntary and eligibility criteria required participants to be aged 18 years or older and to self-identify as living with HIV.

Data were collected between January and May 2024 using an anonymous online questionnaire developed using Google Forms. The instrument consisted of self-reported items covering socio-demographic characteristics (age, gender, educational level and place of residence),

employment status and work history, experiences with informal employment (defined as work without a formal contract), perceptions of workplace discrimination and beliefs regarding disclosure of HIV status in employment contexts.

Employment status was assessed using predefined categories, including currently employed, previously employed but not currently working and never formally employed. Perceived barriers to employment were evaluated through questions addressing fear of job loss, fear of disclosure and anticipated stigma and discrimination. Workplace discrimination was assessed based on participants' perceptions of unfair treatment or potential negative consequences associated with disclosing their HIV status.

The study was conducted in accordance with ethical standards for research involving human participants. Participation was anonymous and voluntary and all respondents provided informed consent prior to completing the questionnaire. No identifying information was collected and confidentiality of responses was ensured.

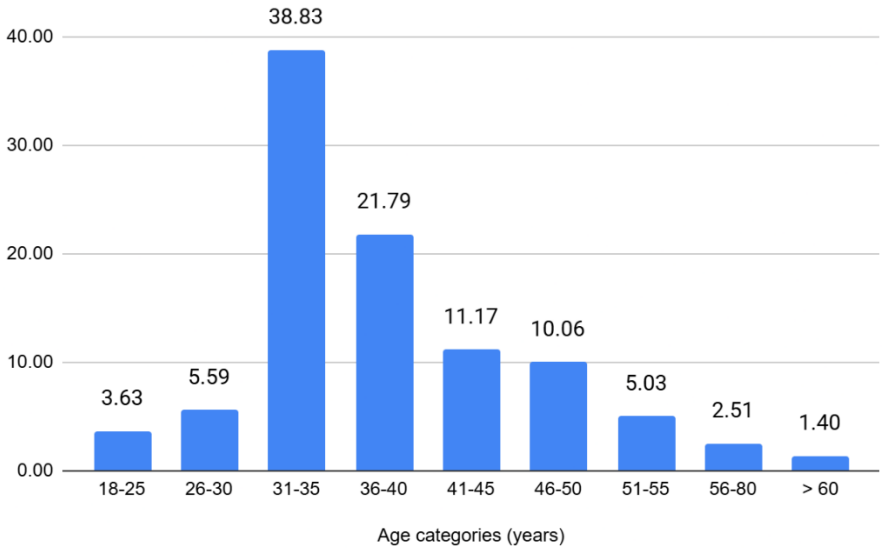
Data were analyzed using descriptive statistics. Frequencies and percentages were calculated to describe employment status, work experience, the prevalence of informal employment and perceived barriers and discrimination. Results are presented as proportions to provide an overview of employment-related patterns within the study population.

RESULTS

Sample characteristics

The study included 358 people living with HIV. The sample comprised 142 women (39.7%) and 216 men (60.3%), aged between 18 and 60 years. The largest proportion of participants (60.61%) was in the 31–40 age group (Figure 1).

Figure 1. Sample age distribution



Employment status

The analysis revealed low levels of current labor market participation. Only 27.9% of participants reported being currently employed, while 43.9% indicated that they had been employed in the past but were not working at the time of the study. In addition, 25.4% reported that they had never been formally employed, suggesting limited access to the formal labor market.

Overall, 71.8% of participants had previous work experience, indicating that most respondents had, at some point, been integrated into the workforce despite their current employment status (Figure 2).

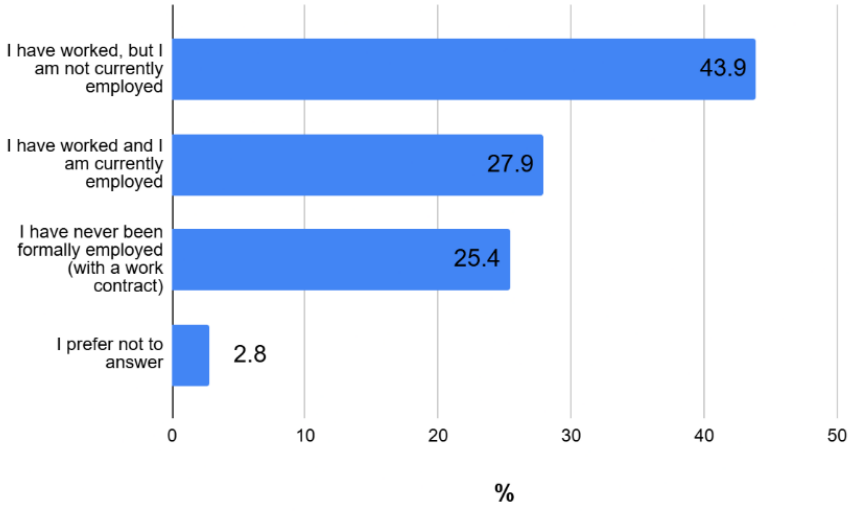


Figure 2. Employment status in this study sample

A considerable proportion of participants (37.1%) reported having worked without a formal employment contract (Figure 3). This finding points to the use of informal employment strategies, potentially reflecting barriers to accessing formal jobs and concerns related to disclosure of HIV status.

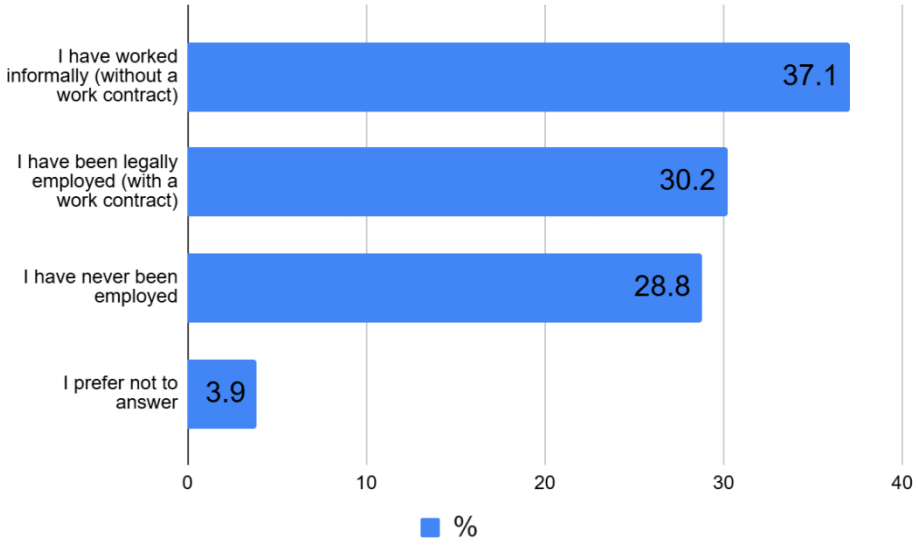


Figure 3. Informal employment

Perceived barriers to employment

Perceived barriers to employment were highly prevalent. Most participants identified stigma, fear of disclosure and anticipated discrimination as key obstacles to obtaining or maintaining employment, indicating that barriers extend beyond structural factors to include important psychosocial dimensions (Figure 4)

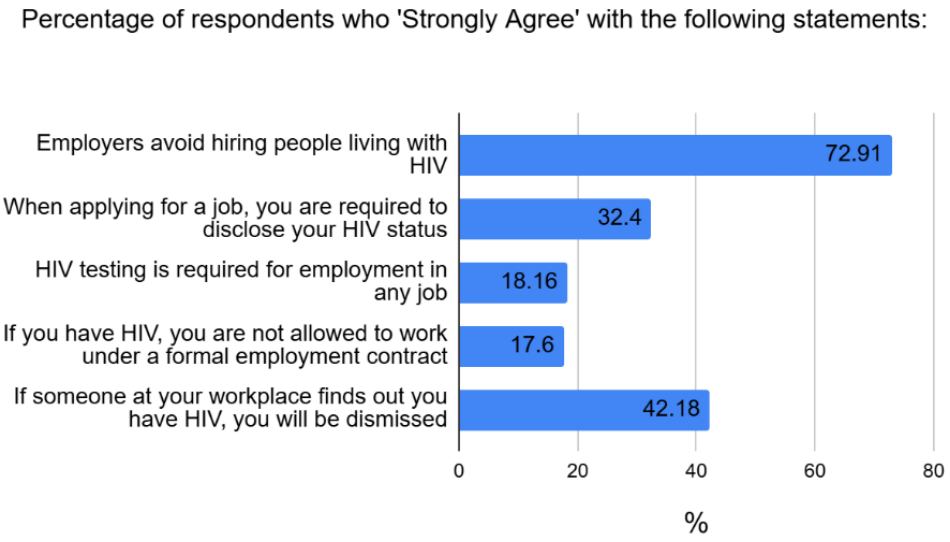


Figure 4. Perceptions of employment-related barriers.

Workplace discrimination

Perceived workplace discrimination was reported by 73.74% of participants (Figure 5), suggesting a widespread belief that people living with HIV are treated unfairly in employment settings. Such perceptions may influence both job-seeking behavior and job retention.

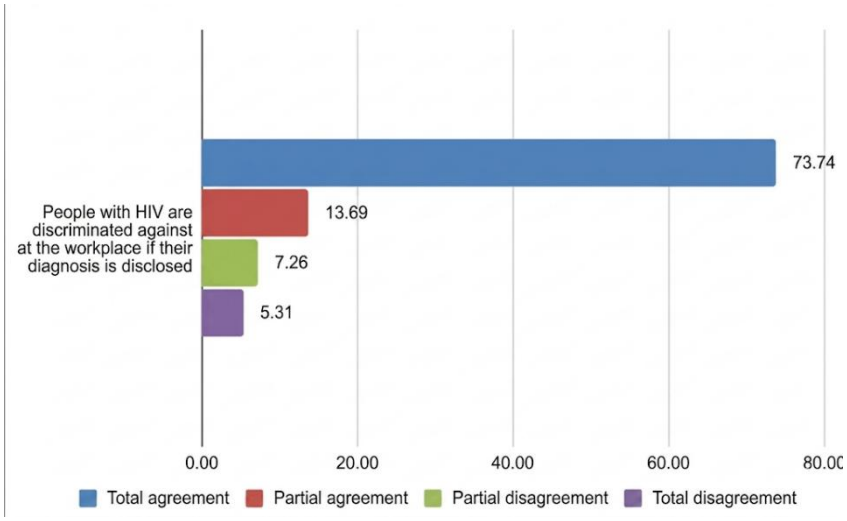


Figure 5. Perceptions of workplace discrimination if the diagnosis is disclosed

Overall, the findings indicate that although a large proportion of participants have prior work experience, current employment rates remain low. Informal employment is relatively common and perceived stigma and discrimination emerge as major barriers to labor market participation.

DISCUSSION

The present study provides insight into the employment situation of people living with HIV (PLWHIV) in Romania, revealing a substantial gap between work capacity and actual labor market participation. Although the majority of participants reported previous work experience, current employment rates were low and a considerable proportion had either exited the workforce or had never been formally employed. These findings are consistent with international evidence indicating lower employment rates among PLWHIV compared to the general population (Rodríguez-Sánchez et al., 2022). Importantly, our results suggest that limited labor market participation is not primarily driven by lack of work capacity, but rather by barriers that hinder sustained employment.

A notable finding is the high prevalence of informal employment, with over one-third of participants reporting work without a formal contract. This may reflect adaptive strategies in response to structural and social constraints. However, previous research indicates that employment quality is a critical determinant of well-being and that precarious or informal employment does not provide the same physical and mental health benefits as stable employment (Rueda et al., 2012; Yu et al., 2020). In this context, informal employment may simultaneously represent a source of income and a form of vulnerability.

To better understand the extent of labor market exclusion, our findings were compared with national data. According to the National Institute of Statistics (INS, 2025), the employment rate for the general working-age population (15–64 years) in Romania was approximately 63.8% in 2024, remaining stable at around 63.3% in early 2025. In contrast, the employment rate in our sample was only 27.9%, indicating a gap of more than 35% compared to the general population.

This disparity, however, requires careful interpretation. A proportion of participants (25.1%) reported receiving disability pensions, which may limit or exclude participation in formal employment. This suggests that part of the observed inactivity reflects health-related constraints or institutional factors rather than lack of employability.

Stigma and discrimination emerge as central factors shaping employment outcomes. A large proportion of participants perceived discrimination in the workplace and anticipated negative consequences associated with HIV status disclosure. Specifically, 72.91% strongly agreed that employers avoid hiring people living with HIV, while 42.18% believed that disclosure would lead to dismissal. Additionally, 32.4% reported concerns about mandatory disclosure during hiring processes. Misconceptions regarding structural barriers were also present, including beliefs that HIV testing is required for employment (18.16%) or that individuals living with HIV are not allowed to work under formal contracts (17.6%). These findings indicate both high levels of perceived and internalized stigma, as well as gaps in knowledge regarding legal protections.

The role of anticipated discrimination is particularly important. Even in the absence of direct discriminatory experiences, the expectation of negative outcomes—such as job loss or social exclusion—may discourage individuals from seeking employment or from entering the formal labor market. This mechanism has been widely documented as a key pathway through which stigma affects socioeconomic outcomes (Maulsby et al., 2020).

Comparative evidence suggests that such challenges are not unique to Romania. Research conducted in Canada (Perri et al., 2021) demonstrates that, even in high-income settings with strong legal protections, PLWHIV face persistent barriers to employment. These include episodic health limitations, fear of losing health-related benefits and concerns about workplace stigma and restricted career advancement. In addition, a substantial proportion of participants in that study lived below the low-income threshold, highlighting the persistent link between

HIV and economic vulnerability. While in Romania barriers appear more strongly associated with direct stigma and fear of dismissal, the broader psychosocial burden and challenges related to employment are consistent across contexts.

The findings of this study reflect a complex interplay between structural and psychosocial factors. At the macro level, economic conditions and labor market structures influence employment opportunities (Rodríguez-Sánchez et al., 2022). At the individual and interpersonal levels, health status, self-perception and stigma-related concerns further shape employment trajectories. This multi-level dynamic is consistent with the social-ecological framework described in previous research. In addition, workplace environment and perceived discrimination have been shown to significantly influence employment quality (Yu et al., 2020), while psychosocial factors such as internalized stigma and social support affect occupational functioning (Wise et al., 2025).

These results indicate that employment among PLWHIV cannot be understood solely in economic terms. Rather, it represents a complex outcome shaped by health status, social context and structural inequalities. The high levels of perceived stigma and discrimination observed in this study suggest that interventions should not only aim to improve access to employment but also address underlying social attitudes and systemic barriers.

The limited availability of data from Eastern European contexts underscores the relevance of these findings. Romania represents a setting where historical, economic and social factors may uniquely influence the experiences of PLWHIV, highlighting the need for context-specific research and targeted policy responses.

LIMITATIONS AND FUTURE DIRECTIONS

This study has several limitations that should be considered when interpreting the findings. First, the cross-sectional design precludes the establishment of causal relationships between employment status and the identified barriers. Second, the data are based on self-reports, which may be subject to response and social desirability biases. Third, the use of an online questionnaire may limit the representativeness of the sample, as it potentially excludes individuals with limited internet access or lower digital literacy.

Future research should adopt longitudinal designs to better capture employment trajectories over time and to clarify the directionality of observed associations. In addition, incorporating employer perspectives would provide a more comprehensive understanding of workplace dynamics and potential sources of discrimination. Evaluating the effectiveness of anti-stigma interventions in employment settings represents another important avenue for research. Finally, more policy-oriented studies are needed to inform strategies aimed at improving labor market integration and reducing structural barriers for people living with HIV.

Funding

This study was funded by the National Union of Organizations of People Affected by HIV/AIDS (UNOPA), Romania. The funding body had no role in the design of the study, data collection, analysis, interpretation of data, or in writing the manuscript.

Conflict of Interest

The authors declare no conflicts of interest.

Terminology Positionality Statement

We used person-first language like “people living with HIV (PLWHIV) throughout this article, consistent with internationally accepted recommendations for respectful and inclusive language. This term is used to describe people who have been diagnosed with the human immunodeficiency virus (HIV), focusing on the person and not the disease.

REFERENCES

Craig-Neil, A., Ho, J., Perri, M., Gaspar, M., Hunter, C., Rachlis, B., & Pinto, A. D. (2023). Healthcare system action on employment as a social determinant of health in people living with HIV: A qualitative study. *PLOS ONE, 18*(4), e0282421. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0282421

Dray-Spira, R., Lert, F., & VESPA Study Group. (2007). Living and working with HIV in France in 2003: Results from the ANRS-EN12-VESPA Study. *AIDS, 21*(Suppl 1), S29–S36. https://doi.org/10.1097/01.aids.0000255082.31728.52

Joint United Nations Programme on HIV/AIDS (UNAIDS). (2024). *Global HIV & AIDS statistics — Fact sheet*. https://www.unaids.org/en/resources/fact-sheet

Kall, M., Fresán, U., Guy, D., Brown, G., Burgui, C., Castilla, J., Grecu, V. I., Dumitrescu, F., Delpech, V., & Lazarus, J. V. (2021). Quality of life in people living with HIV in Romania and Spain. *BMC Infectious Diseases, 21*(Suppl 2), 898. https://doi.org/10.1186/s12879-021-06567-w

Kumar, M., Murmu, N., Kujur, A., Singh, S., Kumar, D., & Sagar, V. (2025). A study on the quality of life and economic burden among people living with HIV/AIDS attending a tertiary care hospital in Jharkhand, India. *Cureus, 17*(7), e88640. https://doi.org/10.7759/cureus.88640

Maulsby, C. H., Ratnayake, A., Hesson, D., Mugavero, M. J., & Latkin, C. A. (2020). A scoping review of employment and HIV. *AIDS and Behavior, 24*(10), 2942–2955. https://doi.org/10.1007/s10461-020-02845-x

National Institute of Statistics (INS). (2025). *Employment and unemployment in 2024 & Q1–Q2 2025* (Press Release No. 95/2025). https://insse.ro/cms/sites/default/files/com_presa/com_pdf/somaj_2024e.pdf

Oliva, J. (2010). Labour participation of people living with HIV/AIDS in Spain. *Health Economics, 19*(4), 491–500. https://doi.org/10.1002/hec.1487

Perri, M., Craig-Neil, A., Gaspar, M., Hunter, C., Kendall, C., Alexander, O., & Pinto, A. D. (2021). A qualitative study of barriers to employment experienced by people living with HIV in Toronto and Ottawa. *International Journal for Equity in Health, 20*(1), 36. https://doi.org/10.1186/s12939-020-01356-4

Rabkin, J. G., McElhiney, M., Ferrando, S. J., Van Gorp, W., & Lin, S. H. (2004). Predictors of employment of men with HIV/AIDS: A longitudinal study. *Psychosomatic Medicine, 66*(1), 72–78. https://doi.org/10.1097/01.psy.0000108083.43147.6d

Rodríguez-Sánchez, B., Peña-Longobardo, L. M., & Oliva-Moreno, J. (2022). The employment situation of people living with HIV: A closer look at the effects of the 2008 economic crisis. *The European Journal of Health Economics, 23*(3), 485–497. https://doi.org/10.1007/s10198-021-01372-3

Rueda, S., Raboud, J., Mustard, C., Bayoumi, A., Lavis, J. N., & Rourke, S. B. (2011). Employment status is associated with both physical and mental health quality of life in people living with HIV. *AIDS Care, 23*(4), 435–443. https://doi.org/10.1080/09540121.2010.507952

Rueda, S., Raboud, J., Rourke, S. B., Bekele, T., Bayoumi, A., Lavis, J., Cairney, J., & Mustard, C. (2012). Influence of employment and job security on physical and mental health in adults living with HIV: Cross-sectional analysis. *Open Medicine, 6*(4), e118–e126. https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/23687526/

Rueda, S., Smith, P., Bekele, T., O'Brien, K., Husbands, W., Li, A., Jose-Boerbridge, M., Mittmann, N., Rachlis, A., Conyers, L., Boomer, K. B., Rourke, S. B., & ECHO Study Team. (2015). Is any job better than no job? Labor market experiences and depressive symptoms in people living with HIV. *AIDS Care, 27*(7), 907–915. https://doi.org/10.1080/09540121.2015.1015479

van Aerden, K., Moors, G., Levecque, K., & Vanroelen, C. (2015). The relationship between employment quality and work-related well-being in the European labor force. *Journal of Vocational Behavior, 86*, 66–76. https://doi.org/10.1016/j.jvb.2014.11.001

Wise, J. M., Konkle-Parker, D., Raper, J. L., Heaton, K., Vance, D. E., Azuero, A., Wingood, G., Adimora, A. A., Topper, E. F., & Kempf, M.-C. (2025). Understanding the psychosocial context of employment and occupational productivity among women living with HIV: A mixed-methods study. *WORK: A Journal of Prevention, Assessment & Rehabilitation*. https://doi.org/10.3233/WOR-230363

Yu, Y., Chen, Z., Huang, S., Chen, Z., & Zhang, K. (2020). What determines employment quality among people living with HIV: An empirical study in China. *PLOS ONE, 15*(12), e0243069. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0243069

DIGITAL HEALTH APPLICATIONS IN THE POSTPARTUM PERIOD

POSTPARTUM DÖNEMDE DİJİTAL SAĞLIK UYGULAMALARI

Neriman YILDIZ
Giresun Women's Health and Children's Diseases Training and Research Hospital, Obstetrics and Gynaecology Surgical Department, Giresun, Turkey
ORCID ID: 0009-0001-1879-8175

Merve LAZOĞLU
Kafkas University, Faculty of Health Sciences, Department of Midwifery, Kars,Turkey
ORCID ID: 000-0002-0376531X

Sevda ELİŞ YILDIZ
Kafkas University, Faculty of Health Sciences, Department of Midwifery, Kars, Turkey
ORCID ID: 0000-0002-3585-6648

ÖZET

Giriş ve Amaç: Son yıllarda internet kullanımı ve yapay zekanın artmasıyla birlikte dijital sağlık uygulamaları da artmaktadır. Kadın yaşamında kritik önem taşıyan postpartum dönemde anne sağlığını ve ebelik uygulamalarını desteklemek için dijital teknolojilere yönelinmektedir. Bu derlemenin amacı postpartum dönemde kullanılan dijital sağlık uygulamalarını incelemektir.

Materyal ve Metot: Bu derlemede 2015–2026 yılları arasında PubMed ve Google Scholar veri tabanlarında yayımlanan çalışmalar incelenmiştir. Konu ile doğrudan ilişkili olan randomize kontrollü çalışmalar ve müdahale araştırmalarına öncelik verilmiştir.

Sonuç: Postpartum dönemde kullanılan dijital sağlık uygulamaları annelerin doğum sonu dönemde yaşadığı sorunları (depresyonu azaltma, bebek bakımı, emzirme, fiziksel iyileşme, semptom takibi vd.) azaltmaktadır.

Tartışma ve Sonuç: Kanıta dayalı ve iyi tasarlanmış dijital sağlık uygulamaları postpartum dönemde annelerin yaşadığı sorunları çözmede ve kolay ulaşılabilirlik yönünden geleneksel sağlık bakımına alternatif olabilir ancak ticari uygulamaların kalitesi çok değiştiği için bu araçlar yüz yüze ebelik bakımın yerine değil tamamlayıcı olarak kullanılmalıdır.

Anahtar Kelimeler: Dijital Uygulamalar, Ebelik, Postpartum, Sağlık.

ABSTRACT

Introduction and Purpose: In recent years, with the rise in internet usage and artificial intelligence, the use of digital health applications has also increased. There is a growing trend towards using digital technologies to support maternal health and midwifery practices during the postpartum period, which is of critical importance in women’s lives. The aim of this review is to examine the digital health applications used during the postpartum period.

Materials and Methods: This review examined studies published in the PubMed and Google Scholar databases between 2015 and 2026. Priority was given to randomised controlled trials and intervention studies directly related to the topic.
Results: Digital health apps used during the postpartum period help alleviate the challenges mothers face in the postnatal period (such as reducing depression, infant care, breastfeeding, physical recovery, symptom monitoring, etc.).
Discussion and Conclusion: Evidence-based and well-designed digital health applications can serve as an alternative to traditional healthcare in addressing the challenges faced by mothers during the postpartum period and in terms of accessibility; however, as the quality of commercial applications varies greatly, these tools should be used to complement, rather than replace, face-to-face midwifery care.
Keywords: Digital Applications, Health, Midwife, Postpartum.

GİRİŞ

Postpartum dönem bebeğin doğumundan hemen sonra başlayan ve doğum sonrası altı haftayı kapsayan bir dönemdir (WHO, 2022). Doğum sonrası dönem, kadınların yaşamlarında fiziksel, psikolojik ve sosyal zorluklarla karakterize kritik bir dönemdir (İdealistiana ve ark., 2025)**.** Bu kritik dönemde anne ve yenidoğan ölüm-hastalık oranlarını azaltmak için dijital uygulamalarından yararlanılmaktadır (Mallı ve Ergin, 2021).

Dijital uygulamalar internet, mobil teknolojiler (yazılım programları veya akıllı telefon uygulamaları gibi), uzaktan bakım, uzaktan izleme ekipmanları, sosyal ağlar, mesajlaşma ve giyilebilir cihazlar gibi çeşitli araçları kapsamaktadır (WHO, 2019; Brown Wilson ve ark., 2020). Özellikle yapay zekâ ve internet kullanımının artmasıyla birlikte dijital uygulamalar giderek yaygınlaşmaktadır (Loh, 2018). TUİK (2025), verilerine göre 16-74 yaş arası kadınlarda internet kullanımının %88,2' ye ulaştığı bildirilmiştir (TUİK, 2025).

Son yıllarda, anne sağlığını ve ebelik uygulamalarında hizmet sağlayıcılarını desteklemek için dijital teknolojilere yönelinmektedir (Gyselaers ve ark., 2019; Lanssens ve ark., 2017). Geleneksel doğum sonu bakım yöntemleri erişebilirlik ve sürekli takip açısından yerini giderek dijital sağlık uygulamalarına bırakmaktadır (Qian ve ark., 2021; Henring ve ark., 2024). Doğum sonrası bakım hizmetleri; anne ve yenidoğan bakımının sürekliliğini arttırma, ölüm oranlarını azaltma ve önlemede temel bileşendir. Doğum sonrası mevcut bakım uygulamalarına ek olarak anne sağlığı hizmetlerine erişimin sınırlı olduğu bölgelerde dijital sağlık uygulamaları kullanmak bakımın etkinliğini ve sürekliliğini artırabilmektedir (Babu ve ark., 2024). Dijital müdahaleler erken tanı ve tedaviye erişimi kolaylaştırırken kalite, veri gizliliği, etik ve eşitsizlik sorunları ile ilgili ciddi risk oluşturmaktadır (Feldman ve Perret, 2023).

Postpartum Dönemde Dijital Sağlık Uygulamaları

Maternal Ruh Sağlığı ve Psikososyal Destek

Qin ve ark. (2022) Çin'de yaptıkları randomize kontrollü çalışmada *CareMom* uygulamasının doğum sonu depresyon üzerinde etkisi incelenmiş ve müdahale grubundaki annelerin depresyon semptomlarının kontrol gurubuna göre anlamlı düzeyde daha düşük olduğu saptanmıştır. Liu ve ark. (2022) ise yaptıkları çalışmada postpartum dönemde uygulanan mindfulness ve sosyal destek teorisine dayalı mobil sağlık uygulaması ile postpartum depresyonun azaltmada etkili olduğunu bildirmiştir. Benzer şekilde Lewkowitz ve ark. (2024) tarafından yapılan meta analiz sonucunda dijital sağlık müdahaleleri ile doğum sonrası depresyon ve kaygı düzeylerinde anlamlı düzeyde azalma sağladığını göstermiştir. Ayrıca dijital müdahalelerin geleneksel yöntemlere kıyasla daha ulaşılabilir bir alternatif olduğunu ortaya koymuştur. Osman ve ark. (2025) *Smart Mama* uygulaması kullanarak Japonya'da yaptıkları

çalışmada mobil uygulamanın postpartum depresyon ve anksiyete düzeylerini azaltmada etkili olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Dol ve ark. (2025) tarafından Kanada'da yürüttükleri randomize kontrollü çalışmada ise doğum sonrası 6 haftalık müdahale programı olan *Essential Coaching for Every Mother* (SMS programı) uygulanan annelerde 6. haftada ebeveynlik öz yeterliliğinde artış ve kaygı düzeyinde azalma gözlenmiştir. Ancak 6.ay değerlendirmede ebeveynlik öz yeterliliği ve doğum sonrası kaygı belirtileri açısından müdahale ve kontrol grupları arasında anlamlı fark bulunamamıştır. Bu bulgular annelerin doğum sonu psikososyal sağlığını uzun dönemde desteklemek için müdahale programlarının süresinin daha uzun planlanmasının gerekli olduğu düşünülmektedir.

Emzirme, Bebek Bakımı ve Ebeveynlik Eğitimi

Entsieh ve ark. (2015), *Mobile Midwife* mobil mesaj sistemi ile kadınların mobil mesajlar sayesinde postpartum dönem ve yenidoğan bakımı hakkında daha fazla bilgi edindiklerini, sağlık hizmeti arama davranışının artırdığını ve zararlı geleneksel uygulamaların azalmasına katkıda bulunduğunu göstermiştir. Benzer şekilde Mallı ve Ergin (2021) tarafından yapılan çalışmada ebeler tarafından geliştirilen mobil uygulama desteğinin doğum sonrası dönemde kadınların yaşam kalitesini artırdığı bildirilmiştir. Shorey ve arkadaşları (2018) tarafından yapılan çalışmada; yeni doğan bebek sahibi ebeveynlerin, bir mobil sağlık (mHealth) uygulaması olan *Home but not Alone* eğitim programının içeriği ve sunumuna ilişkin görüşleri incelenmiştir. Katılımcılar uygulamanın sunduğu bilgi akışı, kolay erişim imkânı ve çeşitli medya seçenekleri (video, ses, PDF) sayesinde bakım ve eğitim süreçlerinde destek sağladığını belirtmişlerdir. Demirci ve ark. (2019) kırsal bölgede yaşayan annelerin tele-laktasyon hizmetlerine yönelik bakış açılarını inceledikleri çalışmada bu hizmetlerin emzirme destek hizmetlerinin yetersiz ve ulaşılması zor olan bölgelerde uygun ve verimli bir hizmet sağladığını ayrıca annelerin emzirme özgüvenini artırdığını bildirmiştir. Ancak annelerin tanımadıkları bir uzmanla görüntülü görüşme yapma konusundaki isteksizliği, gizlilik endişeleri ve kırsal bölgelerde yaşanan sınırlı internet erişimi gibi bazı kullanım engelleri tanımlanmıştır. Sumarni ve Supriyana (2021) tarafından geliştirilen *E-postpartum* mobil uygulamasıyla annelerin doğum sonrası bilgilerinin anlamlı düzeyde artırdığı bulunmuştur. Vatsa ve ark. (2025) tarafından *PROMPTS* (SMS tabanlı dijital platform; bilgi mesajları, randevu hatırlatma) uygulaması kullanılarak yapılan çalışmada ise postpartum bakım içeriği ve önerilen anne-bebek kontrolüne katılım oranında artış görülmüştür. İdealistiana ve ark. (2025) *SmartBreastfeed,* kendi kendini izleme, eğitim modülleri, hatırlatıcılar ve motivasyon mesajlarını bir araya getiren kişiselleştirilmiş dijital uygulama ile yaptıkları çalışmada müdahale grubunda doğum sonrası yorgunluk seviyelerinde azalma ve annelerin emzirme konusundaki özgüven ve motivasyonunda artış gözlenmiştir. Benzer şekilde Johnston ve ark. (2025) Dünya Sağlık Örgütü'nün doğum sonrası bakım önerilerini ailelere doğumdan itibaren altı haftaya kadar bir mobil mesajlaşma platformu aracılığıyla iletmesi sonucunda emzirme oranının %3.1, uygun göbek bakım uygulamalarının %4.1, anne ile ten-tene temas oranının %9.2 artırdığını bildirmiştir. Rego ve ark. (2025), yürüttükleri çalışmada *Baby2Home* uygulaması ile ebeveynlerin bakım belirsizliklerini azaltmada, rutin oluşturma ve psikososyal desteği artırmada rol oynadığını ve sunduğu dijital desteğin geleneksel sağlık hizmetleri için tamamlayıcı olduğu bulunmuştur.

Fiziksel İyileşme ve Semptom Takibi

Hoppe ve ark. (2019) doğum sonrası hipertansiyon yönetimi için tele-sağlık sistemi kullanarak şiddetli hipertansiyon vakalarının erken saptandığını ve yeniden hastaneye yatış oranlarının azaldığını bildirmiştir. Bu uygulama doğum sonrası hipertansiyon yönetimini sağlayarak anne morbidite oranını azaltmada umut vaat etmektedir. Lewey ve ark. (2022) ise yaptıkları çalışmada yüksek kardiyovasküler risk altında olan lohusa bireyler arasında giyilebilir cihaz

(FitBit), günlük otomatik kısa mesajlar ve metin tabanlı takım oyunlaştırma müdahalesi ile fiziksel aktivitede anlamlı düzeyde artma gözlenmiştir. Dijital uygulamalar özellikle doğum sonrası kardiyovasküler hastalıklar açısından risk altında olan annelerin yaşam tarzı değişikliğinde önemli olduğunu göstermektedir. Geusens ve ark. (2024) postpartum dönemde bir mobil uygulama aracılığıyla kilonun ve ruh sağlığının aktif olarak izlenmesinin, aşırı gebelik kilosu alan kadınlarda kilo yönetimi başarısını artırdığını ve uzun dönemde obezite riskini azalttığını kanıtlamıştır Liang ve ark. (2025) tarafından yapılan çalışmada sağlık personeli liderliğinde uygulanan mobil sağlık müdahalesi ile postpartum dönemde yaşanan kabızlık ve uzamış loşia gibi fiziksel semptomların görülme sıklığının azaldığı bildirilmiştir. Hausvater ve ark. (2025) doğum sonrası kardiyovasküler sağlığı iyileştirmeye yönelik kullanılan dijital sağlık uygulamalarının uygulanabilir olduğunu ortaya koymuştur. Ancak dijital müdahalelerin başarısı teknolojik araçların türüne ve uygulama süresine bağlı olduğu vurgulanmıştır. Varma ve ark. (2025) postpartum dönemdeki kadınların ruh hali ve fiziksel sağlık parametrelerini (enfeksiyon, hipertansiyon, diyabet) takip eden *MOMitor*™ uygulamasının etkinliğini değerlendirmiştir. Değerlendirme sonucunda uygulamanın semptom izleme, sağlık profesyonelleri ile hızlı iletişim imkânı ve yararlı bildirimleri sayesinde annelere güvenli bir dijital rehberlik sunduğunu ortaya koymuştur. Ayrıca kullanıcılar uygulamaya telefon üzerinden ulaşabildikleri için kullanım rahatlığını özellikle vurgulamışlardır. Nikookar ve ark. (2025) tarafından yapılan çalışmada; postpartum dönemdeki kadınlarda hipertansiyon ve ruh sağlığını izlemek amacıyla geliştirilen *MOYO-Mom* dijital platformunun, gerçek zamanlı semptom takibi ve otomatik uyarı mekanizması sayesinde yüksek riskli lohusalarda önlenebilir komplikasyonların erken tespiti için uygulanabilir bir yöntem olduğu gösterilmiştir.

Ebelik ve Dijital Uygulamalar

Dijital uygulamalar aracılığıyla sağlanan sağlık bakım desteği ebelik bakımına katkı sağlasa da bu teknolojilerin fiziksel temasın ve yüz yüze yapılan klinik muayenelerin yerini almamalıdır. Kadınlar açısından bakıldığında ise dijital araçlar, bilgiye hızlı erişim ve sağlık profesyonelleriyle sürekli iletişim imkânı sunması nedeniyle tercih edilmektedir. Ancak dijital uygulamalar ebelik bakımına tam entegrasyonu için veri güvenliğinin sağlanması, teknik altyapının iyileştirilmesi ve mesleki sınırların korunması gereken temel birer ön koşul olarak vurgulanmaktadır (Brown Wilson ve ark., 2020; Akalin ve ark., 2025; Carolina ve ark., 2025). Hertle ve ark. (2024) tarafından yapılan çalışmada dijital ebelik hizmetlerinin (e-ebelik) özellikle lohusalık döneminde bakımın sürekliliğini sağlayan, esnek ve zaman kazandırıcı bir araç olduğu bildirilmiştir. Sonuç olarak ebeler postpartum dönemde kadınların internet üzerinden güvenle erişebileceği kanıta dayalı bilgiler oluşturmalı, dijital medya okuryazarlığını artırmalı, dijital uygulamaların kullanımını yaygınlaştırmalı ve uygun çalışmalar geliştirmelidir (Berg ve ark., 2012; Carolina ve ark., 2025).

Tartışma ve Sonuç

Postpartum dönemde kullanılan mobil sağlık uygulamalarının emzirme desteği, bebek bakımı ve gelişimi, annelerin fiziksel iyileşmesi, ruh sağlığı ve doğum sonu komplikasyon yönetimi gibi önemli konularda anne sonuçlarını olumlu yönde etkilediği bildirilmektedir. Bununla birlikte, dijital sağlık uygulamalarının postpartum dönemde annelere etkili bir destek sağlayabilmesi için içeriklerinin **kanıta dayalı tıbbi bilgiler olması gerektiği** vurgulanmaktadır (Tucker ve ark., 2021; Yu ve ark., 2022).

Dijital uygulamalar ebelik bakımın yerini alan araçlar değil, özellikle fiziksel erişimin sınırlı olduğu durumlarda ebelik bakımını **destekleyen ve güçlendiren** tamamlayıcı uygulamalar olarak değerlendirilmelidir. Ayrıca dijital uygulamaların, özellikle ev ziyaretleri arasındaki dönemlerde ebe ile anne arasındaki iletişimi sürdürerek güvenli bir takip imkânı sunduğu

belirtilmektedir (Hertle ve ark., 2024). Bu uygulamalar postpartum dönemde uzaktan izlem, eğitim ve sağlık hizmetlerine katılımı artırma potansiyeline sahip olmanın yanı sıra veri güvenliği ve etik gibi bazı sorunları da beraberinde getirmektedir. Klinik uygulamalarda ebelerin anneleri güvenilir dijital platformlara yönlendirmesi ve dijital müdahalelerin postpartum bakım sürecine dahil edilmesi anne sonuçlarının iyileşmesine katkı sağlayabilir.

KAYNAKÇA

1. Akalin, A., D'haenens, F., Vermeulen, J., Tricas-Sauras, S., & Lanssens, D. (2025). Using digital technologies and applications in midwifery practice in Belgium: A descriptive cross-sectional study. *Midwifery, 140*, 104218.

2. Babu, S., Park, N., Woodland, G., Garcia, N., Page, W., & Page, R. (2024). Maternal health apps: Qualitative findings on user needs. *Digital Health*, 10.

3. Berg, M., Ólafsdóttir, Ó. A., & Lundgren, I. (2012). A midwifery model of woman-centred childbirth care in Swedish and Icelandic settings. *Sexual & Reproductive Healthcare, 3*(2), 79–87.

4. Brown Wilson, C., Slade, C., Wong, W. Y. A., & Peacock, A. (2020). Health care students' experience of using digital technology in patient care: A scoping review of the literature. *Nurse Education Today, 95*, 104580. https://doi.org/10.1016/j.nedt.2020.104580

5. Caroline, B., Helena, N., Carina, L., Elinor, L., Sabina, G., Beatrice, M. M., & Lina, P. (2025). Digital midwifery care—Blurring boundaries and finding new paths for midwifery care during pregnancy and postpartum: A qualitative study on Swedish midwives' experiences. *Sexual & Reproductive Healthcare*, 101147.

6. Demirci, J., Kotzias, V., Bogen, D. L., Ray, K. N., & Uscher-Pines, L. (2019). Telelactation via mobile app: Perspectives of rural mothers, their care providers, and lactation consultants. *Telemedicine and e-Health*, 25(9), 853-858.

7. Dol, J., Campbell-Yeo, M., Aston, M., McMillan, D., & Grant, A. K. (2025). Impact of a 6-week postpartum text messaging program (Essential Coaching for Every Mother) at 6 months: Follow-up study to a randomized controlled trial. *JMIR Pediatrics and Parenting*, 8, e62841.

8. Entsieh, A. A., Emmelin, M., & Pettersson, K. O. (2015). Learning the ABCs of pregnancy and newborn care through mobile technology. *Global Health Action, 8*, 29340. https://doi.org/10.3402/gha.v8.29340

9. Feldman, N., & Perret, S. (2023). Digital mental health for postpartum women: Perils, pitfalls, and promise. *NPJ Digital Medicine*, 6(1), 11.

10. Geusens, F., Van Uytsel, H., Ameye, L., Devlieger, R., Jacquemyn, Y., Van Holsbeke, C., & Bogaerts, A. (2024). The impact of self-monitoring physical and mental health via an mHealth application on postpartum weight retention: Data from the INTER-ACT randomized controlled trial. *Health Promotion Perspectives, 14*(1), 44.

11. Hausvater, A., Pleasure, M., Vieira, D., Banco, D., & Dodson, J. A. (2025). Digital health interventions to optimize postpartum cardiovascular health: A scoping review. *American Journal of Preventive Cardiology*, 21, 100917.

12. Henrich, N., Brinson, A., Arnold, A., & Jahnke, H. R. (2024). Digital health needs and preferences during pregnancy and the postpartum period: Mixed methods study. *JMIR Formative Research*, 8, e48960.

13. Hertle, D., Wende, D., Schumacher, L., & Bauer, N. H. (2022). Midwives' and women's views on digital midwifery care in Germany: Results from an online survey. *Midwifery, 115,* 103472.

14. Hoppe, K. K., Williams, M., Thomas, N., Zella, J. B., Drewry, A., Kim, K., Havighurst, T., & Johnson, H. M. (2019). Telehealth with remote blood pressure monitoring for postpartum hypertension: A prospective single-cohort feasibility study. *Pregnancy Hypertension*, 15, 171-176.

15. İdealistiana, L., Fauzi, A., Mutiar, A., Lindayani, L., ve Darmawati, I. (2025). SmartBreastfeed: Doğum sonrası yorgunluğu azaltmada ve emzirme motivasyonunu artırmada dijital müdahalenin etkinliği. *Jurnal Keperawatan Komprehensif*, 11(4), 539-545.

16. Johnston, J. S., Suri, P., Yan, S., Chandrasekar, A., Singla, S., Ward, V. C., & Murthy, S. (2025). A mobile messaging service for families on postnatal knowledge and practices: A cluster randomized trial, India. *Bulletin of the World Health Organization, 103*(4), 255–265. https://doi.org/10.2471/BLT.24.292145

17. Lewey, J., Murphy, S., Zhang, D., et al. (2022). Effect of a text-based gamification intervention to improve physical activity in postpartum individuals with hypertensive disorders of pregnancy: Randomized clinical trial. *JAMA Cardiology*, 7(6), 591-599.

18. Lewkowitz, A. K., Whelan, A. R., Ayala, N. K., Hardi, A., Stoll, C., Battle, C. L., ve Miller, E. S. (2024). The effect of digital health interventions on postpartum depression or anxiety: A systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *American Journal of Obstetrics and Gynecology*, 230(1), 12-43.

19. Liang, Y., Wang, S., Tao, J., Yao, Z., Yao, Y., & Zhai, J. (2025). Effects of lifestyle intervention by a nurse-led app on the prevention of symptoms in postpartum women: A randomized controlled trial. *BMC Nursing, 24*(1), 829.

20. Liu, C., Chen, H., Zhou, F., Long, Q., Wu, K., Lo, L. M., & Chiou, W. K. (2022). Positive intervention effect of mobile health application based on mindfulness and social support theory on postpartum depression symptoms of puerperae. *BMC Women's Health, 22*(1), 413.

21. Loh, E. (2018). The rise of the robots: A qualitative study of the latest developments in artificial intelligence in healthcare. *BMJ Leader*, 2(2), 59–63.

22. Mallı, P., & Ergin, A. B. (2021). The effect of mobile application support for postpartum women on postpartum quality of life. *Clinical and Experimental Health Sciences*, *11*(2), 242-250.

23. Osman, Y. M., Toda, M., Ogasawara, A., Hirose, N., Chen, S., Kawasaki, H., & Shimpuku, Y. (2025). Effectiveness of Smart Mama application on postpartum depression, anxiety, and maternal–infant bonding among women during the postnatal period: A randomized controlled trial. *BMC Nursing, 24*(1), 452.

24. Qian, J., Wu, T., Lv, M., Fang, Z., Chen, M., Zeng, Z., Jiang, S., Chen, W., & Zhang, J. (2021). Value of mobile health in improving breastfeeding outcomes among perinatal or postpartum women: Systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *JMIR mHealth and uHealth*, 9(7), e26098.

25. Qin, X., Liu, C., Zhu, W., Chen, Y., & Wang, Y. (2022). Preventing postpartum depression in the early postpartum period using an app-based cognitive behavioral therapy program: A pilot randomized controlled study. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(24), 16824.

26. Rego, C., Santiago, J. E., Miller, E. S., Garfield, C. F., Gollan, J., O'Sullivan, K., & Lee, Y. S. (2025). Understanding the implications of mHealth technology in collaborative care

programs and its role in supporting postpartum care: Qualitative interview study of the Baby2Home intervention using the parallel journeys framework. *JMIR Pediatrics and Parenting, 8*, e70936.

27. Shorey, S., Yang, Y. Y., & Dennis, C. L. (2018). A Mobile Health App-Based Postnatal Educational Program (Home-but not Alone): Descriptive Qualitative Study. *Journal of medical Internet research*, *20*(4), e119. https://doi.org/10.2196/jmir.9188
28. Sumarni, S., & Supriyana, S. (2021). E-postpartum mobile application to increase postnatal knowledge care. *MEDISAINS: Jurnal Ilmiah Ilmu-Ilmu Kesehatan*, 19(3), 84-89.

29. Tucker, L., Villagomez, A. C., & Krishnamurti, T. (2021). Comprehensively addressing postpartum maternal health: A content and image review of commercially available mobile health apps. *BMC Pregnancy and Childbirth, 21*(1), 311.
30. Türkiye İstatistik Kurumu. (2025). *Hanehalkı bilişim teknolojileri kullanım araştırması*. https://veriportali.tuik.gov.tr/tr/press/53925 (Erişim Tarihi: 10.03.2026).
31. Varma, D. S., Goodin, A. J., Jiao, T., Yang, J., Wen, T. S., & Roussos-Ross, K. (2025). Participant evaluation of MOMitor™—A smartphone-based application that monitors postpartum mental and physical health status. *mHealth, 11*, 46.

32. Vatsa, R., Chang, W., Akinyi, S., Little, S., Gakii, C., Mungai, J., & McConnell, M. (2025). Impact evaluation of a digital health platform empowering Kenyan women across the pregnancy-postpartum care continuum: A cluster randomized controlled trial. *PLOS Medicine*, 22(2), e1004527.

33. Vickery, M., van Teijlingen, E., Hundley, V., Smith, G. B., Way, S., & Westwood, G. (2020). Midwives' views towards women using mHealth and eHealth to self-monitor their pregnancy: A systematic review of the literature. *European Journal of Midwifery, 4*, 36. https://doi.org/10.18332/ejm/126625

34. WHO (World Health Organization). (2022). Recommendations on maternal and newborn care for a positive postnatal Experience. https://www.who.int/publications/i/item/9789240045989 Erişim Tarihi: 05.03.2026
35. WHO (World Health Organization). (2019). Recommendations on digital interventions for health system strengthening. https://iris.who.int/server/api/core/bitstreams/c3c53f30-23cc-48d0-a3b5-c05ddd7f5349/content Erişim Tarihi: 05.03.2026

36. World Health Organization. (2018). *Classification of digital health interventions v1.0: A shared language to describe the uses of digital technology for health*. World Health Organization.
37. Yu, H., He, J., Wang, X., Yang, W., Sun, B., & Szumilewicz, A. (2022). A comparison of functional features of Chinese and US mobile apps for pregnancy and postnatal care: A systematic app store search and content analysis. *Frontiers in Public Health, 10*, 826896.

PROLONGED SEVERE INTRAOPERATİVE HYPOTENSION GUIDED BY ARTERIAL WAVEFORM ANALYSIS AND END-TIDAL CARBON DIOXIDE DURING TOTAL LARYNGECTOMY WITHOUT POSTOPERATIVE ORGAN INJURY

Başar ERDİVANLI

Recep Tayyip Erdoğan University, Faculty of Medicine, Department of Anesthesiology and Reanimation, Rize, Turkey

ORCID ID: https://orcid.org/0000-0002-3955-8242

ABSTRACT

Introduction and Purpose: In major head and neck surgery, intraoperative hypotension is usually avoided because prolonged reductions in arterial pressure are associated with impaired organ perfusion and postoperative organ dysfunction. In routine practice, mean arterial pressure (MAP) is commonly maintained above 65 mmHg and systolic arterial pressure above 100 mmHg. We report a case of prolonged, intentionally tolerated severe hypotension during total laryngectomy in which management was guided not by pressure targets alone, but by continuous arterial waveform interpretation and end-tidal carbon dioxide ($EtCO_2$).

Materials and Methods: A 64-year-old man with T4N2 glottic laryngeal carcinoma underwent total laryngectomy, bilateral neck dissection, right subtotal thyroidectomy, bilateral central neck dissection, and excision of a cystic mass at the base of tongue. Preoperative echocardiography showed preserved left ventricular systolic function, left atrial dilatation, and grade I diastolic dysfunction. During surgery, whenever blood pressure increased toward conventional targets, the arterial waveform suggested increased afterload and $EtCO_2$ decreased. Based on this pattern, remifentanil was titrated to reduce vascular tone and arterial pressure. The patient was managed for approximately 11 hours 30 minutes at around 67/34 mmHg (MAP 45 mmHg), while $EtCO_2$ remained acceptable and the reflected arterial wave component became less prominent.

Results: Despite prolonged intraoperative hypotension, no overt postoperative organ failure developed. Arterial blood gas obtained near the end of surgery showed mild respiratory alkalosis with normal base excess and lactate of 3.4 mmol/L. Immediate postoperative biochemistry showed creatinine 0.98 mg/dL and eGFR 81 mL/min/1.73 m^2. Renal indices remained stable on follow-up, with creatinine later decreasing to 0.72 mg/dL. Liver tests showed only transient AST elevation without sustained hepatocellular injury; bilirubin remained within the normal range.

Discussion and Conclusion: This case suggests that arterial pressure alone may not fully reflect perfusion adequacy during prolonged major surgery. The absence of postoperative biochemical evidence of major end-organ injury supports the possibility that, in selected patients, individualized hemodynamic management integrating invasive arterial waveform analysis and $EtCO_2$ trends may be more informative than rigid pressure thresholds alone.

Key Words: Intraoperative Hypotension; Arterial Waveform Analysis; End-tidal Carbon Dioxide; Systemic Vascular Resistance; Total Laryngectomy; Organ Perfusion

INTRODUCTION

Intraoperative hypotension remains one of the most debated hemodynamic problems in noncardiac surgery. Contemporary reviews and registry-based analyses consistently associate lower mean arterial pressure (MAP), particularly sustained values below approximately 60–65 mmHg, with a higher risk of postoperative organ injury, especially acute kidney injury (AKI). At the same time, the available interventional literature has not shown that all blood pressure optimization strategies produce uniform improvements in patient-centered outcomes, suggesting that fixed pressure thresholds do not fully capture the complexity of tissue perfusion in individual patients (Joosten, 2026).

This tension is especially relevant in long, bloody head and neck procedures. Total laryngectomy with bilateral neck dissection may benefit from reduced bleeding and improved operative visibility, yet deliberate hypotension must be balanced against concern for cerebral, renal, myocardial, and hepatic hypoperfusion. Remifentanil is one of the agents commonly used to facilitate controlled hypotension because of its rapid titratability and predictable offset, although any hypotensive strategy must still be judged against end-organ consequences rather than operating room conditions alone (Lee, 2025).

Another challenge is that arterial pressure is only one component of perfusion. Flow is also shaped by vascular tone, ventricular afterload, arterial compliance, wave reflection, and the interaction between cardiac performance and the arterial tree. Arterial waveform analysis has long been recognized as a potentially informative bedside tool, even though waveform morphology cannot be equated directly with a single hemodynamic variable such as systemic vascular resistance (SVR). Likewise, when ventilation and metabolic CO_2 production are relatively stable, end-tidal carbon dioxide ($EtCO_2$) can function as a practical surrogate of changes in pulmonary blood flow and, indirectly, cardiac output (Thiele, 2011).

We present a patient undergoing prolonged major head and neck surgery in whom blood pressure was intentionally tolerated at levels well below conventional intraoperative targets because attempts to restore higher pressures were accompanied by arterial waveform features interpreted as increased afterload and by a fall in $EtCO_2$. The striking aspect of the case was not merely the low MAP, but the apparent dissociation between pressure and perfusion surrogates. Postoperative serial biochemical follow-up did not suggest clinically significant renal or hepatic injury.

CASE PRESENTATION

A 64-year-old man with T4N2 glottic laryngeal carcinoma was scheduled for total laryngectomy, bilateral neck dissection, right subtotal thyroidectomy, bilateral central neck dissection, and excision of a cystic lesion at the base of the tongue. According to the perioperative summary prepared from the case presentation, preoperative echocardiography demonstrated preserved left ventricular systolic function, left atrial dilatation, and grade I diastolic dysfunction. His preoperative ward blood pressure was approximately 120/80 mmHg with a heart rate of 83/min. His chronic medications included levothyroxine and montelukast/levocetirizine; levothyroxine dosing was subsequently adjusted because of elevated thyroid-stimulating hormone.

The surgery was performed on 14 October 2025 and lasted from approximately 07:30 to 19:00 according to the slide deck prepared from the case. The anticipated anesthetic concerns were substantial tissue trauma, prolonged operating time, bleeding, the possibility of anemia, exposure to vasopressors and crystalloids, and the downstream risks associated with all of these interventions.

After invasive arterial monitoring was established, anesthesia was induced with midazolam, propofol, fentanyl, and low-dose rocuronium because intraoperative nerve monitoring was planned. During induction, blood pressure decreased from 172/98 mmHg to 92/43 mmHg and then to approximately 67/34 mmHg, while oxygen saturation remained 100% and heart rate fell from 88/min to 62/min. $EtCO_2$ at that stage was 32 mmHg.

The key hemodynamic observation emerged later in the case. Whenever arterial pressure was permitted to rise toward more familiar targets, the arterial waveform appeared to show a stronger reflected component, which was interpreted clinically as increased vascular tone and afterload. At the same time, $EtCO_2$ decreased. By contrast, after remifentanil infusion and return of blood pressure to lower levels, the reflected wave component appeared less prominent and $EtCO_2$ increased from approximately 25 mmHg to 32 mmHg despite lower arterial pressure, with heart rate remaining around the low 60s and oxygen saturation stable at 100%. In practical terms, the treating anesthesiologist judged that the patient was tolerating lower pressure better than higher pressure, because the low-pressure state appeared to be accompanied by less afterload stress and better forward flow (Figure 1).

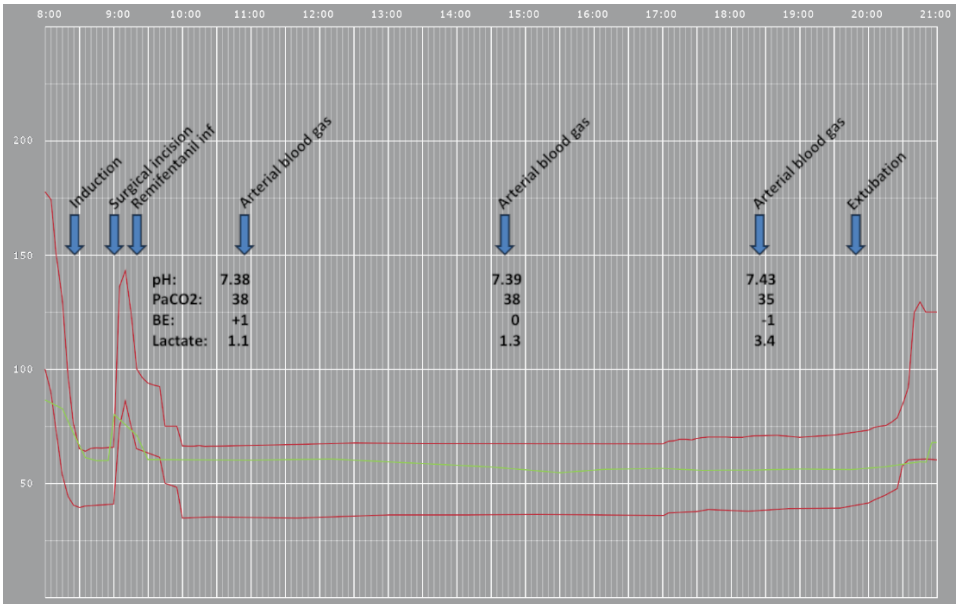


Figure 1. Anesthetic course with systolic and diastolic arterial pressures (red lines), heart rate (green line), and respective timepoints.

On this basis, arterial pressure around 67/34 mmHg (MAP approximately 45 mmHg) was intentionally tolerated for roughly 11 hours and 30 minutes. Three intraoperative arterial blood gas measurements were summarized in the presentation; pH values were 7.38, 7.39, and 7.43; $PaCO_2$ values were 38, 38, and 35 mmHg; base excess values were +1, 0, and -1; and lactate rose from 1.1 to 1.3 and then to 3.4 mmol/L near the end of the procedure. The available uploaded arterial blood gas from 21:04 showed pH 7.50, pCO_2 30 mmHg, pO_2 107 mmHg, bicarbonate-related values without major metabolic derangement, hemoglobin 13.5 g/dL, and oxygen saturation 98.6%.

Postoperative Findings

The major postoperative question was whether this prolonged period of severe hypotension had produced organ injury. KDIGO defines AKI using changes in serum creatinine and urine output and recommends staging severity; accordingly, therefore, postoperative renal function was interpreted primarily through serial creatinine measurements and estimated glomerular

filtration rate (eGFR), while acknowledging that creatinine is an imperfect and delayed marker of injury (Meersch, 2017; Zhuo, 2024).

Immediate postoperative biochemistry showed creatinine 0.98 mg/dL and eGFR 81 mL/min/1.73 m². Liver-associated tests at the same time showed AST 27 U/L, ALT 10 U/L, total bilirubin 0.84 mg/dL, and albumin 35 g/L. On postoperative day 1, creatinine was 1.03 mg/dL and eGFR 76 mL/min/1.73 m². Subsequently, renal indices remained stable or improved: creatinine 0.91 mg/dL on postoperative day 2, 0.98 mg/dL on day 3, 0.80 mg/dL on day 4, 0.90 mg/dL on day 5, 0.98 mg/dL on day 6, and 0.72 mg/dL on day 7. Corresponding eGFR values ranged from 81 to 99 mL/min/1.73 m².

Hepatic laboratory follow-up was similarly reassuring. AST increased transiently to 75 U/L on postoperative day 2 and 61 U/L on day 3, then fell to 43, 30, 23, and 22 U/L over subsequent days. ALT remained within or close to the normal range throughout follow-up, and total bilirubin remained normal, decreasing from 0.84 mg/dL immediately postoperatively to 0.40 mg/dL by day 7.

Taken together, the postoperative laboratory profile did not show KDIGO-defined AKI, progressive cholestasis, or a biochemical pattern suggestive of sustained ischemic hepatic injury. Within the limits of the available records, no overt postoperative end-organ failure was documented (Darmon, 2017).

CONCLUSION AND DISCUSSION

This case is notable because it appears to challenge a purely pressure-based interpretation of intraoperative hemodynamic adequacy. Current evidence strongly supports avoiding intraoperative hypotension in most noncardiac surgical patients, and MAP values below 60–65 mmHg are repeatedly associated with adverse postoperative outcomes. The 2026 narrative review by Joosten and colleagues summarized the field by concluding that MAP at or above 60–65 mmHg appears sufficient for most patients, whereas lower values are associated with greater risk; similarly, the 2025 systematic review of optimization strategies concluded that multiple interventions may reduce hypotension exposure, but definitive outcome benefit remains uncertain. The EU HYPROTECT secondary analysis also supported an independent association between intraoperative hypotension and AKI within the first three postoperative days (Joosten, 2026).

This case does not refute that literature. Instead, it highlights a more limited but clinically important point: pressure is not flow, and in selected patients the hemodynamic state associated with a higher arterial pressure may not be the state associated with better organ perfusion. In this patient, higher pressure was repeatedly accompanied by two bedside signals interpreted as unfavorable: a stronger reflected arterial wave and a lower $EtCO_2$. Lower pressure under remifentanil was accompanied by a less prominent reflected component and a higher $EtCO_2$. Because alveolar ventilation was not described as changing in a way that would explain the $EtCO_2$ rise, the treating team interpreted the higher $EtCO_2$ as reflecting better forward flow and pulmonary perfusion. This interpretation is physiologically plausible: when ventilation and metabolic CO_2 production are relatively stable, $EtCO_2$ tracks changes in pulmonary blood flow and can move in parallel with cardiac output (Toupin, 2016).

The arterial waveform argument is more nuanced. Wave reflection and arterial contour unquestionably contain hemodynamic information, but waveform morphology cannot be treated as a direct quantitative SVR monitor. The shape of the arterial pressure wave is influenced by ventricular ejection, arterial compliance, pulse wave velocity, peripheral reflection sites, vascular tone, and timing of the reflected wave. Older and contemporary

literature both support the clinical usefulness of waveform interpretation, while also emphasizing its complexity and the risk of over-simplification. Therefore, the present case should not be read as proof that the observed waveform changes were a validated SVR measurement; rather, they were part of an integrated bedside physiological interpretation (Thiele, 2011).

One reasonable mechanistic hypothesis is that this patient had a circulation sensitive to afterload elevation. Preoperative echocardiography showed preserved systolic function but grade I diastolic dysfunction and left atrial dilatation, findings consistent with a ventricle that may tolerate excessive wall stress poorly even in the absence of overt systolic failure. In such a patient, vasoconstriction sufficient to raise MAP may paradoxically reduce forward stroke volume. In that setting, lowering afterload with deeper opioid-mediated suppression of stress responses could produce the seemingly paradoxical combination of lower blood pressure but better flow. This is an inference, not a measurement-based conclusion, but it fits the observed rise in $EtCO_2$ when blood pressure fell.

The postoperative laboratory course strengthens, but does not prove, this interpretation. KDIGO-defined AKI did not develop on the basis of serial creatinine values. Bilirubin remained normal, and AST elevation was modest and transient rather than progressive or severe. Lactate reached 3.4 mmol/L by the end of surgery, which deserves attention, but isolated moderate lactate elevation after prolonged major surgery is not synonymous with irreversible organ ischemia; in this case it was not followed by a biochemical trajectory of evolving multiorgan dysfunction.

The limitations are substantial. This is a single case and cannot define a safe lower blood pressure limit. Cardiac output, stroke volume, cerebral oximetry, mixed or central venous oxygen saturation, and formal vasopressor/inotrope comparisons were not available. The arterial waveform interpretation was clinician-derived and not validated against an independent hemodynamic monitor. Urine output data are not included in the uploaded record set, which limits formal AKI adjudication under KDIGO criteria. Finally, the absence of postoperative biochemical injury does not exclude transient intraoperative hypoperfusion in specific vascular beds.

Still, the case is worth reporting because it illustrates a bedside principle often appreciated by experienced clinicians but underrepresented in threshold-driven discussions: the goal of hemodynamic management is organ perfusion, not blood pressure normalization for its own sake. Modern blood pressure literature rightly warns against complacency regarding hypotension. However, it also leaves room for individualized physiology, especially when dynamic flow-sensitive surrogates conflict with static pressure targets.

Conclusion

This case describes prolonged severe intraoperative hypotension during total laryngectomy, intentionally tolerated because raising arterial pressure appeared to worsen arterial waveform features interpreted as increased afterload and to reduce $EtCO_2$, whereas lower pressure under remifentanil was accompanied by a more favorable waveform appearance and preserved capnographic values. Serial postoperative laboratory findings did not show AKI or sustained hepatic injury. The case should not be interpreted as evidence that MAP 45 mmHg is broadly safe. Rather, it suggests that in selected patients, invasive arterial waveform interpretation and $EtCO_2$ trends may provide clinically meaningful information about perfusion that is not captured by arterial pressure alone.

REFERENCES

Darmon, M., Ostermann, M., Cerda, J., Dimopoulos, M. A., Forni, L., Hoste, E., Legrand, M., Lerolle, N., Rondeau, E., Schneider, A., Souweine, B., & Schetz, M. (2017). Diagnostic work-up and specific causes of acute kidney injury. *Intensive care medicine*, *43*(6), 829–840. https://doi.org/10.1007/s00134-017-4799-8

Joosten, A., Chew, M. S., Futier, E., Harrois, A., Jacquet-Lagreze, M., Legrand, M., Messina, A., Myles, P. S., Saugel, B., Sessler, D. I., Veelo, D. P., & Fellahi, J. L. (2026). Intraoperative blood pressure management in noncardiac surgery: a narrative review based on current evidence. *Intensive care medicine*, 52(3), 500–511. https://doi.org/10.1007/s00134-026-08326-4

Lee, S., Islam, N., Ladha, K. S., van Klei, W., & Wijeysundera, D. N. (2025). Intraoperative Hypotension in Patients Having Major Noncardiac Surgery Under General Anesthesia: A Systematic Review of Blood Pressure Optimization Strategies. Anesthesia and analgesia, 141(1), 38–60. https://doi.org/10.1213/ANE.0000000000007074

Meersch, M., Schmidt, C., Hoffmeier, A., Van Aken, H., Wempe, C., Gerss, J., & Zarbock, A. (2017). Prevention of cardiac surgery-associated AKI by implementing the KDIGO guidelines in high risk patients identified by biomarkers: the PrevAKI randomized controlled trial. *Intensive care medicine*, *43*(11), 1551–1561. https://doi.org/10.1007/s00134-016-4670-3

Thiele, R. H., & Durieux, M. E. (2011). Arterial waveform analysis for the anesthesiologist: past, present, and future concepts. Anesthesia and analgesia, 113(4), 766–776. https://doi.org/10.1213/ANE.0b013e31822773ec

Toupin, F., Clairoux, A., Deschamps, A., Lebon, J. S., Lamarche, Y., Lambert, J., Fortier, A., & Denault, A. Y. (2016). Assessment of fluid responsiveness with end-tidal carbon dioxide using a simplified passive leg raising maneuver: a prospective observational study. Évaluation de la réponse au remplissage avec le niveau de dioxyde de carbone télé-expiratoire à l'aide d'une manœuvre simplifiée d'élévation des jambes: une étude observationnelle prospective. *Canadian journal of anaesthesia = Journal canadien d'anesthesie*, *63*(9), 1033–1041. https://doi.org/10.1007/s12630-016-0677-z

Zhuo, X. Y., Lei, S. H., Sun, L., Bai, Y. W., Wu, J., Zheng, Y. J., Liu, K. X., Liu, W. F., & Zhao, B. C. (2024). Preoperative risk prediction models for acute kidney injury after noncardiac surgery: an independent external validation cohort study. *British journal of anaesthesia*, *133*(3), 508–518. https://doi.org/10.1016/j.bja.2024.02.018

FATTY ACID COMPOSITION OF THE OIL CO-FRACTION OBTAINED FROM RAINBOW TROUT (*Oncorhynchus mykiss*) PROTEIN HYDROLYSATES PRODUCED BY ALCALASE, PROTAMEX, AND FLAVOURZYME

Koray KORKMAZ

1,2Ordu University, Fatsa Faculty of Marine Sciences, Department of Fisheries Technologies Engineering, Fatsa, Ordu, Türkiye

ORCID ID: 0000-0003-2940-6592

Bilge BİLGİN FIÇICILAR

1,2Ordu University, Fatsa Faculty of Marine Sciences, Department of Fisheries Technologies Engineering, Fatsa, Ordu, Türkiye

ORCID ID: 0000-0002-7217-5905

ABSTRACT

Rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) is Turkey's leading freshwater aquaculture species, with a production of 170,905 tonnes in 2024 according to TÜİK. Processing of this species generates substantial by-products: heads, viscera, frames, and skin, comprising 40–60% of the total fish weight. Enzymatic hydrolysis of these by-products yields fish protein hydrolysates (FPH) and, as a co-product, a lipid-rich oil fraction. The present study investigated the fatty acid composition of the oil co-fraction recovered by centrifugation from rainbow trout protein hydrolysates produced using three commercial proteases Alcalase (AP, pH 8.0), Protamex (PMX, pH 7.0), and Flavourzyme (FLV, pH 7.0) and determined whether enzyme selection exerts a significant effect on the lipid profile. By-products were hydrolyzed at 50°C for 60 min at a 1% enzyme-to-substrate ratio, terminated at 90°C, then centrifuged at 4100 rpm for 20 min to yield four fractions. Fatty acid profiles were determined by gas chromatography. The raw material showed a MUFA-dominant profile (ΣMUFA 40.72%), primarily driven by oleic acid (C18:1n9c, 31.42%), with ΣSFA 18.81%, ΣPUFA 19.11%, ΣHUFA 8.79%, and n3/n6 ratio 0.56. The oil co-fractions of all three enzyme treatments retained the MUFA-dominant character (46.02–46.31%), with ΣPUFA rising to 23.95–24.67%, EPA at 1.69–1.73%, and DHA at 4.72–4.74%. Coefficient of variation (CV%) across enzyme treatments remained below 2% for all major fatty acid groups and nutritional indices (ΣHUFA: 1.07%; EPA: 1.38%; DHA: 0.57%; n3/n6: 1.08%), confirming that the fatty acid profile of the co-produced oil fraction is substrate-dependent rather than enzyme-dependent.

Key Words: Rainbow Trout; Fish Protein Hydrolysate; Oil Co-fraction; Fatty Acid Composition; MUFA; Omega-3; Alcalase; Protamex; Flavourzyme

INTRODUCTION

Rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) ranks as Turkey's most economically important freshwater aquaculture species. According to the Turkish Statistical Institute (TÜİK), inland production reached 170,905 tonnes in 2024, positioning Turkey among the world's leading

freshwater trout-producing nations[1]. This large production volume inevitably generates substantial quantities of processing by-products, primarily heads, viscera, frames, and skin, that typically constitute 40–60% of the total live fish weight and remain largely underutilized[2].

Fish protein hydrolysates (FPH) represent a high-value approach to valorizing such by-products through enzymatic hydrolysis. The process yields bioactive peptides, improves nutrient bioavailability, and generates a lipid-rich oil co-fraction as a by-product following centrifugal separation [3]. This oil co-fraction may represent a valuable lipid resource; however, data characterizing the fatty acid composition of oil recovered from rainbow trout by-product hydrolysates produced with different commercial enzymes are limited in the literature.

The fatty acid composition of farmed rainbow trout is known to be strongly influenced by dietary lipid sources, particularly the extent of fish oil replacement with vegetable oils in commercial feeds[4,5]. Diets rich in vegetable oils reduce the content of omega-3 long-chain PUFA (LC-PUFA), particularly EPA (C20:5n3) and DHA (C22:6n3), in fish tissues relative to fish fed fish oil-based diets[6]. Furthermore, comparative studies of wild and farmed rainbow trout consistently show that farmed fish tend to have higher MUFA and n-6 PUFA fractions, reflecting the fatty acid profiles of their commercial diets[7,8].

The selection of protease enzyme during enzymatic hydrolysis has been shown to affect the degree of hydrolysis and the molecular weight distribution of peptides, but whether enzyme choice meaningfully influences the lipid composition of the recovered oil co-fraction has not been systematically addressed. Therefore, the objective of the present study was to determine and compare the fatty acid composition of the oil co-fraction recovered from rainbow trout protein hydrolysates produced using three commercially available proteolytic enzymes, Alcalase, Protamex, and Flavourzyme, and to assess whether enzyme selection exerts any significant effect on the lipid profile of this co-fraction.

MATERIALS AND METHODS

Raw Material and Enzymatic Hydrolysis

Rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) by-products (heads, viscera, frames, and skin) were minced and heat-inactivated at 90°C for 20 minutes prior to enzymatic treatment to deactivate endogenous enzymes and reduce microbial load. Enzymatic hydrolysis was subsequently performed using three commercial proteases: Alcalase (AP) at pH 8.0, Protamex (PMX) at pH 7.0, and Flavourzyme (FLV) at pH 7.0. All treatments were conducted at 50°C for 60 minutes at an enzyme-to-substrate (E:S) ratio of 1% (w/w). Hydrolysis was terminated by a second heat treatment at 90°C for 5 minutes[9].

Fractionation

Following termination of hydrolysis, samples were centrifuged at 4100 rpm for 20 minutes to achieve separation into four distinct fractions: (1) the upper oil phase (co-fraction), (2) a light oil phase, (3) the protein hydrolysate phase, and (4) the insoluble residue. The oil co-fraction recovered from the uppermost layer was collected for fatty acid analysis[9] (Figure 1). The raw minced rainbow trout by-product material was also subjected to fatty acid analysis as a reference.

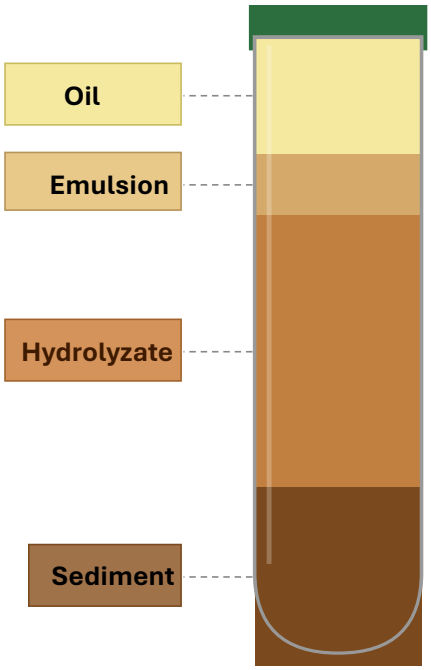


Figure 1. Four fractions obtained after centrifugation of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) protein hydrolysates.

Fatty Acid Analysis

Lipid extracts were converted to fatty acid methyl esters (FAMEs) according to the method of [10]. In brief, 25 mg of the extracted oil was dissolved in 2 mL of n-heptane, then treated with 4 mL of 2 M methanolic KOH. The mixture was vortexed for 2 minutes at room temperature and subsequently centrifuged at 4000 rpm for 10 minutes. The upper heptane layer was carefully recovered for gas chromatographic analysis.

RESULTS

Fatty Acid Profile of Raw Rainbow Trout

The raw rainbow trout by-product material used in this study exhibited a MUFA-dominant fatty acid profile. ΣMUFA was 40.72%, with oleic acid (C18:1n9c) as the predominant individual fatty acid at 31.42%. ΣSFA reached 18.81%, driven primarily by palmitic acid (C16:0, 12.02%). ΣPUFA was 19.11% and ΣHUFA was 8.79%, with EPA and DHA not measured individually in the raw material, but n3/n6 ratio was 0.56. This n6-dominant character of the lipid profile reflects the inherent characteristics of rainbow trout reared on commercial vegetable oil-supplemented diets[4,5].

Fatty Acid Composition of Oil Co-Fractions

Upon centrifugal separation of the enzymatic hydrolysates, the recovered oil co-fractions from all three enzyme treatments exhibited a strong and consistent MUFA-dominant fatty acid profile. ΣMUFA ranged narrowly from 46.02% (FLV) to 46.31% (AP), representing an increase relative to the raw material (40.72%). Oleic acid (C18:1n9c) was the dominant individual fatty acid in all co-fractions, ranging from 38.86% to 39.15%. ΣSFA ranged from 21.51% to 21.90%, while ΣPUFA increased to 23.95–24.67% compared to the raw material (19.11%). ΣHUFA ranged from 7.79% to 7.84%, with EPA (C20:5n3) at 1.69–1.73% and DHA (C22:6n3) at 4.72–4.74% across all treatments. The n3/n6 ratio decreased from 0.56 in the raw material to 0.287–0.298 in the co-fractions. A full summary of key fatty acid data is presented in Table 1.

Table 1. Selected fatty acid composition (% of total FA) of raw rainbow trout and oil co-fractions from AP, PMX, and FLV hydrolysates.

Fatty Acid	Raw Trout (mean±SD)	AP	PMX	FLV
Myristic (C14:0)	2.10±0.17	2.10	2.10	2.08
Pentadecanoic (C15:0)	0.22±0.01	0.22	0.22	0.19
Palmitic (C16:0)	14.17±0.98	14.17	14.16	13.99
Palmitoleic (C16:1)	3.89±0.01	3.89	3.82	3.85
Stearic (C18:0)	4.62±0.05	4.62	4.53	4.47
ΣSFA	**18.81**	**21.90**	**21.76**	**21.51**
Oleic (C18:1n9c)	31.42±0.03*	39.15	38.86	38.87
ΣMUFA	**40.72**	**46.31**	**46.05**	**46.02**
Linoleic (C18:2n6c)	N/A	18.63	18.95	19.26
ΣPUFA	**19.11**	**23.95**	**24.36**	**24.67**
EPA (C20:5n3)	N/A	1.73	1.69	1.69
DHA (C22:6n3)	N/A	4.73	4.74	4.72
ΣHUFA	**8.79**	**7.84**	**7.83**	**7.79**
n3/n6 ratio	**0.56**	**0.298**	**0.292**	**0.287**
EPA/DHA ratio	**N/A**	**0.366**	**0.357**	**0.358**

Raw Trout values are the mean of two samples. *Value from oil co-fraction (AP) used as reference for the raw material pool.

Inter-Enzyme Consistency (CV%)

The coefficient of variation across the three enzyme treatments remained below 2% for all major fatty acid groups and nutritional indices (Table 2). The most tightly conserved parameter was DHA content (CV% = 0.57%), followed by the n3/n6 ratio (1.08%), ΣHUFA (1.07%), and EPA (1.38%). ΣMUFA showed the lowest variation of all groups (CV% = 0.17%).

Table 2. Coefficient of variation (CV%) of key fatty acid groups and nutritional indices across Alcalase (AP), Protamex (PMX), and Flavourzyme (FLV) treatments.

Fatty Acid Group / Index	CV% (across AP, PMX, FLV)
ΣSFA	0.87%
ΣMUFA	0.17%
ΣPUFA	1.44%
ΣHUFA	1.07%
EPA (C20:5n3)	1.38%
DHA (C22:6n3)	0.57%
n3/n6 ratio	1.08%

DISCUSSION

The MUFA-dominant lipid profile observed in the raw rainbow trout material of the present study is consistent with the characteristic fatty acid composition of farmed *Oncorhynchus mykiss* aquacultured with commercial diets containing vegetable oils. Blanchet, Lucas, Julien, Morin, Gingras and Dewailly [11]. reported that farmed rainbow trout generally exhibit higher MUFA and SFA fractions than their wild counterparts, a pattern attributable to the high oleic acid content of plant-based lipid sources incorporated into modern aquafeeds[11]. Similarly, Öz and Dikel [7] reported that farmed rainbow trout contained lower SFA and higher MUFA and PUFA than wild fish, reflecting the strong dependence of fish lipid composition on dietary feed. The low ΣHUFA (8.79%) and n3/n6 ratio (0.56) observed in the present raw material are consistent with what would be expected in rainbow trout maintained on feeds with partial fish oil replacement by vegetable oils.

The increase in ΣPUFA (from 19.11% in the raw material to 23.95–24.67% in the co-fractions) alongside the concurrent increase in ΣMUFA (from 40.72% to 46.02–46.31%) in the recovered oil co-fractions compared to the raw material is most likely attributable to differential lipid class partitioning during centrifugal separation. As documented in the fish protein hydrolysate literature, the upper oil layer collected after centrifugation is predominantly composed of neutral lipids, primarily triacylglycerols, which are rich in MUFA[12]. Polar lipids associated with membrane structures, which tend to be relatively enriched in PUFA, may be distributed more broadly across fractions, contributing to the observed elevation of ΣPUFA in the oil co-fraction relative to the intact raw material. This selective enrichment behavior during centrifugal separation has been observed in hydrolysate processing and represents an intrinsic characteristic of lipid fractionation rather than a consequence of enzymatic action.

The dietary influence of vegetable oils on omega-3 HUFA content in farmed rainbow trout is well established. Chen, Nguyen, Semmens, Beamer and Jaczynski [6] demonstrated that supplementing rainbow trout diets with flaxseed oil (rich in ALA, C18:3n3) increased total n-3 FA in fillets, but paradoxically reduced EPA and DHA concentrations, suggesting that *O. mykiss* has a limited capacity to efficiently desaturate and elongate ALA to EPA and DHA when dietary n-6 competition is present. Yıldız, Köse, Issa and Kahraman [4]similarly found that total replacement of fish oil with plant oils (sesame, sunflower, or linseed) significantly reduced n-3 HUFA, EPA, and DHA concentrations in rainbow trout fillets compared to controls fed fish oil-based diets.3 In the present study, the EPA (1.69–1.73%) and DHA (4.72–4.74%) values in the oil co-fractions reflect precisely this dietary background, confirming that the omega-3 content of the by-product-derived oil is ultimately a function of the raw materials' intrinsic lipid composition.

The n3/n6 ratio is widely regarded as a key nutritional quality index for lipid-rich food products. Simopoulos [12] highlighted that contemporary Western dietary patterns are associated with n-6/n-3 ratios of approximately 15–17:1, whereas an optimal ratio for cardiovascular and inflammatory disease prevention approaches 1:1.10 In the present study, the n3/n6 ratio of the raw rainbow trout material was 0.56 a value already characteristic of a n-6-skewed profile and decreased further to 0.287–0.298 in the oil co-fractions, likely reflecting the preferential partitioning of linoleic acid-rich neutral lipids into the upper oil phase during centrifugation. Sabetian, Delshad, Moini, Rajabi Islami and Motallebi [8]reported a n-3/n-6 ratio of 2.06 for farmed rainbow trout in Iran, which is notably higher than observed in the present study, suggesting that variation in commercial feed composition and geographic production conditions can meaningfully shift the n-3/n-6 balance in this species.

The principal finding of the present study is that all three commercial proteases, Alcalase, Protamex, and Flavourzyme, produced oil co-fractions with effectively identical fatty acid

profiles, as evidenced by CV% values below 2% for every major fatty acid group and nutritional index measured. This finding strongly indicates that the choice of protease has no meaningful influence on the lipid composition of the recovered oil co-fraction under the applied hydrolysis conditions. This result has practical significance: regardless of which commercial protease is selected for FPH production from rainbow trout by-products, the co-produced oil fraction will display a stable, predictable MUFA-dominant profile with consistent EPA, DHA, ΣHUFA, and n3/n6 values. The fatty acid profile of this co-fraction is thus primarily a function of the raw material composition, and industrial operators need not consider enzyme selection as a variable affecting the lipid quality of the recovered oil.

CONCLUSION

The present study demonstrated that enzymatic hydrolysis of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) by-products using three commercial proteases, Alcalase, Protamex, and Flavourzyme, yielded oil co-fractions with a consistent MUFA-dominant fatty acid profile (46.02–46.31%), driven by oleic acid as the predominant individual fatty acid. EPA and DHA were stably present across all treatments (1.69–1.73% and 4.72–4.74%, respectively). The coefficient of variation across enzyme treatments remained below 2% for all major fatty acid groups and nutritional indices, confirming that protease selection exerts no significant effect on the lipid profile of the co-produced oil fraction. The fatty acid composition of this co-fraction is substrate-dependent rather than enzyme-dependent and reflects the inherent lipid characteristics of farmed rainbow trout produced under Turkish aquaculture conditions. These findings demonstrate the potential of rainbow trout processing by-products as a consistent and predictable source of omega-3-containing lipid co-fractions, regardless of the enzymatic process used to produce protein hydrolysates.

REFERENCES

1. TUİK. Fisheries Statistics. Tuik. 2026.

2. Korkmaz K, Tokur B. Proximate Composition of Three Different Fish (Trout, Anchovy and Whiting) Waste During Catching Season. Üç Farklı Balık Türü (Alabalık, Hamsi ve Mezgit) Atıklarının Avlama Sezonu Boyunca Besin Komposizyonu Bileşimi. *Turkish Journal of Maritime and Marine Sciences*. December 2019;5(2):133-140.

3. Nemati M, Shahosseini SR, Ariaii P. Review of fish protein hydrolysates: production methods, antioxidant and antimicrobial activity and nanoencapsulation. *Food Sci Biotechnol*. Jun 2024;33(8):1789-1803. doi:10.1007/s10068-024-01554-8

4. Yıldız M, Köse İ, Issa G, Kahraman T. Effect of different plant oils on growth performance, fatty acid composition and flesh quality of rainbow trout (Oncorhynchus mykiss). *Aquaculture Research*. 04/01 2014;46doi:10.1111/are.12441

5. Turchini GM, Torstensen BE, Ng W-K. Fish oil replacement in finfish nutrition. *Reviews in Aquaculture*. 2009;1(1):10-57. doi:https://doi.org/10.1111/j.1753-5131.2008.01001.x

6. Chen YC, Nguyen J, Semmens K, Beamer S, Jaczynski J. Enhancement of Omega-3 Fatty Acid Content in Rainbow Trout (Oncorhynchus mykiss) Fillets. *Journal of Food Science*. 2006;71(7):C383-C389. doi:https://doi.org/10.1111/j.1750-3841.2006.00115.x

7. Öz M, Dikel S. Comparison of Body Compositions and Fatty Acid Profiles of Farmed and Wild Rainbow Trout (Oncorhynchus mykiss). *Food Science and Technology*. 11/01 2015;3:56-60. doi:10.13189/fst.2015.030402

8. Sabetian M, Delshad S, Moini S, Rajabi Islami H, Motallebi A. Identification of Fatty Acid Content, Amino Acid Profile and Proximate Composition in Rainbow Trout (Oncorhynchus mykiss). *Journal of American Science*. 01/01 2012;8:670-677.

9. Korkmaz K. *Ticari enzimler kullanılarak farklı balık Türü atıklarından hidrolizat üretimi ve Kalitesinin belirlenmesi*. Ordu University; 2018.

10. Ichihara K, Shibahara A, Yamamoto K, Nakayama T. An improved method for rapid analysis of the fatty acids of glycerolipids. *Lipids*. May 1996;31(5):535-9. doi:10.1007/bf02522648

11. Blanchet C, Lucas M, Julien P, Morin R, Gingras S, Dewailly E. Fatty acid composition of wild and farmed Atlantic salmon (Salmo salar) and rainbow trout (Oncorhynchus mykiss). *Lipids*. May 2005;40(5):529-31. doi:10.1007/s11745-005-1414-0

12. Simopoulos AP. The importance of the ratio of omega-6/omega-3 essential fatty acids. *Biomed Pharmacother*. Oct 2002;56(8):365-79. doi:10.1016/s0753-3322(02)00253-6

AN UNKNOWN SUFI FROM ORDU: MÜDERRİS SÜLEYMAN SÂMÎ (ÖZCAN) EFENDİ AND HIS WORK TITLED REHBERÜ'T-TÂLİBÎN

ORDULU BİLİNMEYEN BİR SÛFÎ: MÜDERRİS SÜLEYMAN SÂMÎ (ÖZCAN) EFENDİ VE REHBERÜ'T-TÂLİBÎN ADLI ESERİ

Prof. Dr. Selami ŞİMŞEK

Gümüşhane Üniversitesi, İlahiyat Fakültesi, Temel İslam Bilimleri Bölümü

ORCID NO: 0000-0003-4417-1883

ÖZET

Ordu yöresinde Nakşibendiyye, Kâdiriyye, Halvetiyye gibi İslam dünyasında oldukça yaygın olan tarikatların faaliyette bulundukları bilinmektedir. Yörede Nakşibendiyye'nin Hâlidiyye kolundan Ahmed Ziyâüddin Gümüşhânevî (ö. 1311/1894)'nin halifelerinden Ünyeli Yusuf Bahri Efendi (ö. 1340/1922)'den başka bugüne kadar üzerinde pek durulmayan, bilinmeyen bir başka Nakşibendiyye'nin Müceddidiyye kolu şeyhlerinden Ahmed Hüsameddin Dağıstânî (ö. 1343/1925)'nin halifelerinden ve aynı zamanda müderris olan Süleyman Sâmî (Özcan) Efendi vardır. Süleyman Sâmî Efendi, Ordu ilinin Fatsa ilçesinde dünyaya gelmiştir. Hayatı hakkındaki bilgilerimiz oldukça sınırlıdır. İyi bir medrese öğrenimi gördüğü belirtilen Süleyman Sâmî Efendi, tahsilini İstanbul'da tamamlamıştır. Bu tahsilinden sonra memleketine dönen Süleyman Sâmî Efendi, irşad ve ilmî faaliyetlerini aralıksız olarak 1936'lı yıllarda olduğu tahmin olunan vefatına kadar sürdürmüştür. Onun Fatsa ilçesinde uzun yıllar medresede ders okuttuğu da belirtilmektedir. İlim yolundan başka irfan yoluna da meyleden ve bu yolda büyük bir ihtimalle İstanbul'daki öğrenimi esnasında tanıştığı Nakşî-Müceddidî şeyhi Ahmed Hüsameddin Efendi'ye bağlanan ve ondan tasavvufî terbiye gören Süleyman Sâmî Efendi, mezkur ilçesinde, çevredeki beldelerde mezkur tarikatın yayılmasını da sağlamıştır. Nitekim kendisinden sonra yolunu, haklarında fazla bilgi bulamadığımız Müderris Abdullah Efendi, Arslan Efendi, Ahmet Derviş, Murat Derviş, Ahmet Efendi ve Avni Efendi gibi zatların devam ettirdiği kaydedilmektedir. Süleyman Sâmî Efendi'nin ilim, irfan, irşat hizmetlerinden başka küçük bir risale olarak da nitelendirebileceğimiz *Rehberü't-Tâlibîn* adlı bir eser de kaleme almıştır. O, 1343 (1924-25) yılında İstanbul'da Hâşim Matbaası'nda basılan eserinde, hatm-i hâcegânın yapılış şekline, Nakşibendiyye'nin on bir esasına, zikir usullerine, Ehl-i Beyt silsilesine, Nakşibendiyyesi silsilesine, Ahmed Hüsameddin Dağıstânî'nin bazı şiirleri ile kendisinin adı geçen mürşidine karşı aşk ve muhabbet nümunesi niteliğindeki şiirine yer verilmiştir. Çalışmamızda bugüne kadar üzerinde herhangi bir akademik çalışma yapılmamış olan Ordulu Süleyman Sâmî (Özcan) Efendi'nin hayatı hakkındaki bilgilerden başka *Rehberü't-Tâlibîn* adlı eseri çeviriyazılı metin olarak sunulmuştur.

Anahtar kelimeler: Ordu, Tasavvuf, Tarikatlar, Nakşibendiyye, Süleyman Sâmî (Özcan) Efendi

ABSTRACT

It is known that Sufi orders such as the Naqshbandiyya, Qadiriyya, and Halvetiyya, which are quite widespread in the Islamic world, were active in the Ordu region. Besides Yusuf Bahri Efendi of Ünye (d. 1340/1922), a successor of Ahmed Ziyâüddin Gümüşhânevî (d. 1311/1894) from the Khalidiyya branch of the Naqshbandiyya, there is another lesser-known figure in the

region, Süleyman Sâmî (Özcan) Efendi, a successor of Ahmed Hüsameddin Dağıstânî (d. 1343/1925), a sheikh of the Mujaddidiyya branch of the Naqshbandiyya, who was also a professor. Süleyman Sâmî Efendi was born in the Kardeşler neighborhood – formerly known as Sevdeşlü – which is now part of the Ulubey district of Ordu province. His father was Hüseyin Efendi from the Boduroğulları family. It is stated that this dynasty came from Central Asia and settled here. Süleyman Sâmî Efendi, who is said to have received a good madrasa education, completed his studies in Istanbul. After this education, Süleyman Sâmî Efendi returned to his hometown and continued his guidance and scholarly activities uninterruptedly until his death, which is estimated to have occurred in the 1936s. It is also reported that he taught in madrasas for many years in Bolaman, which is now a neighborhood of Fatsa district. Süleyman Sâmî Efendi, who inclined not only towards the path of knowledge but also towards the path of wisdom, and who most likely became affiliated with the Naqshbandi-Mujaddidi sheikh Ahmed Hüsameddin Efendi, whom he met during his studies in Istanbul, and received Sufi guidance from him, ensured the spread of this order in his aforementioned neighborhood and surrounding towns. Indeed, it is recorded that his path was continued by figures such as Müderris Abdullah Efendi, Arslan Efendi, Ahmet Derviş, Murat Derviş, Ahmet Efendi, and Avni Efendi, about whom little information is available. In addition to his services in knowledge, wisdom, and guidance, Süleyman Sâmî Efendi also authored a work called Rehberü't-Tâlibîn, which can be described as a small treatise. In his work, printed in Istanbul in 1343 (1924-25) by the Hâşim Printing House, he included information on the method of performing the Khatm-i Khacegan, the eleven principles of the Naqshbandiyya order, methods of dhikr, the lineage of the Ahl al-Bayt, the Naqshbandiyya lineage, some poems of Ahmed Hüsameddin Dağıstânî, and his own poem expressing love and affection for his aforementioned spiritual guide. In addition to information about the life of Süleyman Sâmî (Özcan) Efendi of Ordu, on whom no academic study has been conducted to date, our study also presents a transcribed version of his work, Rehberü't-Tâlibîn

Key words: Ordu, Sufism, Religious Orders, Naqshbandiyya, Suleyman Sami (Özcan) Efendi

GİRİŞ

Dünden bugüne Doğu Karadeniz bölgesinde Nakşibendiyye başta olmak üzere Bektâşiyye, Kâdiriyye ve Halvetiyye gibi İslam ve Türk dünyasında oldukça yaygın olan tarikatların etkili olduğunu biliyoruz. Hemen ifade edelim ki Karadeniz bölgesinde tasavvuf ve tarikatlar umumiyetle faaliyetlerini **medrese eğitimiyle içiçe sürdürmüşlerdir.** Nitekim bölgede etkili olmuş şeyhlerin hayatına bir göz attığımızda onların büyük bir kısmının aynı zamanda güçlü birer âlim, müderris ve sûfî olduklarını görürüz.

Kırsal kesimlerde kurulmuş tekkelerin de hem dinî eğitim, hem sosyal dayanışma merkezleri olarak faaliyet gösterdiğini ayrıca zikretmek gerekir. Ordu merkezde Orta Câmii yakınlarındaki Hazinedarzâde Osman Paşa tarafından yaptırılan, daha sonra Kâdirî Tekkesi olarak kullanılan ve Osman Paşa Medresesi olarak da meşhur eğitim yuvasını buna örnek olarak verebiliriz (Durma, 2014).

Esasen "Karadeniz'de Hoca Olmak" tabirinin içerisinde hem dinî ilimlere hem de tasavvufi terbiyeye sahip bir kişiliğin yattığını söylemek gerekir. Son devir Nakşibendî-Hâlidî şeyhlerinden Ahmed Ziyâüddin Gümüşhânevî (ö. 1311/1894)'nin halifelerinden Ünyeli Yusuf Bahri Efendi (ö. 1340/1922), Giresunlu Müftüzâde Hâfız Mehmed Tâlib Efendi (ö. 1300/1883?), Oflu Yûsuf Şevki Efendi (ö. 1321/1903), Rizeli Osman Niyâzi Efendi (ö. 1327/1909) (N. Yılmaz, 2020; A. Yılmaz-Fatsa, 2023) ve Kâdiriyye tarikatı şeyhlerinden Müderris Hacı Hulûsî (Erer) Efendi (ö. 1936) bunlardan ilk akla gelenlerdir

İşte böylesi şeyhlerden birisi de Ordu'nın Fatsa ilçesinde faaliyet göstermiş olan Süleyman Sâmî (Özcan) Efendi'dir. Şimdi onu, hayatı, eserleri hakkında bilgi vererek biraz daha yakından tanıyalım, akabinde *Rehberü't-Tâlibîn* adlı eserinin Latin harfli çeviri yazılı metnini sunalım.

HAYATI

Süleyman Sâmî Efendi'nin hayatı ve eserleri hakkındaki bilgilerimiz oldukça sınılıdır. Ancak başta kendisinin kaleme almış olduğu *Rehberü't-Tâlibîn* adlı eser olmak üzere Hüseyin Vassâf Efendi'nin *Sefîne-i Evliyâ* adlı eseri, Fevzi Güvemli tarafından hazırlanan *Bir Zamanlar Ordu (Anılar)* ile *Doğu Karadeniz ve Ordu* adlı eserleri ve *Karadeniz Ekspres* gazetesinde 01.11.2020 tarihinde yayımlanan yazıya dayanmaktadır.

Doğum Yeri ve Tarihi

Süleyman Sâmî Efendi'nin doğum yeri ve tarihi ile ilgili olarak kaynaklarda kesin bir bilgi yoktur. Ancak kendisinin mezkur eserinde "Ordulu" olduğunu yazdığını (Sâmî, 1343), Hüseyin Vassâf Efendi'nin *Sefîne*'sinde onu Fatsalı olarak gösterdiğini biliyoruz (Vassâf, 2006). Güvemli'ye göre ise Sâmî Efendi, Fatsa'nın Kabakdağı mahallesi Gürcülerindendir (Güvemli, 2017).

Adı ve Mahlası

Süleyman Sâmî Efendi'nin adı kendi eserinde "Ordulu Süleyman Sâmî", Hüseyin Vassâf Efendi'nin eserinin bir yerinde "Müderris Süleyman Efendi" ve diğer yerinde "Süleyman Sâmî Efendi" şeklinde geçerken *Karadeniz Ekspres* gazetesinde "Süleyman Sami Özcan" şeklinde verilmiştir. Biz bu bilgilerden yola çıkarak onun asıl adının "Süleyman Sâmî" ve soyadını kanunu müteakip ise "Özcan" soyadını aldığını söyleyebiliriz.

Âilesi ve Tahsili

Süleyman Sâmî Efendi'nin âilesi ve tahsili hakkındaki bilgilerimiz de oldukça kısıtlıdır. Onun ilk tahsilini Fatsa'da, ileri tahsilini ise İstanbul'da yaptığını tahmin etmekteyiz. Zira Hüseyin Vassâf Efendi söz konusu eserinde onu, "Müderris Süleyman Efendi" şeklinde Ahmed Hüsâmeddin Dağıstânî (ö. 1343/1925)'nin halifelerinden olduğunu zikretmiştir (Vassâf, 2006). Bu bilgi bize Sâmî Efendi'nin İstanbul'da mürşidinden hem medrese tahsili ve hemde tekke terbiyesi gördüğüne dair ipucu sunmaktadır.

Müderrisliği ve Talebeleri

Süleyman Sâmî Efendi'nin müderrisliğine ve talebe yetiştirdiğine dair bilgileri Hüseyin Vassâf Efendi'nin *Sefîne*'si (Vassâf, 2006) ile *Karadeniz Ekspres* gazetesinde yer alan haberden öğreniyoruz. Bunlarda yer alan bilgilere göre Süleyman Sâmî Efendi müderris olup, Müderris Abdullah Efendi, Arslan Efendi, Ahmet Derviş, Murat Derviş, Ahmet Efendi ve Avni Efendi adında talebeler yetiştirmiştir.

Burada şu hususu da zikretmeden geçemeyeceğiz ki Fatsa ve Bolaman civarında otuz sekiz sene kadar müderrislik yapmış olan, aslen Ulubey'in Kardeşler (Sevdeş) mahallesinden Bodurzâde Süleyman Efendi adında, "Günay" soyadını taşıyan ve 1934'lü yıllarda vefat ettiği belirtilen bir müderris daha tespit ettik (Çebi, 1995; Günay, 2022). Bu zâtın tebliğimize konu olan Süleyman Sâmî Efendi ile aynı zat olup olmadığını epeyce araştırtık. Neticede bu iki zatın aynı ismi taşıyan farklı iki şahsiyetler olduğu kanaatine vardık.

Tarikatı, Mürşidi, Silsilesi ve İrşad Faaliyetleri

Süleyman Efendi, Nakşibendiyye tarikatının Müceddidiyye ve Hâlidiyye kollarına mensup bir sûfîdir. Onun söz konusu yollara ne zaman girdiği hakkında bir bilgi olmamakla birlikte, bu durum büyük bir ihtimalle İstanbul'daki tahsili sırasında gerçekleşmiştir. Şöyle ki kendisinin mezkur eserinde ve Hüseyin Vassâf Efendi'nin *Sefîne*'sinde mürşidinin Nakşî-Müceddidî şeyhi

Seyyid Ahmed Hüsâmeddin Dağıstânî olduğu ve ondan hilafet aldığı belirtilmektedir (Sâmî, 1343; Vassâf, 2006). Zira Hüsâmeddin Efendi'nin hayatına baktığımızda o, aslen Dağıstan'ın Tabasaran'a bağlı Rükkâl şehrinden olmakla ve Mekke, Denizli, Ankara, Bursa, Trablusgarp gibi şehirlerde eğitim-öğretim, irşad, hocalık ve mürşidlik gibi çeşitli vesilelerle bulunmakla birlikte hayatının büyük bir kısmı İstanbul'da geçmiş, burada da aynı şekilde talebe yetiştirmiş, irşad hizmetlerinde bulunmuştur. 2 Nisan 1925 tarihinde Cerrahpaşa'daki evinde vefat etmiş, Fatih Câmii'nde kılınan cenaze namazını müteakip Edirnekapı Mezarlığı'na defnolunmuştur. Kabri, 1971'deki çevre yolu düzenlemesi dolayısıyla Silivrikapı Kozlu Mezarlığı'ndaki aile kabristanındadır (Alptekin, 1989; Alptekin, 2007; Alkan, 2024).

Süleyman Sâmî Efendi, *Rehberü't-Tâlibîn* adlı eserinde mürşidi Ahmed Hüsâmeddin Dağıstâni'yi şu ifadelerle tanıtmıştır: "Sâdât-ı Hüseyniyye'den Şeyh Seyyid Ahmed Hüsâmüddin Efendi Hazretleri", "Mürşidimiz Seyyid Ahmed Hüsâmeddin Efendimiz Hazretleri", "Seyyidimiz Efendimiz Hazretleri", "Hazret-i Seyyidimiz Şeyh Hüsâmüddin", "Seyyid Efendimiz Hazretleri", "Seyyidimiz Efendimiz Hazretleri" (Sâmî, 1343). Bu ifadelerden de anlaşılacağı üzere Ahmed Hüsâmeddin Efendi, Süleyman Efendi'nin büyüğü, mürşidi ve efendisi olup, aynı zamanda Hz. Peygamber'in Kerbela'da şehit edilen torunu Hz. Hüseyin'in soyundan gelmekte olup seyyiddir.

Süleyman Sâmî Efendi'nin tarikat silsilesine geçmezden önce mürşidi Ahmed Hüsâmeddin Efendi'nin silsilesi üzerinde kısaca durmak istiyoruz. Çünkü mürşidinin silsilesi onun da silsilesi durumundadır. Hüsâmeddin Efendi, gerek ilk mürşidi babası Muhammed Said Rukkâlî (ö. 1286/1879)'den Nakşbendî-Müceddidî, gerekse babasının vefatından sonra Mekke'de iken Şeyh Halil Hamdi Dağıstanî (ö. 1313/1896)'ye bağlanarak Nakşibendî-Hâlidî terbiye görmesi dolayısıyla Nakşibendiyye'nin hem Müceddidiyye, hem de Hâlidiyye kolundandır (Alkan, 2015). Bu sebeple Süleyman Sâmî Efendi de hem Nakşî-Müceddidî hem de Nakşî-Hâlidî'dir. O, *Rehberü't-Tâlibîn* adlı eserinde babası vasıtasıyla Hz. Ali'ye ulaşan silsilesini şu şekilde vermiştir: Ahmed Hüsâmeddin Efendi → Sadullah Rükkâlî → Abdullah Dehlevî → Mazhar-ı Cân-ı Cânân → Nûr Muhammed Bedeûnî → Seyfeddin Serhendî → Muhammed Mâsum Serhendî → İmâm-ı Rabbânî Ahmed Serhendî → Muhammed Bâkibillâh → Hâcegî İmkenegî → Muhammed İmkenegî → Muhammed Zâhid → Ubeydullah Ahrâr → Yâkub Çerhî → Alâeddin Attâr → Muhammed Bahâüddin Nakşibend → Seyyid Emir Külâl → Muhammed Baba Semmasî → Ali Râmitenî → Mahmud Encirfagnevî → Ârif Rivgerî → Abdulhâlik Gucdüvânî → Yûsuf Hemedânî → Ebu'l-Hasan Harakânî → Bâyezîd Bistâmî → Câfer Sâdık → Muhammed Bâkır → Zeynelâbidin → Hz. Hüseyin → Hz. Ali → Hz. Peygamber (Sâmî, 1343; Vassâf, 2006).

Süleyman Sâmî Efendi'nin tarikat faaliyetleriyle ilgili bazı bilgileri de Fevzi Güvemli'nin anılarından öğreniyoruz:

"Fatsa'da yöneticilik yaptığım günlerden bir olayı da anlatmadan geçemeyeceğim. Kabakdağı yöresinden Fatsa'ya gelme bir Süleyman Efendi vardı. El altından tarikatçılık yürüttüğü söyleniyordu. Valiliğe yazdım, kovuşturma için emir geldi. 1936 yılının başlarıydı. Bir akşam, Savcı Nafi Ziya Başak'la evini bastık, aradık. Sandığın dibinde mektuplar bulduk ki, Sivas'ta bulunan kimi kişilere bu işe değin yazmıştı. Kendisi o gün Kabakdağı'ndaymış. Gönderdiğimiz jandarmalar yakalayıp getirdi. Karakolda sorguya çektik. Nafi Bey not alıyordu. Mektupları gösterince inkârdan vazgeçti. Hakkında düzenlediğimiz evrakla Valiliğe gönderdik. Bir süre sonra salıverildi. Sonraları çalışma alanını genişletti bu adam. Ordu sınırını aştı" (Güvemli, 1999).

Güvemli, *Doğu Karadeniz ve Ordu* adlı eserinde bu hadiseyi biraz daha ayrıntılı olarak özellikle Süleyman Efendi'nin mürşidi Ahmed Hüsâmeddin Efendi'nin ismini de zikrederek anlatır ki şöyledir: "…Evet bir zamanlar bu tarikatta çalışıyormuş ama İstanbul'daki şeyhleri Hüsamettin

Efendi'nin ölümünden sonra tarikat sönmüş. Sonra tarikatının akidesini ve ayin usullerini anlattı. Hakkında düzenlediğimiz evrakla valiliğe gönderdik, bir süre sonra adliye serbest bıraktı. Sonraları çalışma alanını genişletti bu adam. Ordu sınırını aştı." (Givemli, 2017).

Yukarıdaki bilgilerden de anlaşılacağı üzere 1936 yılı başlarında Fatsa'nın o dönemdeki kaymakam vekili olan Fevzi Güvemli, Nakşibendî şeyhi Süleyman Efendi'nin ilçedeki tarikat faaliyetlerinden haberdar olarak bunu irticai bir faaliyet olarak görmüştür. Savcıyı da yanına alarak evini basmış, aramalar neticesinde Sivas'taki mürit yahut talebelerine hitaben yazdığı mektuplar bulunmuştur. Onun Fatsa'ya 8 kilometre uzaklıktaki doğduğu köy olan Kabakdağı'nda olması hasebiyle jandarma vasıtasıyla göz altına alınarak karakola getirilmiş, sorgulmalar neticesinde hazırlanan rapor Valiliğe gönderilmiş ve bir süre sonra ise serbest bırakılmıştır. Süleyman Efendi bu hadiseden sonra faaliyetlerini Ordu'nun dışına da taşıyarak genişletmiştir.

Vefat Tarihi ve Yeri

Süleyman Sâmî Efendi'nin vefat tarihi ve yeri hakkında kaynaklarda herhangi bir bilgiye ulaşamadık. Güvemli'nin anılarından onun 1936 yılı başlarında hayatta olduğunu çıkarmak mümkündür (Güvemli, 1999). Bundan dolayı onun 1936 yahut bu yıldan sonraki bir tarihte Fatsa'da bekâ yurduna göç ettiğini tahmin etmekteyiz. Kabrinin burada olması ihtimal dahilindedir.

Şâirliği

Süleyman Sâmî Efendi'nin şâirliği hakkında kaynaklarda herhangi bir bilgiye rastlayamadık. Ancak *Rehberü't-Tâlibîn* adlı eserinin sonunda mürşidi Ahmed Hüsâmeddn Dağıstânî'ye duyduğu aşk ve muhabbetin bir neticesi olarak kaleme aldığı, "Zikrim Allâh aşkım Allâh" diye başlayan ve "Gel diyelim dâim Allâh/ Allâh Allâh Allâh Allâh/ Allâh Allâh Allâh Allâh" nakaratlı olan bir ilahisinin olduğunu görüyoruz. Bu ilâhiden yola çıkarak onun hece vezninde sade dille bir şiiri olduğunu, dolayısıyla onun müelliflik yönünden başka şâirlik yönünün de bulunduğunu söyleyebiliriz. Hemen ifade edelim ki Süleyman Sâmî Efendi şiirinde herhangi bir mahlas kullanmamıştır. Bu durum da onun şiirle çok meşgul olmadığını, yeri geldikçe bazen şiirler söylediğini göstermektedir (Sâmî, 1343).

Eserleri

Yine kaynaklarda Süleyman Sâmî Efendi'nin bir eseri olup olmadığı hakkında bir bilgiye rastlayamadık. Biz bir vesile ile İslam Araştırmaları Merkezi (İSAM) Kütüphanesi'nin internet sitesi üzerinden Osmanlı Türkçesi eserler kısmından tarama yaparken onun *Rehberü't-Tâlibîn* adlı eserine denk geldik. Eserin iç kapak sayfasında bu kütüphaneye gazeteci-yazar rahmetli M. Şevket Eygi tarafından bağışlandığına dair bilgi kaşesi de vardır. Eserin yazma veya matbu başka nüshalarıın olup olmadığını da ülkemiz kütüphanelerinin kataloglarından çevrimiçi olarak taradık. Yine onun mezkur eserinden başka bir eserine tesadüf edemedik. Eserin İstanbul Büyükşehir Belediyesi Kütüphanesi Atatürk Kitaplığı'nda, biri OE TK 01803 ve diğeri OE TK 02257'de kayıtlı matbu nüshalarını gördük. Dolayısıyla Süleyman Sâmî Efendi'nin elimizdeki yegane eseri şimdilik *Rehberü't-Tâlibîn*'dir diyebiliriz.

REHBERÜ'T-TÂLİBÎN ADLI ESERİ

Nüsha Tavsifi ve Muhtevası

1343 (1924-25) yılında İstanbul'da Hâşim Matbaası'nda basılan eser 14 sayfadan müteşekkildir. Osmanlı Türkçesi ile kaleme alınmıştır. İçerisinde âyet ve hadisler dolayısıyla bazı Arapça ibarelerin yanında bazı şiirler vesilesiyle de Farsça beyitler bulunmaktadır. Eser, "İfade" başlığı altında bir mukaddime/önsöz ile başlamaktadır. Burada Süleyman Sâmî Efendi, Allah hamd ve Hz. Peygameber'e, Ehl-i Beyt ve Ashâb-ı Kirâm'ına salât ve selâmdan sonra

eserini telif sebebini açıklamıştır. O, eserini iki cihanda selamet ve kurtuluşa vesile olan yüce tarikatın kendisine bahşedeceği kâmil bir saadetten bütün müslümanların da istifade etmesi için kaleme almıştır. Eserde tarikat adap ve erkânına dair kısa bilgiler mevcuttur. Ona göre Hz. Peygamber'e gerçek anlamda ümmet olmanın yolu, Muhammed Mustafa'ya söz ve fiilleriyle hakkıyla uyan kâmil mürşitlere bağlanmaktan geçmektedir.

Süleyman Efendi, bu bilgilerden sonra Nakşibendîlik yolunda uygulanan, "Hatm-i Hâcegân" diye meşhur zikir usulüne "Hatm-i Şerif" başlığı altında değinerek nasıl ve hangi vakitlerde yapılacağını anlatmıştır. Akabinde "İştiğâl-i Zikir" başlığı altında müridin nasıl zikir yapacağı üzerinde durmuş, bunu da müteakip Ehl-i Beyt'in beş vakit namazdan sonra okudukları ve mürşidi Ahmed Hüsâmeddin Dağıstânî'nin tarikat ehline okumaları için izin verdiği Hatm-i Kübrâ-yı Ca'ferî'ye yer vermiştir.

Bunlardan sonraki kısımlar ise bütünüyle manzum olup sadece son sayfada yer alan takriz mensurdur. Ehl-i Beyt'in ve mürşidi Ahmed Hüsâmeddin Dağıstânî'nin Nakşibendîlik silsilesiyle başlayan manzumelerini, sırasıyla mürşidinin üç şiiri, mürşidine hürmet maksadıyla tarikat ihvanından Said Efendi'nin kaleme aldığı bir müseddesi, kendisinin mürşidine duyduğu aşk ve şevkten dolayı yazdığı bir ilahisi, *Sefîne-i Evliyâ* adlı eseriyle meşhur Hüseyin Vassâf Efendi'nin mürşidi için yazdığı methiye ve mürşidinin Seyyid Ali Rıza (ö. 1930) ile Seyyid Muhammed İsmetullah (ö. 1952) adındaki oğulları tarafından mezkur eseri kaleme alması dolayısıyla kendisine takdir, teşekkür ve tebrikleri içeren takriz yazısı takip etmiştir.

Süleyman Sâmî Efendi'nin bu küçük risalesini mürşidi Ahmed Hüsâmeddin Efendi'nin eserlerinden, özellikle onun *Zübdetü'l-Merâtib* adlı eserinden derleyerek hazırladığını da burada zikretmek gerekir. Zira söz konusu eserde Sâmî Efendi'nin manzum olarak eserine aldığı silsileler ile mürşidinin şiirleri de mevcuttur (Bk. Kutluca, 2010).

Sâmî Efendi'nin eserinde ayrıca son devir tasavvuf tarihçilerinden ve mutasavvıf şâirlerinden Hüseyin Vassâf Efendi'nin *Sefîne-i Evliyâ* adlı meşhur sûfi biyografilerini içeren eserine atıfta bulunarak mürşidi için yazdığı methiyeyi iktibas etmesi, onun bu eserden de yararlandığını göstermektedir (Sâmî, 1343). Aynı şekilde Hüseyin Vassâf Efendi'nin mezkur eserinin ikinci cildinde Ahmed Hüsâmeddin Efendi ve halifelerine dair kısımda Sâmî Efendi'nin *Rehberü't-Tâlibîn* adlı eserine atıfta bulunmuştur. Nitekim Vassâf Efendi eserinde, "Şeyh-i müşârün ileyhin hulefâsından Süleymân Sâmî Efendi Rehber-i Talibîn nâm eserinde azîzin Türkçe na't ve nutuklarını derc etmiştir." ifadelerine yer vererek eser içerisinde yer alan Dağıstânî'nin birkaç nutkunu iktibasta bulunmuştur (Vassâf, 2006). Bu durum da Vassâf'ın Sâmî Efendi'nin eserini görüp yararlandığını ortaya koymaktadır.

Rehberü't-Tâlibîn'in Çeviri Yazılı Metni

İfade

Elhamdüllillâhi Rabbi'l-âlemîn. Ve's-salâtu ve's-selâmu alâ resûlinâ Muhammedin ve âlihi ve sahbihi ecmaîn. İki cihânda sebeb-i necât ve selâmetimiz olan tarîkat-i aliyyenin bize bahş edeceği sa'âdet-i kâmileden umûm ihvân-ı dinin hissemend olması içün âdâb ve erkânı hakkında bir nebze ma'lûmât i'tâsını kendime şerefli bir hidmet telakki ederek şu risâleyi tahrîre mübâşeret ettim. Ve minellâhi't-tevfîk ve'l-hidâye.

Sâdât-ı Hüseyniyye'den Şeyh Seyyid Ahmed Hüsâmüddin Efendi Hazretlerinin hulefâsından Süleymân Sâmî.

(s. 2)

Rehberi't-Tâlibîn

Eûzü billâhi mine'ş-şeytâni'r-racîm

Bismillâhi'r-rahmâni'r-rahîm

Peygamberimiz Hazret-i Muhammed Mustafa sallallâhu aleyhi ve sellem Efendimiz Hazretleri ümmetine dâreynde mûcib-i şeref ve sa'âdet olacak esâsât-ı diniyyeyi irâe ve beyân buyurmuşlardır. Bu esâsâtın mâhiyyet ve hakâyıkını ise bize bildirecek ancak mürşid-i kâmildir ki kavlen ve fi'len dâimâ siret-i peygamberî üzere hareket eder. Ve kendisine nisbet ve râbıtası olanları menhec-i şerî'atda meslek-i tarîkat ile menzil-i ma'rifet ve hakîkate ulaştırır. Peygamberimizin isr-i şerîfine bi-hakkın iktifâ eden sâdât-ı kirâma nisbet ve râbıtanın sıhhati işte bu hikmete müsteneddir.

(s. 3)

Hatm-i Şerîf

Ser-halkadan mâ-adâ yed-i ihvânın ictimâı hâlinde cum'a ve isneyn geceleri veyâhud cum'a günleri namâ akabinde hatm-i kübrâ cehren kıraat olunduktan sonra halka teşkil edilerek ber-vech-i âtî hatm-i şerîf kıraat olunur.

Evvelâ ser-halka eûzü besmeleden sonra "Yâ eyyühellezîne âmenu's-birû ve sâbirû ve râbitû vettakullâh le'alleküm tuflihûn" (Âl-i İmrân, 3/200) âyet-i celîlesini cehren kıraat eder. halkada olan zevât râbıta ve istiğfârla iştigâl ederler. Ser-halkanın sol tarafına oturan zât hatm-i şerîf taşlarından on adet ihlâs-ı şerîf taşlarını tefrik ederek ser-halkanın önüne kor. Diğer yüz adet küçük taşlardan yirmi bir adedini tefrik ederek yetmiş dokuz adedini cemâate mümkün mertebe mütesâviyen tevzi' eder.

Cemâat yediden fazla olduğu sûretde sağdan yedi zât bir fâtiha-i şerîf okur. Sonra tevzi' olunan yetmiş dokuz adet hatim taşı mikdarınca salavât-ı şerîfe kezâ yetmiş dokuz sûre-i inşirâh okunur. Ba'dehu evvelce ayrılan yirmi bir taş **(s. 4)** dahi cemâate tevzi' olunur. Ve bin adet ihlâs-ı şerîf okunur. Hitâmında soldan yedi zât fâtiha-i şerîfeyi kırâat eder. ve yüz adet salavât-ı şerîfe kırâatiyle hatm-i şerîfe nihâyet verilir. Ser-halka hatm-i şerîf duâsını okuduktan sonra aşr-ı şerîf ile silsile-i tarîkat tilâvet olunur.

Ehl-i tarîkin bilmesi lâzım gelen şeylerden birincisi:

Vukûf-ı kalbdir ki bu da kalbin mahallini ve şeklini bilmektir. Kalb, sol memenin iki parmak altında ve çam kozalağı şeklindedir.

İkincisi: Vukûf-ı nisbet ve râbıtadır. "Yâ eyyühellezîne âmenu's-birû ve sâbirû ve râbitû vettakullâh le'alleküm tuflihûn" (Âl-i İmrân, 3/200) âyet-i celîlesiyle mir buyurulan râbıta ancak haseben ve neseben Hazret-i Resûlullâha nisbet-i sahîhası olan evlâd-ı peygamberden bir mürşid-i kâmil vasıtasıyla kalben peydâ-yı irtibat etmekten ibarettir. İşbu irtibâtı peydâ eden zât evvelâ feyz-i İlâhî'nin Hazret-i Resûl-i Ekrem'e ve ondan şeyhinin kalbine ve şeyhinden kendi kalbine âdetâ güneşin **(s. 5)** âyineden âyineye aksettiği gibi vârid olduğunu ve bu nûrun in'ikâsını basîret gözüyle gördüğünü tefekkür ve mülâhaza eyler.

Üçüncüsü: Vukûf-ı zikirdir ki şeyhinin nefesiyle bir nev' hayât-ı ma'nevî bulan kalbin (Allâh Allâh) diye zikrettiğini ve bunu basîret kulağıyla işitdiğini mülâhaza eder.

İştiğâl-i Zikir

Zikir ile iştiğâli murâd eden zât tecdîd-i vuzû ederek iki rekat salât-ı vuzû kıldıktan sonra kıbleye müteveccihen oturur. Yirmi kere "estağfirullâh el-azîm", bir kere fâtihâ-i şerîfe, on beş kere Peygamberimize salvât-ı şerîfe, üç kere ihlâs-ı şerîf kırâat eder. Ba'dehu yukarıda tarif ve beyân olunan vukûf-ı kalb vukûf-ı nisbet ve râbıta ve vukûf-ı zikir ahkâmına tevfîkan Allâh Allâh) lafza-i celâline huzûrunun devâmı müddetince kalben zikre müdâvemet eder. işbu tesbîhin tefriken her yüz başında bir kere "İlâhî ente maksûdî ve rızâke matlûbî" der. Zikrin adedi beş yüzden beş bine kadar ise de bervech-i meşrûh huzûr şartdır. **(s. 6)**

Zikirden fârig olduğu vakit kezâ bidâyet-i zikirde olduğu gibi bir kere fâtiha, on beş kere salavât-ı şerîfe, on üç kere ihlâs-ı şerîf kırâat eder. Ve hâsıl olan ecir ve sevâbı sâdât-ı tarîkat ervâhına ihdâ eder.

Hânedân-ı Ehl-i Beyt'in Beş Vakit Namâzdan sonra Kırâat Eyledikleri ve Mürşidimiz Seyyid Ahmed Hüsâmeddin Efendimiz Hazretlerinin Müntesibînine Kırâatına Mezûniyyet-bahş Buyurdukları Hatm-i Kübrâ-yı Ca'feriyyedir

Bismillâhi'r-rahmâni'r-rahîm

Yâ eyyühellezîne âmenu'r-te'û ret'an kemâ rate'a'r-râti'ûn-1 defa

Subhânellâhi velhamdü lillâhi ve lâilâhe illallâhu vallâhu ekber-10 defa

Lâhavle velâ kuvvete illâ billâhi'l-aliyyi'l-azîm-1 defa

Eûzü billâhi's-semî'i'l-alîmi mine'ş-şeytâni'r-racîm-1 defa

İnnellâhe vemelâiketehu yusallûne ale'n-nebiyyi yâ eyyühellezîne âmenû sallû aleyhi ve sellimû teslîmâ-1 defa

Allâhümme salli ve sellim ve bârik alâ Seyyidina Muhammedin ve Âli Seyyidinâ Muhammedin bi-adedi halkike ve rızâi nefsike ve zinete arşike ve midâde kelimâtike yâ erhame'r-râhimîn-10 defa **(s. 7)**

Veyâ ekreme'l-ekremîn salli ve sellim ve bârik alâ cemî'i'l-enbiyâyi ve'l-evliyâyi ve'şühedâi ve's-sâlihîn ve selâmun ale'l-mürselîn ve'l-hamdü lillâhi Rabbi'l-âlemîn. Seyyid-i Kâinât Hazret-i Muhammed Mustafa râ salavât. Salavât-ı şerife. 1 defa

Yâ eyyühellezîne âmenû hellilû tehlîlen kemâ hellele'l-mühellilûne fe'lem ennehu-1 defa

Lâilâhe ilallallâh Lâilâhe ilallallâh-10 defa

Muhammedün Resûlullâh Seyyidü'l-Kâinât aleyhi efdalu's-salavât. Salavât-ı şerife. 1 defa

Yâ eyyühellezîne âmenû kebbirû tekbîrân kema kebbera'l-mükebbirûn-1 defa

Allâhu Ekber Allâhu Ekber Lâilâhe ilallallâhu Vallâhu Ekber Allâhu Ekber ve lillâhi'l-hamd-2 defa

Silsile-i Ehl-i Beyt-i Mutahhara

Bi-hamdillâh merâ bâşed müyesser ni'met-i bihter

Ki rûz u şeb bûd zikrem hüve'l-hayyu hüve'l-ekber

Meyân-ı halk u Hâlık şod vesile zât-ı Peygamber

Şefî'-i âsiyân-i ümmet-i merhûme der- jmahşer

Benî Hayder Hüseyin Ekber Muhammed Bâkır u Ca'fer

Seyyid Mûsâ-yı Kâzım Bu'l-Hasen Kâni' Ali Ca'fer

Muhammed Sâbir u Kâtim u Ebû Tayyib u Nûruddin

Ali vü Bu'n-Necâ bâşed musaddık u Kureyş azher **(s. 8)**

Ebu'l-Mecd u Ebu't-Tâhir Ebu'l-Abbâs ve'l-Ahrâr

Ebû Hâşim u Ahmed Mustafâ şod nesl-i peygamber

Ki İbrâhim u İsmâil ü Mûsâ Zâhid ü Ca'fer

Ki Dâvûd u Ebû Hamza Cemâlüddin Hasen hûbter

Ebu'l-Ma'sûm u Müştâk u Mücâhid fî sebîlillâh

Muhammed Sa'du Rükkânî Hüsâmüddin Ebu'l-Hayder

Tevessül-i mî-konim yâ Rab bi-hakk-i sûre-i Kevser

Kitâbullâhu evlâd-ı Betûl est cümle-râ rehber

Şod dâim karîn-i himmet îşân-ı alîşân

Muhibbân-ı safâ âver mürîdân-ı vefâ-perver

Rebbenâ âtinâ min ledünke rahmeten ve heyyi' lena min emrinâ raşedâ. Subhâne Rabbike Rabbi'l-İzzeti ammâ yasıfûn ve selâmun ale'l-mürselîn ve'l-hamdü lillâhi Rabbi'l-âlemîn.

Seyyidimiz Efendimiz Hazretlerine Müntehi Tarîkat-ı Nakşibendiyye Silsilenâmesi

Delîlest în tarîk-i Hak merâ uşşâk-ı Subhânî

Ebu'l-Hayder Hüsâmüddin ü Sa'dullâh-ı Rükkânî

Ki Abdullâh u Şemsüddin Muhammed Seyfî-i vâlâ

Muhammed Ahmed ü Bâkî Muhammed Hâcegî dânâ

Muhammed Zâhid u Ahrâr u Ya'kûb u Alâuddin

Cenâb-ı Nakşibendî Pîr Muhammed Şâh Bahâüddin

Emîr Seyyid Muhammed ez Ali Mahmûd şod pürnûr **(s. 9)**

Muhammed Abd-i Hâlik ibn-i Eyyûb u Ali Tayfûr

İmâm-ı Ca'fer-i Sâdık kilîd-i mahzenü'l-esrâr

Muhammed Bâkır u Ekber Hüseyn-i Kerbelâ serdâr

Der ilm-i Nebî Hayder imâm-ı umdetü's-sâdât

Resûl-i ins ü cin hakkâ Muhammed sâhibu'l-âyât

Nazar-kon ber men-i miskîn inâyet yâ Resûlallâh

Etâke'l-müznibü'l-âsî şefâ'at yâ Resûlallâh

Rebbenâ âtinâ min ledünke rahmeten ve heyyi' lenâ min emrinâ raşedâ. Subhâne Rabbike Rabbi'l-izzeti ammâ yasıfûn ve selâmun ale'l-mürselîn ve'l-hamdü lillâhi Rabbi'l-âlemîn.

Hazret-i Seyyidimiz Şeyh Hüsâmüddin Efendimiz Hazretlerinin Kelâm-ı Şerîflerinden

Şemsim bu vücûdum verir ecsâda zılâlı

Nutkum bu şuhûdum verir ekbâda hayâli

Efrâd-ı şuhûdumla bu hep hâver-i güftâr
Subhum ki berâzihde tutan rûz u leyâli

Da‘vâ-yı fücûr eyler isem der bana kâzib
Subhum bu güneş tal‘ati gösterdi kemâli

Bakma güneşe âlemi gör oldu münevver
Gâyet de garîbdir bu güneş var mı misâli

Pervâneye bak şem‘a yanar görmez o şemsi
İsnâd eder ol vatvata bu şemse muhâli
(s. 10)
Dîvâneliğin mevsimi mi ey dil-i nâçâr
Pür cûş u hurûşunla geçirdin heme sâli

Deryâ gibi emvâca takıl eyleme nefret
Kesretde müşâhid olasın tâ o cemâli
***
Enâm olmuş risâletde ukûs-ı vechine mir’ât
Enâmdan ism-i pâkin pür-ayândır yâ Rasûlallâh

Melekden iki hasletde kemâlâtın ziyâdedir
Bu sırra kâbe kavseyn tercümândır yâ Rasûlallâh

Kelâm-ı Hak vücûd-ı zâtına mülhak hisâb olsa
Nüzûl-i vahye mahsûs cism ü cândır yâ Rasûlallâh

Ahad isminde zâid olsa bir mîm-i nübüvvet kim
Ahad mîm-i muhabbetde nihândır yâ Rasûlallâh
***
Sâilim kapına geldim eyle ihsân yâ Rasûl
Tut elim kurtar beni hâlim perîşân yâ Rasûl

Sîne mecrûh dîde giryân âh u efgân eylerim
Aşkının bîmârıyım kıl derde dermân yâ Rasûl

Zahimdâr etdi dil-i mecrûhumı emmâre nefis
Bir devâsız derdimiş bu aşk-ı cânân yâ Rasûl

Kimdeki aşkın zuhûr etse bulur âlemde kâm
Mahz-ı nûr-ı hikmet ü hem nûr-i imân yâ Rasûl

Tâ sabâvetden beri aşkın beni etdikçe zâr
İsterim olsun bu cânım sana kurbân yâ Rasûl

Ey sa‘âdet kevkebi kesme başımdan sâyeni
Bir garîbim bî-ser u sâmân yâ Rasûl

Seyyid Efendimiz Hazretlerine Arz-ı Hürmet Maksadıyla İhvândan Saîd Efendi Merhûmun Yazdığı Manzûmedir

Ta‘mı cenetten alıp kevsere dönse bâde
Devr-i la‘linde o yârin getirilmez yâde
Görse dendânını lü’lü su olur deryâda
Eritir arz-ı cemâl etse eğer fûlâda
Bakılır mı o şeh-i kişver-i hüsn-âbâda
Etse mir’âta nazar aksi gelir feryâda

(s. 11)

Kimse ta‘yin edemez câh u celâl-i yâri
Bilemez kimse kemâliyle kemal-i yâri
Her gönül kaldıramaz naz ü delâl-i yâri
Her bakan göz göremez yoksa cemâl-i yâri

Bakılır mı o şeh-i kişver-i hüsn-âbâda
Etse mir’âta nazar aksi gelir feryâda
Eyzan
Kim ki nûr-i rûhuna nasb-ı nigâha savaşır
Gaşy olup hâke düşer hadd-i helâke yanaşır
Hükm eder gözlerinin aczine gûyun dolaşır
Âfitâba bile dikkatle bakan göz kamaşır
Bakılır mı o şeh-i kişver-i hüsn-âbâda
Etse mir’âta nazar aksi gelir feryâda

Allâh Allâh nedir ol câzibe-i hoş-rübâ
Nedir ol nâsiye-i lâmi‘a-i can-efzâ
Kaldırıp burka‘ını olsa eğer cebhe-nümâ
Bakmaya hayli melâike de eder istihyâ
Bakılır mı o şeh-i kişver-i hüsn-âbâda
Etse mir’âta nazar aksi gelir feryâda

Perde-i zülfünü kaldırsa cemâlinden eğer
Pertev-i hüsn-i cihân-sûzuna Yûsuf baş eğer
Sâde Yûsuf mu hep evlâd-ı beşer sîne döker
Kendi rahm etmez etse âşık-ı nâ-gâme meğer
Bakılır mı o şeh-i kişver-i hüsn-âbâda
Etse mir’âta nazar aksi gelir feryâda

Sîne ki nâr-ı muhebbet ile eyle tezhîn
Zirâ akdâmına ihlâsla kıl ferş-cebîn
Dest ü dâmânına düş anla nedir dîn-i mübîn
Dîde-i cânda husûsan var ise kuhl-i yakîn
Bakılır mı o şeh-i kişver-i hüsn-âbâda
Etse mir’âta nazar aksi gelir feryâda

Mihr-i tâbendeye nisbetle nasılsa nâhid
Öyledir vech-i dirahşâanı yanında hurşîd
Rûh-i eşyâdır izârındaki nûr-i tevhîd
Çekmeyince reh-i vaslında gam ey merd-i Saîd **(s. 12)**
Bakılır mı o şeh-i kişver-i hüsn-âbâda
Etse mir’âta nazar aksi gelir feryâda

Seyyid Efendimiz Hazretlerine Karşı Aşk ve Muhabbetin Bir Numûne-i İhlâsıdır

Zikrim Allâh aşkım Allâh
Fikrim Allâh şevkim Allâh
Kalbim okur kul hüvellâh
Gel diyelim dâim Allâh
Allâh Allâh Allâh Allâh
Allâh Allâh Allâh Allâh

Bel bağlayıp şerîata
Gel girelim tarîkata
Erelim hakîkata
Gel diyelim dâim Allâh
Allâh Allâh Allâh Allâh
Allâh Allâh Allâh Allâh

Tarîkattan murâd ancak
Doğrulukla Hakk'ı bulmak
Şerîatla âmil olmak
Gel diyelim dâim Allâh
Allâh Allâh Allâh Allâh
Allâh Allâh Allâh Allâh

Taklîd yolu değil bu yol
Ara tahkîk ehlini bul
Olmak için Hakk'a makbûl
Gel diyelim dâim Allâh
Allâh Allâh Allâh Allâh
Allâh Allâh Allâh Allâh

Şeyhim Seyyid Hüsâmüddin
Hakk'ı bilir hakka'l-yakîn
Tut emrini çıkma sakın
Gel diyelim dâim Allâh
Allâh Allâh Allâh Allâh
Allâh Allâh Allâh Allâh

Hâs oğludur Peygamberin
Gözü nûru hem Hayder'in
Seyyididir mürşidlerin
Gel diyelim dâim Allâh
Allâh Allâh Allâh Allâh
Allâh Allâh Allâh Allâh

Hakk'ın zikri dilindedir
Himmet onun elindedir
İşleri hep yolundadır
Gel diyelim dâim Allâh
Allâh Allâh Allâh Allâh
Allâh Allâh Allâh Allâh
(s. 13)
Şeyhime yok kimse adîl
Zâtı şerîf hulk-ı cemîl
Hak yolunda bize delil
Gel diyelim dâim Allâh
Allâh Allâh Allâh Allâh
Allâh Allâh Allâh Allâh

Kapısında oldum bende
Muhabbeti ruhum tende
Nefesiyle kalbim zinde
Gel diyelim dâim Allâh
Allâh Allâh Allâh Allâh
Allâh Allâh Allâh Allâh

Himmet eyle şeyhim bana
Çevir kalbim Hak'tan yana
Kurban olsun cânım sana
Gel diyelim dâim Allâh
Allâh Allâh Allâh Allâh
Allâh Allâh Allâh Allâh

Tarîkat-ı Aliyye-i Halvetiyye Ecille-i Ricâlinden Hüseyin Vassâf Beyefendi Hazretlerinin Seyyidimiz Efendimiz Hazretleri Hakkında Bil'l-İnşâd Sefîne-i Evliyâ Nâm Te'lîf-i Âliyyelerine Derc Buyurmuş Oldukları Manzûmedir

Harîm-i ismet-i ma'nâ-yı Kur'ân'dır Hüsâmeddîn
Nedîm-i Hazret-i cânân-ı irfândır Hüsâmeddîn

Hakâyık âleminde mürşid-i âlî-tebâr oldu
Hakîm-i sırr-ı insân mağz-ı Kur'ân'dır Hüsâmeddîn

Nübûʻ-ı hikmet olmuş kalb-i âlîsi serâirden

Vücûdu mülk-i aşka ayn-ı ihsândır Hüsâmeddîn

Uluvv-i kadrine eyler şehâdet bunca âsârı

Tecellîgâh-ı feyz-i kuds-i Sübhândır Hüsâmeddîn

Muhibb-i kemteri Vassâf'ı istişfâʻ eder her ân

Muhakkak bilmeli yektâ-yı devrândır Hüsâmeddîn

(s. 14)

Takrîz

Tarîkat-ı Aliyye-i Nakşibendiyye Hulefâ-yı Kirâmından Ordulu Süleymân Sâmi Efendi Birâderimize

İhvân-ı dine kıymetdâr bir hediyyeniz olan şu Risâle'yi büyük bir takdir ve tahsîn ile okuduk. Sizi samimâne tebrik ederken (Hayru'n-nâs men yenfeʻu'n-nâs) mefhûmuna mâ-sadak olduğunuz mülâhazası hâssaten vesîle-i iftihârımız olmuştur. Cenâb-ı Hak feyz ve rifʻatinizi müzdâd buyursun, âmin.

Seyyid Ali Rıza-Seyyid Muhammed İsmetullah

SONUÇ

Bu çalışmada, Doğu Karadeniz bölgesinin tasavvufî hayatının önemli temsilcilerinden biri olan Nakşî-Müceddidî şeyhi, aynı zamanda müderris ve şair olan Süleyman Sâmî (Özcan) Efendi'nin hayatı, ilmî ve tasavvufî yönü ile *Rehberü't-Tâlibîn* adlı eseri incelenmiştir.

Doğu Karadeniz bölgesi esasen, tarih boyunca İslam ve Türk dünyasının önemli mânevî dinamiklerini bünyesinde barındırmış, tasavvuf ile medrese eğitimini harmanlayarak kendine has bir "âlim-sûfî" tipi geliştirmiştir. Şeyh Süleyman Sâmî Efendi, bu geleneğin Fatsa özelindeki en önemli temsilcilerinden birisidir. Onun hayatı ve faaliyetleri, Cumhuriyet'in ilk yıllarındaki sosyal ve dinî dönüşümün taşradaki yansımalarını anlamak açısından kritik ipuçları vermektedir. Nakşî-Müceddidî-Hâlidî şeyhi Seyyid Ahmed Hüsâmeddin Dağıstânî gibi güçlü bir mürşidden aldığı icazetle hem ilmî hem de mânevî bir rehberlik üstlenen Süleyman Sâmî Efendi, bir yandan müderris kimliğiyle talebe yetiştirirken, diğer taraftan tasavvufi kimliğiyle halkın gönül dünyasına dokunmasını bilmiştir.

Süleyman Sâmî Efendi'nin günümüze ulaşan tek eseri, Latin harflerle çeviri yazılı şeklini de sunduğumuz *Rehberü't-Tâlibîn*'dir. Eser, sadece bir tarikat risalesi değil, aynı zamanda bölgedeki irşad metodolojisini ve silsile geleneğini belgeleyen tarihi bir vesika niteliğindedir.

Fevzi Güvemli'nin anılarında 1936 yılında hala hayatta ve aktif olduğu belirtilen Süleyman Sâmî Efendi'nin, bu tarihten sonraki hayatı, vefatı ve kabrine ilişkin detaylar zamana yenik düşmüş görünmektedir. Ancak bıraktığı eserler ve yetiştirdiği talebeler, onun Fatsa ve çevresinde derin bir iz bıraktığını kanıtlamaktadır. Yapılacak yeni araştırmalarla onun hayatı, şahsiyeti, eserleri ve tesirlerine dair yeterli bilgilere ulaşılabileceği umudunu taşımaktayız.

KAYNAKÇA

Alkan, H. (2015). *Ahmed Hüsâmeddin Dağıstanî'nin hayatı, eserleri ve tasavvufî görüşleri* [Yayımlamamış Yüksek Lisans Tezi]. Hitit Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.

Alkan, H. (2024). *Ahmed Hüsâmeddin Dağıstanî (1847-1925)*. Ankara: Kalem Neşriyat.

Alptekin, T. (1989). Ahmed Hüsâmeddin. Türkiye Diyanet Vakfı İslâm Ansiklopedisi. Cilt 2, 90-92.

Alptekin, T. (1989). *Seyyid Ahmed Hüsâmeddîn eserleri ve Nakşibendî öğretinin kökleri*. İstanbul: Demos Yayınları.

Çebi, S. (1995). *Ordu evliyaları*. Ordu: Engin Ofset.

Durma, A. (2014). Evliyalar şehri Ordu. Samsun: Erol Ofset Matbaacılık.

Günay, M. (2022). Ordu ve Yöresinde Türk İslam Mirası. Ordu Büyükşehir Belediyesi Yayınları.

Güvemli, F. (1999). *Bir zamanlar Ordu (anılar)*. Ankara: Kültür Bakanlığı Yayınları.

Güvemli, F. (2017). *Doğu Karadeniz ve Ordu (1912-1965): anılar*. İstanbul: Panel Medya.

https://www.karadenizekspres.com/golkoy-sihmanli-seyh-imam-ve-koyun-manevi-tarihi/24844 (Erişim Tarihi: 01.04.2026)

Kuluca. Z. Ş. (2010). *Ahmed Hüsâmeddin Dağıstanî'nin Zübdetü'l-Merâtib İsimli Eseri (İnceleme ve Metin)* [Yayımlamamış Yüksek Lisans Tezi]. Marmara Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü.

Sâmî, S. (1343). *Rehberu't-tâlibîn*. İstanbul: Hâşim Matbaası.

Vassâf, H. (2006). *Sefîne-i evliyâ*. İstanbul: Kitabevi Yayınları.

Yılmaz, N. (2020). *Câmiuü't-turuk bir şahsiyet Ahmed Ziyâüddin Gümüşhânevî hayatı, dergâhı, halifeleri, eserleri ve tasavvufî yolu (Ziyâiyye)*. Ankara: İlâhiyat Yayınları.

Yılmaz, A. ve Fatsa, M. (2023). Giresun'da dini hayata yön veren bir aydın örneği: Müftüzâde Hâfız Mehmed Tâlip Efendi. *Gümüşhane Üniversitesi İlahiyat Fakültesi Dergisi,* (23), 1-25.

EVALUATION OF STUDIES ON SUICIDE IN SCHIZOPHRENIA WITHIN THE SCOPE OF POSTGRADUATE THESES

ŞİZOFRENİDE İNTİHAR KONULU ÇALIŞMALARIN LİSANSÜSTÜ TEZLER KAPSAMINDA DEĞERLENDİRİLMESİ

Bilengül Şiğra ELMAS

Giresun Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü Kadın Araştırmaları Anabilim Dalı Yüksek Lisans Öğrencisi

ORCID ID: 0009-0005-1577-330X

Doç. Dr. Nurten Gülsüm BAYRAK

Giresun Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Fakültesi Psikiyatri Hemşireliği Anabilim Dalı

ORCID ID: 0000-0002-7658-9961

ÖZET

Amaç: Bu araştırma kapsamında veri toplama süreci Yükseköğretim Kurulu (YÖK) Ulusal Tez Merkezi veri tabanında gerçekleştirilmiştir. Tarama sürecinde "şizofreni", "intihar", "intihar davranışı" ve "intihar girişimi" anahtar kelimeleri kullanılmıştır. Yapılan ilk taramada belirli sayıda lisansüstü tez çalışmasına ulaşılmıştır. Elde edilen kayıtlar başlık ve özet düzeyinde incelenmiş; şizofreni tanısı dışında farklı psikiyatrik tanıları içeren çalışmalar, intihar davranışını doğrudan incelemeyen tezler, tekrar eden kayıtlar ve tam metnine erişilemeyen çalışmalar değerlendirme dışı bırakılmıştır. Eleme süreci sonrasında ölçütleri karşılayan toplam 21 tez çalışması araştırmaya dahil edilmiştir. Tarama sonucunda dahil edilen çalışmaların 2010–2025 yılları arasında yayımlandığı belirlenmiş olup, değerlendirme bu tarih aralığındaki tezlerle sınırlandırılmıştır.

Yöntem: Tanımlayıcı ve retrospektif tipteki bu derlemede, tezlere Türkiye Cumhuriyeti Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi veri tabanından ulaşılmıştır. "Şizofreni" ve "intihar" anahtar kelimeleri ile yapılan taramada, 2010-2025 yılları arasında yapılan 21 tez çalışması örneklem büyüklükleri, kullanılan ölçüm araçları, çalışma yılı, araştırma deseni ve elde edilen temel bulgular açısından değerlendirilmiştir.

Bulgular: Değerlendirilen toplam 21 çalışmanın %85,7'si psikiyatri uzmanlık tezi, %14,3'ü ise yüksek lisans tezidir. Örneklem büyüklükleri 50 ile 200 arasında değişmektedir. Çalışmalarda cinsiyet dağılımı incelendiğinde, örneklemlerin büyük çoğunluğunu erkek katılımcıların oluşturduğu görülmektedir. Erkek oranı çalışmalarda yaklaşık %53 ile %83 arasında değişmekte olup, genel olarak örneklemlerde erkekler çoğunluktadır. Eğitim düzeyi açısından ise en yüksek oranların çoğunlukla lise mezunlarına ait olduğu (%39–%54 aralığında) belirlenmiştir. Çalışmaların büyük kısmı tanımlayıcı ve ilişki arayıcı nitelikte olup, 18 çalışmada (%85,7) klinik, bilişsel, biyolojik ve psikososyal risk faktörleri ayrıntılı olarak ele alınmıştır. .Bulgulara göre, şizofrenide intihar davranışını artıran başlıca etmenler arasında depresyon, umutsuzluk, psikolojik acı, dürtüsellik, komorbid psikiyatrik semptomlar ve düşük

sosyal destek öne çıkmıştır. Ayrıca, biyolojik belirteçler ve bilişsel işlevlerdeki bozulmaların da intihar riskinde etkili olduğu saptanmıştır.

Sonuç: Sonuç olarak, Türkiye'de son 15 yılda yapılan lisansüstü tezlerde şizofrenide intihar davranışının çok boyutlu bir yapıya sahip olduğu, depresyon ve umutsuzluğun temel risk etmenleri olduğu, psikososyal, bilişsel ve biyolojik faktörlerin birlikte değerlendirilmesinin önemli olduğu görülmektedir. İntihar riskinin azaltılması için bütüncül ve multidisipliner yaklaşımların geliştirilmesine ihtiyaç vardır.

Anahtar kelimeler: Şizofreni, intihar, risk faktörleri, lisansüstü tez,

ABSTRACT

Purpose: Within the scope of this research, the data collection process was carried out in the National Thesis Center database of the Council of Higher Education (YÖK). During the scanning process, the keywords "schizophrenia," "suicide," "suicidal behavior," and "suicide attempt" were used. In the initial screening, a certain number of postgraduate theses were identified. The obtained records were examined at the title and abstract level; studies containing different psychiatric diagnoses apart from schizophrenia, theses that do not directly examine suicidal behavior, duplicate records, and studies whose full texts were not accessible were excluded from the evaluation. After the screening process, a total of 21 theses that met the criteria were included in the study. It was determined that the included studies were published between 2010 and 2025, and the evaluation was limited to theses within this date range.

Method: In this descriptive and retrospective review, theses were accessed from the National Thesis Center database of the Council of Higher Education of the Republic of Turkey. In the search conducted with the keywords "schizophrenia" and "suicide," 21 thesis studies conducted between 2010 and 2025 were evaluated in terms of sample sizes, measurement tools used, year of study, research design, and key findings obtained.

Findings: Of the total 21 studies evaluated, 85.7% were psychiatry specialization theses, while 14.3% were master's theses. Sample sizes range from 50 to 200. When examining the gender distribution in the studies, it is observed that the majority of the samples consist of male participants. The male ratio in the studies varies between approximately 53% and 83%, and generally, men constitute the majority in the samples. In terms of education level, it has been determined that the highest rates mostly belong to high school graduates (in the range of 39%–54%). Eighteen studies (85.7%) describe clinical, cognitive, biological, and psychosocial risk factors. Most of the studies are descriptive and correlational. According to the findings, the main factors that increase suicidal behavior in schizophrenia include depression, hopelessness, psychological pain, impulsivity, comorbid psychiatric symptoms, and low social support.

Additionally, it has been determined that biological markers and cognitive function impairments are also effective in the risk of suicide.

Conclusion: In conclusion, it is observed that in the postgraduate theses conducted in Turkey over the past 15 years, suicidal behavior in schizophrenia has a multidimensional structure, with depression and hopelessness being the primary risk factors, and that it is important to evaluate psychosocial, cognitive, and biological factors together. There is a need to develop holistic and multidisciplinary approaches to reduce the risk of suicide.

Keywords: Schizophrenia, suicide, risk factors, graduate thesis

GİRİŞ

İntihar, dünya genelinde psikiyatrik hastalıklar arasında en ciddi ve önlenebilir mortalite nedenlerinden biri olarak öne çıkmaktadır. Şizofreni ise, karmaşık psikopatolojisi ve kronik seyriyle bilinen, bireyin düşünce, duygu ve davranışlarını derinden etkileyen ciddi bir ruhsal bozukluktur. Literatürde, şizofreni hastalarının yaşam boyu intihar riskinin genel topluma göre belirgin şekilde yüksek olduğu, intihar girişimi ve tamamlanmış intihar oranlarının bu grupta diğer ruhsal hastalıklardan çok daha fazla olduğu bildirilmektedir (Hawton ve ark., 2005; Pompili ve ark., 2007).

Şizofrenide intihar davranışının ortaya çıkmasında; hastalığın doğası gereği görülen pozitif ve negatif semptomlar, depresyon, umutsuzluk, dürtüsellik, agresyon, psikososyal stresörler, komorbid psikiyatrik hastalıklar, düşük sosyal destek, damgalanma, çocukluk travmaları, genetik ve biyolojik belirteçler gibi birçok faktörün rol oynadığı belirtilmiştir (Gündüz, 2010; Kayapınar Aylak, 2016; Aslan, 2024). Özellikle genç yaşta hastalığın başlaması, sık hastaneye yatış ve tedaviye direnç gibi klinik faktörler de intihar riskini artırabilmektedir (Öztürk, 2012; Karaca, 2019).

Son yıllarda yapılan çalışmalar, şizofreni hastalarında intihar riskinin değerlendirilmesinde yalnızca klinik bulguların değil, aynı zamanda nörobilişsel işlevler, psikolojik sağlamlık, biyolojik ritim ve biyobelirteçlerin de önemli olabileceğini göstermektedir (Kocatürk, 2011; Kan Uzel, 2019; Kaya, 2025; Göktürk, 2025). Ayrıca, tedaviye dirençli olgularda farmakolojik yaklaşımlar arasında yer alan klozapin gibi antipsikotiklerin, intihar davranışının önlenmesinde özel bir yeri olduğu vurgulanmaktadır (Gündüz, 2010; Taşova, 2024).

Şizofrenide intihar davranışını etkileyen faktörlerin saptanması, hem riskin erken tanılanması hem de etkin müdahale ve önleme stratejilerinin geliştirilmesi açısından klinik pratikte büyük önem taşımaktadır. Bu doğrultuda, YÖK Ulusal Tez Merkezi'nde yapılan tarama sonucunda 2010–2025 yılları arasında yayımlandığı belirlenen ve şizofrenide intihar davranışını çok yönlü olarak inceleyen lisansüstü tezlerin sistematik biçimde değerlendirilmesi, mevcut bilgi birikiminin bütüncül olarak ortaya konulmasına ve gelecekte yapılacak araştırmalara yol gösterici nitelikte katkı sağlamayı amaçlamaktadır.

Bu çalışma ile, şizofreni tanılı bireylerde intihar davranışını ele alan son yıllardaki lisansüstü tezlerin bulgularının derlenmesi ve alana özgü risk faktörlerinin daha kapsamlı bir şekilde anlaşılması amaçlanmıştır. Elde edilen verilerin, şizofrenide intihar riskiyle mücadele sürecine bilimsel zemin oluşturacağı düşünülmektedir.

GEREÇ VE YÖNTEM

Araştırmanın tipi: Araştırma tanımlayıcı ve retrospektif olarak yapılmıştır**.**

Araştırmanın amacı: Bu araştırma, 2010-2025 yılları arasında Türkiye'de şizofreni tanılı bireylerde intihar davranışını inceleyen tez çalışmalarının değerlendirilmesi amacıyla yapılmıştır.

Araştırmanın evreni ve örneklemi: Araştırmanın evrenini, 2010-2025 yılları arasında Türkiye'deki üniversitelerde yapılmış lisansüstü tezler oluşturmuştur. Örneklemini ise şizofreni tanılı bireylerde intihar davranışlarını inceleyen lisansüstü tezler oluşturmuştur

Veri toplama aracı ve verilerin toplanması: Çalışmalardan elde edilen veriler, araştırmacılar tarafından hazırlanan bir form aracılığıyla kaydedilmiştir. Formda; yazar, yıl, tez türü, örneklem büyüklüğü, katılımcıların eğitim ve cinsiyet dağılımı, kullanılan ölçme araçları, çalışmanın yürütüldüğü üniversite, analizde kullanılan istatistiksel yöntemler ve elde edilen temel bulgular yer almıştır.

Verilerin değerlendirilmesi: Tezlerde yer alan bulgular,–tematik olarak analiz edilmiştir. Bulgulara ilişkin özetler tablolar halinde sunulmuştur.

Araştırmanın etik yönü:

Çalışmaların yayınlanmış tezlerden oluşması dolayısıyla etik kurul alınmasına gerek duyulmamıştır.

BULGULAR

Değerlendirilen toplam 21 çalışmanın %85,7'si psikiyatri uzmanlık tezi, %14,3'ü ise yüksek lisans tezidir. Örneklem büyüklükleri 50 ile 200 arasında değişmektedir. Çalışmalarda cinsiyet dağılımı incelendiğinde, örneklemlerin büyük çoğunluğunu erkek katılımcıların oluşturduğu görülmektedir. Erkek oranı çalışmalarda yaklaşık %53 ile %83 arasında değişmekte olup, genel olarak örneklemlerde erkekler çoğunluktadır. Eğitim düzeyi açısından ise en yüksek oranların çoğunlukla lise mezunlarına ait olduğu (%39–%54 aralığında) belirlenmiştir.

Şizofrenide intihar davranışını değerlendirmek amacıyla tezlerde en sık kullanılan ölçme aracının Pozitif ve Negatif Sendrom Ölçeği (PANSS) olduğu saptanmıştır.

Şizofrenide intihar davranışını araştıran tezlerin yıllara göre dağılımına bakıldığında, 2010 yılından itibaren her yıl en az bir tez çalışmasının yapıldığı, özellikle 2016 sonrası tez sayısında artış olduğu görülmektedir; 2016-2025 yılları arasında konuya yönelik akademik ilginin arttığı dikkati çekmektedir (Tablo 2). Çalışmaların 14'ünün devlet, 7'sinin ise vakıf üniversitelerinde gerçekleştirildiği saptanmıştır. Ayrıca araştırmaların yöntemi incelendiğinde tamamı nicel yöntemli çalışmalardır.

Çalışmaların konuları değerlendirildiğinde; şizofrenide intihar davranışıyla depresyon, umutsuzluk, psikolojik acı, dürtüsellik, agresyon, komorbid psikiyatrik semptomlar (OKB, otistik belirtiler, DEHB), uyku bozuklukları ve biyolojik ritim, bilişsel işlevler, duygusal dışavurum, mizaç ve karakter, sosyal destek, damgalama, psikolojik sağlamlık ve biyobelirteçlerin (S100B, BDNF, GLP-1, DPP-4, circRNA, gen polimorfizmleri) ilişkisi araştırılmıştır.

Elde edilen temel bulgulara göre, şizofrenide intihar riski ile özellikle depresyon ve umutsuzluk düzeyinin yüksek olması arasındaki bağlantı birçok çalışma tarafından gösterilmiştir. Klinik değişkenlerin yanı sıra, düşük sosyal destek, ailede intihar öyküsü, damgalanma, çocukluk çağı travması ve psikolojik sağlamlık gibi psikososyal faktörlerin de intihar davranışında önemli rol oynadığı saptanmıştır.

Bilişsel işlevler ve yürütücü fonksiyonların, intihar riski üzerinde belirleyici olabileceği dürtüsellik ve karar verme süreçlerindeki bozulmaların da intihar davranışını artırdığı belirtilmiştir . Komorbid psikiyatrik semptomların (OKB, otistik belirtiler, DEHB) varlığı ve şiddetinin, intihara eğilim üzerinde etkili olduğu gösterilmiştir.

Son yıllarda biyolojik belirteçler ve genetik faktörler de araştırmaların odağına alınmış; S100B

ve BDNF düzeyleri ile çeşitli genetik varyasyonların intihar riskiyle ilişkili olabileceği ileri sürülmüştür. Ayrıca, uyku bozuklukları ve biyolojik ritim gibi faktörlerin de intihar riskiyle olan ilişkisi incelenmiştir.

Çalışmalarda ayrıca, tedaviye dirençli şizofreni olgularında klozapin kullanımının intihar girişimlerini ve hastaneye yatışları azalttığı; işlevsellik ve içgörüde artış sağladığı da raporlanmıştır.

İntihar riskinin çok boyutlu bir yapıya sahip olduğunu ve klinik, bilişsel, biyolojik ve psikososyal değişkenlerin bütüncül olarak değerlendirilmesinin önemini vurgulamaktadır (Tablo 2).

Tablo 7. Çalışmaların Örneklem Özellikleri ve Kullanılan Ölçekler

Yazar/ Çalışma Yılı	Türü	Anabilim Dalı	Örneklem Sayısı	Cinsiyet	Kullanılan Ölçekler
Gündüz / 2010	Tıpta Uzmanlık Tezi	Psikiyatri Anabilim Dalı	103	%25 K %75 E	Pozitif ve Negatif Sendrom Ölçeği (PANSS) Calgary Şizofrenide Depresyon Ölçeği (CŞDÖ) İçgörünün Üç Bileşenini Değerlendirme Ölçeği, UKU Yan Etki Değerlendirme Ölçeği İntihar Düşüncesi Ölçeği (İDÖ)
Kocatürk/ 2011	Tıpta Uzmanlık Tezi	Psikiyatri Anabilim Dalı	70	%34.3 K %65.7 E	Stroop Testi (STP) Wisconsin Kart Eşleme Testi (WKET) Rey İşitsel Sözel Öğrenme Testi (RİSÖT) Pozitif ve Negatif Sendrom Ölçeği (PANSS) Calgary Şizofrenide Depresyon Ölçeği (CŞDÖ)
Önder/ 2012	Tıpta Uzmanlık Tezi	Psikiyatri Anabilim Dalı	86	%24,5 K %75,5 E	Pozitif ve Negatif Sendrom Ölçeği (PANSS) İntihar Düşüncesi Ölçeği (DÖ) Calgary Şizofrenide Depresyon Ölçeği (CDÖ) Agresyon Ölçeği UKU Yan Etki Değerlendirme Ölçeği
Öztürk/ 2012	Tıpta Uzmanlık Tezi	Psikiyatri Anabilim Dalı	50	%32 K % 68 E	Negatif belirtileri değerlendirme ölçeği (SANS) Pozitif belirtileri değerlendirme ölçeği (SAPS) Calgary Şizofrenide Depresyon Ölçeği İçgörünün Üç Bileşenini Değerlendirme Ölçeği Beck Umutsuzluk Ölçeği Beck İntihar Düşüncesi Ölçeği Stroop Testi Wisconsin Kart Eşleme Testi
Kayapınar Aylak/ 2016	Tıpta Uzmanlık Tezi	Psikiyatri Anabilim Dalı	100	%50 K %50 E	Barratt Dürtüsellik Ölçeği Buss-Perry Agresyon Ölçeği Pozitif ve Negatif Sendrom Ölçeği Calgary Şizofrenide Depresyon Ölçeği Beck Umutsuzluk Ölçeği İntihar Niyeti Ölçeği İntihar Düşüncesi Ölçeği
Atmaca/ 2016	YL Tezi	Hemşirelik Anabilim Dalı	104	%26.92 K %73,08 E	Calgary Şizofrenide Depresyon Ölçeği İntihar Olasılığı Ölçeği Brichwood İçgörü Ölçeği
Kurtuluş Çallı / 2019	Tıpta Uzmanlık Tezi	Psikiyatri Anabilim Dalı	77	%53,9 K %46,1E	İntihar Düşüncesi Ölçeği Beck İçgörü Ölçeği Pozitif Ve Negatif Sendrom Ölçeği (PANSS)
Karaca/ 2019	Tıpta Uzmanlık Tezi	Psikiyatri Anabilim Dalı	81	%46,91 K %53,09 E	Pozitif ve Negatif Sendrom Ölçeği (PANSS) İntihar Davranışı Ölçeği (İDÖ) Duygu Dışavurumu Düzeyi Ölçeği (LEE) Mizaç ve Karakter Envanteri (MKE/TCI)
Kan Uzel / 2019	Tıpta Uzmanlık Tezi	Psikiyatri Anabilim Dalı	110	%39,1 K %60,9 E	Pozitif ve Negatif Sendrom Ölçeği (PANSS) Calgary Şizofrenide Depresyon Ölçeği (CŞDÖ) İntihar Olasılığı Ölçeği (İOÖ) Young Şema Ölçeği Kısa Form-3 (YŞÖ-KF3) Dokuz Eylül Zihin Teorisi Ölçeği (DEZTÖ)
Salman/ 2020	Tıpta Uzmanlık Tezi	Psikiyatri Anabilim Dalı	200	%31 K %69 E	Pozitif ve Negatif Sendrom Ölçeği (PANSS) Klinik Global İzlem Ölçeği, İntihar Olasılığı Ölçeği (İOÖ) Beck İntihar Düşüncesi Ölçeği (BİDÖ) İntihar Davranışı Ölçeği (İDÖ) Pittsburg Uyku Kalitesi İndeksi (PUKİ) Uykusuzluk Şiddeti İndeksi (UŞİ)
Uçak/ 2021	Tıpta Uzmanlık Tezi	Psikiyatri Anabilim Dalı	100	%40 K %60 E	Ölçek kullanılmamıştır. Sosyodemografik Veri Formu Klinik Özellikler ve Tedavi Öyküsü Formu İntihar Davranışı Değerlendirme Formu
Uslu Duran/ 2021	YL Tezi	Hemşirelik Anabilim Dalı	120	%37,5 K %62,5 E	Psikolojik Sağlamlığı Değerlendirme Ölçeği (PSDÖ) Beck Umutsuzluk Ölçeği (BUÖ) İntihar Olasılığı Ölçeği (İOÖ)
Odabaş Ünal / 2023	Tıpta Uzmanlık Tezi	Psikiyatri Anabilim Dalı	104	%41,3 K %58,7 E	Beck İntihar Düşüncesi Ölçeği (BİDÖ) İntihar Olasılığı Ölçeği (İOÖ) Pozitif ve Negatif Sendrom Ölçeği (PANSS) Klinik Global İzlenim Ölçeği (CGI) İşlevselliğin Genel Değerlendirilmesi Ölçeği (GAF) Simpson Angus Nöroleptiklere Bağlı Hareket Bozukluklarını Değerlendirme Ölçeği (SAS) Barnes Akatizi Ölçeği (BARS) Beck Anksiyete Ölçeği (BAÖ) Calgary Şizofrenide Depresyon Ölçeği (CŞDÖ)

Yılmaz/ 2023	Tıpta Uzmanlık Tezi	Psikiyatri Anabilim Dalı	88	%17,0 K %83,0 E	Pozitif ve Negatif Sendrom Ölçeği (PANSS) Otizm Spektrum Anketi (OSA) Calgary Depresyon Ölçeği (CDÖ), Beck Umutsuzluk Ölçeği (BUÖ) İntihar Davranış Ölçeği (İDÖ)
Aslan/ 2024	Tıpta Uzmanlık Tezi	Psikiyatri Anabilim Dalı	100	%45 K %55 E	Pozitif ve Negatif Sendrom Ölçeği (PANSS) Beck İntihar Düşüncesi Ölçeği (BİDÖ) Beck Umutsuzluk Ölçeği (BUÖ) Calgary Şizofrenide Depresyon Ölçeği (CDS) Psikolojik Acı Ölçeği (PAÖ) Iowa Kumar Testi (IKT) Wisconsin Kart Eşleştirme Testi (WKET) Stroop Testi
Taşova/2024	Tıpta Uzmanlık Tezi	Psikiyatri Anabilim Dalı	106	%22,6 K %77,3 E	İçgörü Değerlendirme Ölçeği Global Değerlendirme Ölçeği (GAS) İntihar Davranış Ölçeği (İDÖ) Stroop Testi İz Sürme Testi (İST)
Aytaç/ 2025	Tıpta Uzmanlık Tezi	Psikiyatri Anabilim Dalı	115	%33 K %67,0 E	Pozitif ve Negatif Sendrom Ölçeği (PANSS) Erişkin Dikkat Eksikliği ve Hiperaktivite Bozukluğu Kendi Bildirim Ölçeği (ASRS) Yale-Brown Obsesyon Kompulsiyon Ölçeği (Y-BOCS) Beck İntihar Düşüncesi Ölçeği (BİDÖ)
Kaya/ 2025	Tıpta Uzmanlık Tezi	Psikiyatri Anabilim Dalı	80	% 35,0 K % 65,0 E	Pozitif ve Negatif Sendrom Ölçeği (PANSS) Calgary Şizofrenide Depresyon Ölçeği (CŞDÖ) Barratt Dürtüsellik Ölçeği-11 (BDÖ-11) UPPS Dürtüsel Davranış Ölçeği (UPPS) İntihar Olasılığı Ölçeği (İOÖ)
Başkan/ 2025	Tıpta Uzmanlık Tezi	Psikiyatri Anabilim Dalı	64	**%**43,8 K **%**56,3 E	Ruhsal Hastalıklarda İçselleştirilmiş Damgalanma Ölçeği (RHİDÖ) Kısa İşlevsellik Değerlendirme ölçeği (KİDÖ) Global Değerlendirme Ölçeği (GDÖ) Pozitif Belirtileri Değerlendirme Ölçeği (PBDÖ) Negatif Belirtileri Değerlendirme Ölçeği (NBDÖ) Beck İntihar Düşüncesi Ölçeği (BİDÖ)
Göktürk/ 2025	YL Tezi	Hemşirelik Anabilim Dalı	84	%36,9 K %63,12 E	Sabahçıl-Akşamcıl Ölçeği (SAÖ), İntihar Olasılığı Ölçeği İntihar Davranış Ölçeği Pozitif Semptomları Değerlendirme Ölçeği (SAPS) Negatif Belirtileri Değerlendirme Ölçeği (SANS)
Birinci/2025	Tıpta Uzmanlık Tezi	Psikiyatri Anabilim Dalı	99	%39,4 K %60,6 E	Pozitif ve Negatif Sendrom Ölçeği (PANSS) Calgary Şizofrenide Depresyon Ölçeği (CDÖ) Hamilton Depresyon Derecelendirme Ölçeği (HDÖ) İntihar Olasılığı Ölçeği (İOÖ)

Tablo 8. Çalışmaların Yazar Adı, Yılı, Tez Adı, Üniversite, Yöntem/Analiz ve Sonuçları

Yazar/ Yılı	Tez Adı	Üniversite	Yöntem	Sonuçlar
Gündüz/ 2010	Klozapin Tedavisi İle Ayaktan Takibi Yapılan Şizofreni Hastalarında Klinik Tablonun Ve Klozapin Tedavisi Öncesi Ve Sonrasında Hastane Yatış Sayısı, İntihar Girişimi, Alkol Ve/Veya Madde Kullanımı Ve Agresyon Açısından Değerlendirilmesi	İstanbul Sağlık Bilimleri Üniversitesi	Nicel desen	Çeşitli nedenlerle klozapin tedavisine geçilen hastalarda hastalık psikopatolojisinde anlamlı azalma olduğu, hastane yatış sayısının, agresyonun, alkol ve/veya madde kullanımının, intihar düşüncesi ve girişimlerinin azaldığı, tedavi uyumunun ve hastalık içgörüsünün belirgin olarak arttığı öne sürülebilir.
Kocatürk/ 2011	Şizofreni Hastalarında İntihar Davranışının Bilişsel İşlevlerle İlişkisi	Eskişehir Osmangazi Üniversitesi	Nicel desen	Şizofreni hastalarının %38,6'sının daha önce en az bir kez intihar girişiminde bulunduğu tespit edilmiştir.İntihar girişimi olan ve olmayan şizofreni hastaları arasında cinsiyet, medeni durum, eğitim süresi, hastalığın başlama yaşı ve hastalık süresi açısından anlamlı bir fark bulunmamıştır. Şizofreni hastalarında intihar davranışı ile depresyon ve bazı yürütücü işlevler (bilişsel esneklik, problem çözme gibi) arasında ilişki bulunmuştur.
Önder/ 2012	Klozapin Monoterapisi İle Diğer Atipik Antipsikotikleri Kombine Kullanan Şizofreni Tanısıyla Takipli Hastaların Psikotik Bulgular, Depresyon, İntihar Davranışları Düşünceleri, Agresyon Ve İlaç Yan Etkisi Açısından Karşılaştırılması	İstanbul Sağlık Bilimleri Üniversitesi	Nicel desen	Klozapin monoterapisi kullanan ve klozapin dışı atipik antipsikotik kombinasyonu kullanan hastalar karşılaştırıldığında klozapin monoterapisinin kombinasyon tedavisine göre pozitif psikotik belirtilerin şiddetini, depresif semptomları ve intihar düşüncesini azaltmakta daha etkin olduğu, klozapin kullanan hastalarda otonomik yan etkilerin klozapin dışı atipik antipsikotik kombinasyonu kullanan hastalara göre daha çok görüldüğü öne sürülebilir.
Öztürk/ 2012	Şizofreni Hastalarında İntihar Girişiminin Pozitif Ve Negatif Semptomlar, Depresyon, Umutsuzluk, İçgörü Ve Bilişsel İşlevlerle İlişkisi	Gazi Üniversitesi	Nicel desen	Çalışmada intihar girişimi ve düşüncesi olan şizofreni hastalarında depresyon, umutsuzluk ve intihar düşüncesi puanları anlamlı olarak daha yüksek; yürütücü işlevler (özellikle WKET performansı) de intihar girişimi olanlarda daha iyi bulunmuştur.
Kayapınar Aylak/ 2016	Şizofreni Hastalarında İntihar Davranışı İle Dürtüsellik Ve Agresyonun İlişkisi	İstanbul Sağlık Bilimleri Üniversitesi	Nicel desen	Çalışmada; çocukluk çağı travması, ailede intihar girişimi, geçmiş diğer psikiyatrik hastalık ve post-psikotik depresyon öyküsü, intihar düşünceleri, depresyon, umutsuzluk, yüksek içgörü, erken hastalık başlangıç ve tedavi yaşı, sık hastane yatışı, çoklu ilaç kullanımı, rezidüel semptomlu epizodik gidiş ve yüksek dürtüsellik ve agresyon düzeyleri şizofrenide intihar için risk faktörü olarak bulunmuştur.
Atmaca/2016	Şizofreni Hastalarında İntihar Olasılığının, Depresyon Ve İçgörüyle İlişkisi	Sakarya Üniversitesi	Nicel desen	Çalışmada şizofreni hastalarının intihar olasılığında en önemli faktörün olumsuz duygulanım ve umutsuzluk duyguları olduğunu söyleyebilir. Bunun yanında düşük eğitim seviyesi ve gelir durumunun kötü olması gibi sosyodemografik verilerin de depresyon ve intihar olasılığında önemli olduğu söylenebilir.
Kurtuluş Çallı / 2019	Şizofreni Hastalarında İntihar Davranışı İle Nörobilişsel İşlevler, Sosyal Biliş Ve İç Görü Arasındaki İlişki	İstanbul Sağlık Bilimleri Üniversitesi	Nicel desen	Şizofreni hastalarında intihar davranışı bilişsel esneklik, çalışma belleği, motor dürtüsellik veya duygu tanıma ile belirgin şekilde ilişkili bulunmamıştır; ancak riskli karar alma ve yüksek içgörü intihar davranışı ile ilişkili olabilir. Bu bulgular, klinikte intihar riski değerlendirilirken içgörü ve karar verme süreçlerine dikkat edilmesi gerektiğini göstermektedir.
Karaca/ 2019	Şizofreni Tanılı Hastalarda İntihar Davranışının Algılanan Duygu Dışavurumu, Mizaç Ve Karakter Özellikleri İle İlişkisi	İstanbul Sağlık Bilimleri Üniversitesi	Nicel desen	Şizofreni hastalarında intihar davranışı riski; erken hastalık başlangıcı, olumsuz yaşam olayları, düşük sosyal destek, ailede psikiyatrik hastalık/intihar öyküsü, yüksek duygu dışavurumu, yüksek psikopatoloji ve belirli mizaç-karakter özellikleriyle anlamlı bulunmuştur. Özellikle yüksek zarardan kaçınma ve düşük kendini yönetme/ işbirliği yapma karakteri olanlarda intihar riski daha yüksektir.
Kan Uzel / 2019	Şizofreni Tanılı Hastalarda İntihar Olasılığının Zihin Kuramı Becerileri Ve Erken	Mersin Üniversitesi	Nicel desen	Şizofreni tanılı hastalarda erken dönem uyumsuz şemalardan olan 'başarısızlık şeması' ve zihin kuramı alt ölçeği olan 'empati' intihar girişiminde rol oynayabilir. İntihar girişiminin erken dönem uyumsuz şemalar ve

	Uyumsuz Şemalar İle İlişkisi			zihin kuramı becerileri ile olan ilişkisinin daha iyi anlaşılabilmesi için uzunlamasına ve daha büyük örneklemler ile çalışmalara ihtiyaç vardır.
Salman/ 2020	Şizofreni Tanılı Hastalarda Uykusuzluğun İntihar Davranışı Üzerine Etkisi	İstanbul Sağlık Bilimleri Üniversitesi	Nicel desen	Bulgulara göre şizofreni tanılı hastalardaki uykusuzluk şiddeti ile intihar düşüncesi sıklığı ve intihar davranışı riski arasında pozitif yönde anlamlı ilişki olduğu saptanmıştır. Şizofreni tanılı hastalardaki uykusuzluk şiddetinin belirlenmesinin ve uykusuzluk belirtilerinin tedavi edilmesinin intihar davranışı riskinin azaltılmasında olumlu sonuçlar sağlayabileceği düşünülmüştür.
Uçak/ 2021	Şizofreni Ve Diğer Psikotik Bozukluk Tanılı Hastalarda İntihar Davranışı İle Sırt-1 Geni Arasındaki İlişkinin Değerlendirilmesi	Konya Selçuk Üniversitesi	Nicel desen	Şizofreninin doğasında intihar davranışını artıran birçok riski barındırdığını, ancak klinik ve sosyodemografik verilerin intihar davranışını öngörmede yetersiz olduğunu göstermiştir. Hastalığın kalıtılabilirliği ve genetiğin davranış üzerine etkisi ele alındığında, SIRT1 geni SNP; rs2236318, rs10997870, rs41299232, rs7896005, rs201230502 ve rs36107781 genotiplerinin şizofreni hastalarında intihar davranışı ile ilişkili olduğu saptanmıştır.
Uslu Duran/ 2021	Şizofreni Tanılı Yetişkin Hastalarda Psikolojik Sağlamlığın Umutsuzluk Ve İntihar Düşüncesi İle İlişkisi	İstanbul Üniversitesi	Nicel desen	PSDÖ şizofreni tanılı bireylerde geçerli ve güvenilir bir ölçüm aracı olduğu ve psikolojik sağlamlık arttıkça intihar olasılığı ve umutsuzluk düzeyinin azaldığı saptandı. Şizofreni tanılı bireylerde psikolojik sağlamlığı arttırmaya yönelik çalışmaların arttırılmasının yararlı olacağı düşünülmektedir.
Odabaş Ünal / 2023	Şizofreni Ve Diğer Psikotik Bozukluk Tanılı Hastalarda Sirküler Rna'nın İntihar Davranışı İle İlişkisinin Değerlendirilmesi	Konya Selçuk Üniversitesi	Nicel desen	Epidemiyolojik ve klinik faktörler arasındaki karmaşık etkileşim ve kısıtlı literatür nedeniyle kesin sonuçlara izin vermese de şizofreninin intihar davranışını artıran birçok riski barındırdığını göstermiştir. Hastalığın başlangıç yaşı ile circRNA moleküllerinin ekspresyonlarında değişiklikler olabileceği bulunmuş ve ayrıca hsa_circ_0084021 molekülünün intihar girişimi olan hastalarda bir miktar azaldığı tespit edilmiştir. circRNA moleküllerinin intiharı öngörmek için geniş örneklem gruplarıyla yapılan prospektif çalışmalar ve kontrol gruplarıyla karşılaştırma ile desteklenmesi gerekmektedir.
Yılmaz/ 2023	Şizofreni Hastalarında Otistik Belirtilerin Değerlendirilmesi Ve İntihar Davranışı İle İlişkisi	Konya Sağlık Bilimleri Üniversitesi	Nicel desen	Çalışma remisyondaki şizofreni hastalarında otistik belirtilerin daha çok hastaneye yatış, daha erken hastalık başlangıcı ve daha yüksek belirti şiddetiyle ilişkili olduğu bildiren literatür çalışmalarını desteklemektedir. Otistik belirtilerin şizofreni hastalarında intihar girişimi ile ilişkili olduğu bulunmuştur. Ayrıca sosyal beceriyi olumsuz etkileyen otistik belirtilerin intihar girişimini yordadığı saptanmıştır.
Aslan/2024	Şizofreni Hastalarında İntihar İle Psikolojik Acı, Dürtüsellik Ve Kognitif İşlevler Arasındaki İlişki	İstanbul Sağlık Bilimleri Üniversitesi	Nicel desen	İntihar girişimi olan şizofreni hastalarında depresyon, umutsuzluk, intihar düşüncesi ve psikolojik acı düzeyleri anlamlı şekilde daha yüksektir. Stroop Testi (dikkat ve bilişsel esneklik) ve Iowa Kumar Testi (karar verme, dürtüsellik) sonuçları, intihar girişimi olan grupta anlamlı olarak daha bozuk saptanmıştır. PANSS ve Wisconsin Kart Eşleştirme Testi skorları açısından gruplar arasında anlamlı fark bulunmamıştır. İntihar davranışı açısından hastaneye yatış sayısı, psikolojik acı ölçeği ve Iowa Kumar Testi sonuçları öngörücü faktörler olarak belirlenmiştir.Mediatör analizde, psikolojik acının depresyon ile intihar arasındaki ilişkide tam aracılık, umutsuzluğun ise psikolojik acı ile intihar arasındaki ilişkide kısmi aracılık rolü olduğu saptanmıştır.
Taşova/2024	Klozapin Kullanan Ve Kullanmayan Şizofreni Tanılı Hastalarda İntihar Riski, Bilişsel Fonksiyonlar, İşlevsellik Ve İçgörünün Değerlendirilmesi	Sivas Cumhuriyet Üniversitesi	Nicel desen	Klozapin kullanan şizofreni hastalarında klozapin kullanımından sonra hastane yatış oranı ve intihar girişimi sayısı anlamlı düzeyde azalırken, içgörü ve işlevsellik düzeylerinde belirgin artış gözlenmiştir. Klozapin, özellikle tedaviye dirençli şizofreni hastalarında hem klinik iyileşme hem de yaşam kalitesi açısından avantaj sağlamaktadır. Elde edilen bu sonuçlar, klozapinin şizofreni tedavisinde etkili ve önemli bir seçenek olduğunu göstermektedir.
Aytaç/ 2025	Remisyonda Şizofreni Hastalarındaki Obsesif Kompulsif Belirtiler İle	Konya Sağlık Bilimleri Üniversitesi	Nicel desen	Şizofreni hastalarında DEHB semptomları ve OKB'nin intihar avranışıyla kuvvetli bir ilişkiye sahip olduğunu göstermiştir. Bu semptomların varlığının yanı sıra,

	Dikkat Eksikliği Ve Hiperaktivite Belirtilerinin İntihar Davranışı Üzerindeki Etkisi			semptom şiddetinin de intihar davranışıyla olan ilişkisi çalışmamızda vurgulanmıştır. Şizofreni hastalarında eşlik eden bu semptomların erken fark edilip bu hastaların düzenli takibe alınması, intihar riskine yönelik müdahalelerin daha etkili olmasını sağlayacaktır.
Kaya/2025	Şizofreni Hastalarında Dürtüsellik Ve İntihar Özellikleri İle S100S Ve BDNF Düzeylerinin İlişkisi	Karadeniz Teknik Üniversitesi	Nicel desen	Şizofreni hastalarında S100B düzeyi anlamlı şekilde yüksek, BDNF düzeyi ise anlamlı şekilde düşük bulundu. S100B yüksekliği artmış intihar eğilimiyle; düşük BDNF ise artmış dürtüsellik ile ilişkili bulundu. Hasta grubunda dürtüsellik ve intihar eğilimi kontrollere göre anlamlı şekilde yüksekti. S100B ve BDNF biyobelirteçleri tek başına intihar ve dürtüsellik riskini öngörmede yeterli değildir; biyopsikososyal değerlendirme gereklidir.
Başkan/ 2025	Şizofreni Tanılı Hastalarda İçselleştirilmiş Damgalanmanın İşlevsellik Ve İntihar Düşüncesi İle İlişkisi	Mersin Üniversitesi	Nicel desen	Bu çalışma, içselleştirilmiş damgalamanın şizofreni hastalarında intihar riski ve işlevsellik üzerindeki olumsuz etkilerini vurgulamaktadır. Elde edilen bulgular,ruhsal hastalıkların damgalanmasına karşı geliştirilecek psikososyal müdahale programlarının önemini ortaya koymakta; özellikle damgalanmanın azaltılmasına yönelik çalışmaların intiharın önlenmesi ve işlevselliğin artırılması açısından katkı sağlayabileceğini göstermektedir.
Göktürk/ 2025	Şizofreni Hastalarında Kronotip İle İntihar Olasılığı Ve İntihar Davranışı Arasındaki İlişki	Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi	Nicel desen	Elde edilen veriler, şizofreni hastalarında yalnızca psikopatolojik belirtilerin değil, aynı zamanda bireysel biyolojik ritim farklılıklarının da intihar riskini etkileyebileceğini göstermektedir. Çalışmada, özellikle sabahçıl-akşamcıl eğilimler ile intihar olasılığı ve intihar davranışı arasında anlamlı ilişkilerin bulunması, kronobiyolojik faktörlerin ruhsal hastalıkların seyri ve risk yönetimi üzerinde dikkate alınması gereken önemli değişkenler olduğunu ortaya koymuştur.
Birinci/2025	Şizofreni Hastalarında GLP-1,DPP-4,Ghrelin Düzeylerinin Klinik Belirtiler, Depresyon Ve İntihar Olasılığıyla İlişkisinin İncelenmesi	Bursa Sağlık Bilimleri Üniversitesi	Nicel desen	GLP-1 ve DPP-4, şizofreniye eşlik eden depresyonun biyolojik belirteçleri olabilir. Bu bulgular, tanı ve tedavi süreçlerinde biyokimyasal göstergelerin önemini ortaya koymaktadır. Ghrelinin ise intihar riskiyle ilişkisi araştırılmaya değerdir.

TARTIŞMA

Bu çalışmada, Türkiye'de 2010-2025 yılları arasında şizofreni tanılı bireylerde intihar davranışını inceleyen tez çalışmalarının bulguları değerlendirilmiştir. Tezlerin büyük çoğunluğunda, şizofreni hastalarında intihar riskinin topluma kıyasla belirgin şekilde yüksek olduğu ve bu riskin çok boyutlu etmenler tarafından şekillendiği vurgulanmaktadır. Bulgular, intihar davranışının klinik, bilişsel, biyolojik ve psikososyal faktörlerin karmaşık etkileşimiyle ortaya çıktığını göstermektedir (Gündüz, 2010; Kayapınar Aylak, 2016; Aslan, 2024).

Çalışmalarda depresyon, umutsuzluk ve psikolojik acı düzeylerinin intihar davranışı ile anlamlı düzeyde ilişkili olduğu; bazı çalışmalarda yapılan lojistik regresyon analizlerinde bu değişkenlerin intihar davranışını öngören bağımsız değişkenler arasında yer aldığı bildirilmiştir (Atmaca, 2016; Öztürk, 2012; Aslan, 2024).

Şizofreni hastalarında sık görülen komorbid psikiyatrik belirtiler (obsesif-kompulsif belirtiler, otistik özellikler ve dikkat eksikliği/hiperaktivite belirtileri gibi) ile yüksek dürtüsellik düzeyinin de intihar riskiyle anlamlı biçimde ilişkili olduğu ve bazı çalışmalarda risk artışıyla bağlantılı bulunduğu gösterilmiştir (Yılmaz, 2023; Aytaç, 2025; Kaya, 2025).

Bu bulgular, şizofrenide intihar davranışına ilişkin literatürde depresyon, umutsuzluk ve eşlik eden psikiyatrik belirtilerin temel risk faktörleri olduğuna işaret eden önceki çalışmalarla paralellik göstermektedir (Hawton ve ark., 2005; Pompili ve ark., 2007).

Araştırmalarda, düşük sosyal destek, ailede intihar öyküsü, çocukluk çağı travmaları, damgalanma ve düşük psikolojik sağlamlık gibi psikososyal etkenlerin de intihar davranışına katkı sağladığı gösterilmiştir (Kayapınar Aylak, 2016; Başkan, 2025; Uslu Duran, 2021). Bu sonuçlar, şizofreninin biyopsikososyal bir hastalık olduğu ve intihar riskinin de bu çoklu faktörlerin birleşimiyle ortaya çıktığı görüşünü desteklemektedir.

Bilişsel işlevler alanında yapılan tezler, karar verme ve dikkat gibi yürütücü işlevlerdeki bozulmaların intihar riskiyle ilişkili olabileceğine işaret etmektedir (Kocatürk, 2011; Aslan, 2024). Ayrıca, son yıllarda genetik yatkınlık, biyolojik ritim (kronotip) ve biyobelirteçlerin (S100B, BDNF, GLP-1, DPP-4, circRNA vb.) intihar davranışındaki rolüne ilişkin araştırmaların arttığı; bu bulguların da gelecekte intihar riskinin daha nesnel ve bütüncül değerlendirilmesinde önemli olabileceği anlaşılmaktadır (Kaya, 2025; Birinci, 2025; Göktürk, 2025; Odabaş Ünal, 2023).

Bulgular, farmakolojik açıdan özellikle tedaviye dirençli şizofrenide klozapin kullanımının, hem intihar davranışını hem de hastaneye yatış oranlarını azaltmada etkili olduğunu, işlevsellik ve içgörüde ise artış sağladığını göstermektedir (Gündüz, 2010; Taşova, 2024). Uyku bozuklukları ve uykusuzluğun da intihar davranışını artırıcı etkisi olduğu gözlenmiştir (Salman, 2020). Çalışma sonuçları, şizofreni hastalarında intihar riskinin değerlendirilmesinde ve önlenmesinde, yalnızca psikiyatrik semptomların değil; aynı zamanda bilişsel, biyolojik, sosyal ve çevresel etmenlerin de ayrıntılı şekilde dikkate alınması gerektiğini göstermektedir. Çoğu tezin tanımlayıcı veya ilişki arayıcı tasarımda olması, müdahale ve izlem çalışmalarına olan gereksinimi de ortaya koymaktadır.

SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada incelenen tezlere göre, şizofrenide intihar davranışı güncelliğini ve önemini koruyan bir sorun olarak karşımıza çıkmaktadır. İntihar riskinin çok yönlü belirleyicileri göz önüne alındığında, klinik uygulamada risk değerlendirmesinin multidisipliner ve bütüncül bir yaklaşımla ele alınması gerekmektedir. Özellikle depresyon ve umutsuzluğun erken dönemde saptanması, komorbid psikiyatrik belirtilerin etkin biçimde yönetilmesi, bilişsel işlevlerin ve biyolojik belirteçlerin izlenmesi önem taşımaktadır. Bununla birlikte, içselleştirilmiş damgalanmanın intihar düşüncesi ve işlevsellik ile ilişkili olduğunun gösterilmesi (Başkan, 2025), damgalamayı azaltmaya yönelik psikososyal müdahalelerin ve destek programlarının yaygınlaştırılmasının intihar riskinin azaltılmasında önemli bir bileşen olabileceğini düşündürmektedir.

Gelecekte yapılacak çalışmalarda, müdahale ve takip odaklı araştırmalara ağırlık verilmesi, biyolojik ve nöropsikolojik göstergelerin klinik pratikte kullanılabilirliğinin araştırılması ve aile ile toplumsal düzeyde farkındalık çalışmaları önerilmektedir. Ayrıca, şizofreni hastalarında intihar davranışının önlenmesine yönelik psikoeğitim, rehabilitasyon ve bütüncül ruh sağlığı hizmetlerinin geliştirilmesi ve yaygınlaştırılması yararlı olacaktır.

KAYNAKLAR

Aslan, K. (2024). Şizofreni hastalarında intihar ile psikolojik acı, dürtüsellik ve kognitif işlevler arasındaki ilişki(Psikiyatri uzmanlık tezi). İstanbul Sağlık Bilimleri Üniversitesi.

Atmaca, M. (2016). Şizofreni hastalarında intihar olasılığının depresyon ve içgörü ile ilişkisi (Yüksek lisans tezi). Sakarya Üniversitesi.

Aytaç, B. (2025). Remisyonda şizofreni hastalarındaki obsesif kompulsif belirtiler ile dikkat eksikliği ve hiperaktivite belirtilerinin intihar davranışı üzerindeki etkisi (Psikiyatri uzmanlık tezi). Konya Sağlık Bilimleri Üniversitesi.

Başkan, L. (2025). Şizofreni tanılı hastalarda içselleştirilmiş damgalanmanın işlevsellik ve intihar düşüncesi ile ilişkisi(Psikiyatri uzmanlık tezi). Mersin Üniversitesi.

Birinci, H. (2025). Şizofreni hastalarında GLP-1, DPP-4 ve ghrelin düzeylerinin klinik belirtiler, depresyon ve intihar olasılığıyla ilişkisinin incelenmesi (Psikiyatri uzmanlık tezi). Bursa Sağlık Bilimleri Üniversitesi.

Göktürk, S. (2025). Şizofreni hastalarında kronotip ile intihar olasılığı ve intihar davranışı arasındaki ilişki (Yüksek lisans tezi). Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi.

Gündüz, A. (2010). Klozapin tedavisi ile ayaktan takibi yapılan şizofreni hastalarında klinik tablonun ve tedavi öncesi-sonrası değişkenlerin değerlendirilmesi (Psikiyatri uzmanlık tezi). İstanbul Sağlık Bilimleri Üniversitesi.

Hawton, K., Sutton, L., Haw, C., Sinclair, J., & Deeks, J. J. (2005). Schizophrenia and suicide: Systematic review of risk factors. British Journal of Psychiatry, 187(1), 9-20. https://doi.org/10.1192/bjp.187.1.9

Kan Uzel, A. (2019). Şizofreni tanılı hastalarda intihar olasılığının zihin kuramı becerileri ve erken uyumsuz şemalar ile ilişkisi (Psikiyatri uzmanlık tezi). Mersin Üniversitesi.

Karaca, T. (2019). Şizofreni tanılı hastalarda intihar davranışının algılanan duygu dışavurumu, mizaç ve karakter özellikleri ile ilişkisi (Psikiyatri uzmanlık tezi). İstanbul Sağlık Bilimleri Üniversitesi.

Kayapınar Aylak, E. (2016). Şizofreni hastalarında intihar davranışı ile dürtüsellik ve agresyonun ilişkisi (Psikiyatri uzmanlık tezi). İstanbul Sağlık Bilimleri Üniversitesi.

Kaya, R. (2025). Şizofreni hastalarında dürtüsellik ve intihar özellikleri ile biyobelirteçlerin ilişkisi (Psikiyatri uzmanlık tezi). Karadeniz Teknik Üniversitesi.

Kocatürk, B. (2011). Şizofreni hastalarında intihar davranışının bilişsel işlevlerle ilişkisi (Psikiyatri uzmanlık tezi). Eskişehir Osmangazi Üniversitesi.

Kurtuluş Çallı, D. (2019). Şizofreni hastalarında intihar davranışı ile nörobilişsel işlevler, sosyal biliş ve içgörü arasındaki ilişki (Psikiyatri uzmanlık tezi). İstanbul Sağlık Bilimleri Üniversitesi.

Odabaş Ünal, Z. (2023). Şizofreni ve diğer psikotik bozukluk tanılı hastalarda sirküler RNA'nın intihar davranışı ile ilişkisinin değerlendirilmesi (Psikiyatri uzmanlık tezi). Konya Selçuk Üniversitesi.

Önder, E. (2012). Klozapin monoterapisi ile diğer atipik antipsikotiklerin karşılaştırılması (Psikiyatri uzmanlık tezi). İstanbul Sağlık Bilimleri Üniversitesi.

Öztürk, S. (2012). Şizofreni hastalarında intihar girişiminin pozitif ve negatif semptomlar, depresyon, umutsuzluk, içgörü ve bilişsel işlevlerle ilişkisi (Psikiyatri uzmanlık tezi). Gazi Üniversitesi.

Pompili, M., Amador, X. F., Girardi, P., Harkavy-Friedman, J., Harrow, M., Kaplan, K., Krausz, M., Lester, D., Meltzer, H. Y., Modestin, J., Negro, C., Pfuhlmann, B., Sani, G.,

Tatarelli, R., & Wilson, D. R. (2007). Suicide risk in schizophrenia: Learning from the past to change the future. Annals of General Psychiatry, 6(1), 10. https://doi.org/10.1186/1744-859X-6-10

Salman, Y. (2020). Şizofreni tanılı hastalarda uykusuzluğun intihar davranışı üzerine etkisi (Psikiyatri uzmanlık tezi). İstanbul Sağlık Bilimleri Üniversitesi.

Taşova, S. (2024). Klozapin kullanan ve kullanmayan şizofreni tanılı hastalarda intihar riski, bilişsel fonksiyonlar, işlevsellik ve içgörünün değerlendirilmesi (Psikiyatri uzmanlık tezi). Sivas Cumhuriyet Üniversitesi.

Uçak, H. (2021). Şizofreni ve diğer psikotik bozukluk tanılı hastalarda intihar davranışı ile SIRT1 geni arasındaki ilişkinin değerlendirilmesi (Psikiyatri uzmanlık tezi). Konya Selçuk Üniversitesi.

Uslu Duran, F. (2021). Şizofreni tanılı yetişkin hastalarda psikolojik sağlamlığın umutsuzluk ve intihar düşüncesi ile ilişkisi (Yüksek lisans tezi). İstanbul Üniversitesi.

Yılmaz, M. (2023). Şizofreni hastalarında otistik belirtilerin değerlendirilmesi ve intihar davranışı ile ilişkisi(Psikiyatri uzmanlık tezi). Konya Sağlık Bilimleri Üniversitesi.”

CURRENT REVASCULARIZATION STRATEGIES IN CORONARY ARTERY DISEASE: PCI, CABG, AND HEART TEAM APPROACH

KORONER ARTER HASTALIĞINDA GÜNCEL REVASKÜLARİZASYON STRATEJİLERİ: PCI, CABG VE KALP TAKIMI YAKLAŞIMI

Dr. Berkay TOPAL
Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi, Kardiyoloji Kliniği, Bolu, Türkiye
ORCID: 0009-0003-9579-4981

Uzm. Dr. Muhammed Emre GÜLEŞİR
Bolu İzzet Baysal Devlet Hastanesi, Kardiyoloji Kliniği, Bolu, Türkiye
ORCID: 0000-0002-9511-5825

Dr. Umut Ata UĞRAŞ
Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi, Kalp ve Damar Cerrahisi Kliniği, Bolu, Türkiye
ORCID: 0009-0006-1606-0130

ÖZET

Amaç: Bu derlemenin amacı, özellikle kardiyovasküler cerrahi perspektifinden revaskülarizasyon karar sürecinin güncel çerçevesini ortaya koymaktır.

Materyal ve Yöntem: Koroner arter hastalığında güncel revaskülarizasyon endikasyonları, perkütan koroner girişim (PCI) ve koroner arter bypass greftleme (CABG) yöntemlerinin temel avantaj ve kısıtlılıkları, özel hasta alt gruplarındaki tercih nedenleri ve kalp takımı yaklaşımının klinik önemi güncel literatür eşliğinde derlenerek incelenmiştir.

Bulgular: Güncel kanıtlar, revaskülarizasyon kararının yalnızca anatomik darlık derecesine göre değil; iskemi yükü, sol ventrikül fonksiyonu, eşlik eden komorbiditeler, lezyon kompleksitesi, frajilite, cerrahi risk ve hasta tercihi gibi çok sayıda değişken dikkate alınarak verilmesi gerektiğini göstermektedir. PCI, daha düşük erken invazivite, kısa hastanede kalış süresi ve hızlı iyileşme avantajları sunmaktadır. Buna karşılık CABG, özellikle kompleks çok damar hastalığında, diyabetik bireylerde ve yüksek anatomik yük varlığında daha tam revaskülarizasyon ve daha düşük tekrar girişim oranı sağlayabilmektedir. Sol ana koroner arter hastalığı, çok damar hastalığı ve diyabetik hasta alt gruplarında revaskülarizasyon stratejisinin dikkatle seçilmesi gerektiği saptanmıştır.

Sonuç: Her hastaya tek tip yaklaşım uygun değildir. Kardiyolog, girişimsel kardiyolog, kalp damar cerrahı ve gerektiğinde anesteziyoloji ile yoğun bakım ekiplerini bir araya getiren "kalp takımı" yaklaşımı, hasta merkezli ve kanıta dayalı karar vermeyi güçlendirmektedir. PCI ile

CABG arasındaki seçim, modern kılavuzlarda giderek daha fazla bireyselleştirilmiş bir yaklaşım çerçevesinde değerlendirilmelidir.

Anahtar Kelimeler: koroner arter hastalığı, revaskülarizasyon, perkütan koroner girişim, koroner arter bypass greftleme, kalp takımı, çok damar hastalığı

ABSTRACT

Objective: The aim is to present an updated framework for revascularization decision-making, with particular emphasis on the cardiovascular surgical perspective.

Materials and Methods: Current indications for revascularization in coronary artery disease (CAD), the principal strengths and limitations of percutaneous coronary intervention (PCI) and coronary artery bypass grafting (CABG), strategy selection in important clinical subgroups, and the growing relevance of the Heart Team approach are summarized based on a review of current literature.

Results: Revascularization decisions are no longer based solely on the degree of anatomical stenosis; they also incorporate ischemic burden, left ventricular function, comorbidities, lesion complexity, frailty, surgical risk, and patient preference. PCI offers the advantages of lower initial invasiveness, shorter hospital stay, and faster recovery. Conversely, CABG may provide more complete revascularization and lower repeat revascularization rates in patients with complex multivessel disease, high anatomical burden, and diabetes. Current evidence suggests that the optimal strategy should be carefully tailored, particularly in patients with left main disease, multivessel coronary disease, and diabetes mellitus.

Conclusion: A single uniform approach is not appropriate for all patients. The Heart Team model—bringing together the clinical cardiologist, interventional cardiologist, cardiac surgeon, and when necessary anesthesiology and intensive care specialists—supports patient-centered, evidence-based, and balanced decision-making. Therefore, the choice between PCI and CABG is increasingly framed within a personalized and multidisciplinary decision-making process.

Keywords: coronary artery disease, revascularization, percutaneous coronary intervention, coronary artery bypass grafting, Heart Team, multivessel disease

GİRİŞ

Koroner arter hastalığı, aterosklerotik sürecin koroner damar yatağını etkilemesi sonucu gelişen ve stabil anjinadan akut koroner sendromlara kadar geniş bir klinik spektrum oluşturabilen önemli bir kardiyovasküler hastalık grubudur. Dünyada kardiyovasküler mortalitenin temel belirleyicilerinden biri olmayı sürdürmektedir.[1,2] Son yıllarda lipid düşürücü tedaviler, antitrombotik ajanlar, yaşam tarzı müdahaleleri ve risk faktörü kontrolünde önemli ilerlemeler sağlanmış olsa da, miyokardiyal revaskülarizasyon hâlâ seçilmiş hastalarda tedavinin merkezinde yer almaktadır.[1-4]

Revaskülarizasyonun amacı yalnızca koroner darlığı anatomik olarak ortadan kaldırmak değildir. Asıl hedef; miyokard iskemisini azaltmak, semptom kontrolü sağlamak, yaşam kalitesini artırmak ve uygun hasta alt gruplarında uzun dönemprognozu iyileştirmektir.[1-3] Güncel yaklaşımda revaskülarizasyon kararı, sadece anjiyografik görüntüye dayanarak değil; klinik tablo, iskemi yükü, sol ventrikül fonksiyonu, komorbiditeler, anatomik kompleksite ve hasta tercihleri birlikte değerlendirilerek verilmektedir.[1,3]

Koroner revaskülarizasyonda başlıca iki yöntem vardır: perkütan koroner girişim (PCI) ve koroner arter bypass greftleme (CABG). PCI daha az invaziv bir yaklaşım sunarken, CABG özellikle kompleks anatomik hastalıkta, çok damar tutulumunda ve diyabetik hasta alt grubunda uzun dönem dayanıklılığı ile dikkat çekmektedir.[3,5-9] Bu nedenle modern yaklaşım "hangi yöntem daha iyi?" sorusundan çok "hangi hastada hangi yöntem daha uygundur?" sorusuna odaklanmaktadır.

GELİŞME

Koroner arter hastalığında revaskülarizasyonun yeri

Revaskülarizasyon gereksinimi her koroner darlıkta aynı değildir. Güncel kılavuzlar, anatomik stenoz ile fonksiyonel anlamlılık arasındaki ayrımı vurgulamaktadır.[1,3] Özellikle orta dereceli lezyonlarda fraksiyonel akım rezervi (FFR) veya non-hiperemik basınç oranları gibi fizyolojik değerlendirme yöntemleri, gereksiz girişimlerin önlenmesinde ve doğru hasta seçiminde değerlidir.[1,3,10] Bu yaklaşım, revaskülarizasyon kararını yalnızca görüntü temelli değil, aynı zamanda fizyolojik ve klinik anlamlılık temelli hale getirmiştir.

Revaskülarizasyon endikasyonları temel olarak iki ana başlıkta toplanabilir: semptomatik yarar ve prognostik yarar. Medikal tedaviye rağmen persistan anjina yakınması olan hastalarda revaskülarizasyon semptom kontrolünde etkili olabilir.[1,2] Buna karşılık sol ana koroner arter hastalığı, kompleks çok damar hastalığı, ciddi iskemi yükü ve bazı düşük ejeksiyon fraksiyonlu hasta gruplarında revaskülarizasyon prognostik açıdan da önem kazanır.[1-4] Bu nedenle revaskülarizasyon kararı, tek bir sabit algoritmadan ziyade bireysel risk-fayda değerlendirmesine dayanmalıdır.

PCI'nin güncel rolü

PCI, günümüzde çağdaş ilaç salınımlı stentler, daha güçlü antiplatelet tedavi seçenekleri, intravasküler ultrasonografi (IVUS), optik koherens tomografi (OCT) ve fizyolojik rehberlik yöntemleriyle oldukça gelişmiş bir tedavi alanıdır.[3,10-12] Özellikle daha sınırlı anatomik hastalıkta, yüksek cerrahi riskli olgularda veya hızlı iyileşme gerektiren klinik durumlarda önemli avantajlar sağlar. Daha düşük invazivite, sternotomi gerektirmemesi, daha kısa hastanede kalış ve daha çabuk fonksiyonel iyileşme PCI'nin temel üstünlükleri arasındadır.[3,11]

Akut koroner sendromlarda PCI'nin yeri daha da belirgindir. 2023 ESC akut koroner sendrom kılavuzu, invaziv değerlendirme ve gerektiğinde revaskülarizasyonun tedavinin temel bileşenlerinden biri olduğunu açıkça ortaya koymaktadır.[4] Bununla birlikte, kronik koroner hastalıkta PCI kararının hasta bazında verilmesi gerekir.

PCI'nin sınırlılıkları ise özellikle kompleks koroner anatomide ortaya çıkar. Yaygın kalsifikasyon, bifürkasyon lezyonları, kronik total oklüzyonlar, diffüz hastalık ve ileri SYNTAX skoru olan olgularda işlem başarısı, tam revaskülarizasyon olasılığı ve uzun dönem dayanıklılık açısından CABG daha avantajlı olabilir.[3,5-9] FAME 3 çalışmasının 5 yıllık izlem sonuçlarında, FFR rehberli PCI ile CABG arasında ölüm, inme ve miyokard enfarktüsü birleşik sonlanımı bakımından anlamlı fark saptanmamış olmakla birlikte, PCI kolunda miyokard enfarktüsü ve tekrar revaskülarizasyon oranlarının daha yüksek olduğu bildirilmiştir.[8] Bu veri, çağdaş PCI stratejilerinin güçlü olduğunu ancak kompleks çok damar hastalığında CABG'ye kıyasla bazı sınırlılıklarının devam ettiğini göstermektedir.[8]

CABG'nin güncel rolü

CABG, özellikle çok damar hastalığı, diffüz ateroskleroz, sol ana koroner arter tutulumu ve diyabetik hasta alt grubunda güçlü bir revaskülarizasyon seçeneği olmayı sürdürmektedir.[3,5-9] Cerrahinin en önemli avantajı, yalnızca kritik stenozu açmakla kalmayıp lezyonun distalindeki miyokardı da yeniden kanlandırabilmesi ve böylece daha kapsamlı, bazen de daha dayanıklı bir revaskülarizasyon sağlayabilmesidir.[3,6,7]

2021 ACC/AHA/SCAI revaskülarizasyon kılavuzu, özellikle anatomik kompleksitenin yüksek olduğu çok damar hastalığında ve belirli sol ana hastalığı olgularında CABG'nin önemini vurgulamaktadır.[3] Ayrıca radial arter greftinin ikinci önemli hedef damarda kullanımı, seçilmiş hastalarda safen ven greftine kıyasla daha iyi uzun dönem açıklık oranlarıyla ilişkilendirilmektedir.[3] Cerrahi teknik, greft seçimi ve perioperatif bakım alanındaki gelişmeler CABG sonuçlarını daha da iyileştirmiştir.

Bununla birlikte CABG daha invazivdir. Perioperatif inme, kanama, yara enfeksiyonu, renal disfonksiyon ve postoperatif atriyal fibrilasyon gibi komplikasyonlar özellikle ileri yaşlı, frajil veya çoklu komorbiditesi olan hastalarda dikkatle değerlendirilmelidir.[3,13] Bu yüzden CABG kararı salt anatomiye değil; cerrahi risk, fonksiyonel rezerv ve beklenen uzun dönem yarara göre verilmelidir.

CABG operasyonlarında uzun vadedeki başarıyı etkileyen en kritik faktörlerin başında, re-vaskülarize edilecek bölgeye en uygun greftin seçilmesi geliyor. Günlük pratiğimizde ve güncel literatürde; sol internal mammaryan arter (LIMA), radial arter (RA) ve safen ven greftlerini (SVG) açıklık oranları, hastanın sağkalımı ve majör advers kardiyak olaylardan (MACE) korunma gibi parametreler üzerinden sıkça karşılaştırıyoruz.[22,23]

Sol İnternal Mammaryan Arter (LIMA) – Temel strateji: CABG ve miyokardiyal revaskülarizasyon konseptinin temel taşı şüphesiz LIMA-LAD anastomozudur. Endotel fonksiyonlarının mükemmelliği (özellikle yüksek nitrik oksit salınımı) ve aterosklerotik sürece karşı yapısal direnci sayesinde LIMA, on yıllık takiplerde bile %90-95'leri aşan patensi oranları sunuyor.[24] Bu olağanüstü açıklık, diğer arteriyel greftler ve safen ven ile kıyaslandığında hastaya benzersiz bir uzun dönem sağkalım avantajı sağlıyor. Zaten bu yüzden güncel kılavuzların hepsinde tartışmasız ilk seçenek olmaya devam ediyor.[23,24]

Radial Arter (RA) - İkinci Arteriyel Seçenekte Lider: LIMA'nın bu net başarısı sonrası, çok damar hastalarında ikinci bir arteriyel greft arayışı hız kazandı ve radial arter burada yıldızlaştı.[23] RADIAL projesi ve yakın dönemli meta-analizlere baktığımızda, radial arterin uzun vadede safen vene göre çok daha iyi açıklık oranlarına ve daha düşük MACE gelişimine sahip olduğunu net olarak görüyoruz.[13,22] Tabi burada önemli bir nüans var: Radial arterin uzun dönem çalışması, anastomoz yapılan koroner arterdeki darlığın derecesiyle (tercihen %70 üzeri stenoz) çok yakından ilişkili. Safen vene kıyasla kompetitif akıma daha duyarlı bir yapısı olduğu için, eğer darlık kritik seviyede değilse vazospazm ve greft disfonksiyonu gibi riskler karşımıza çıkabiliyor.[22]

Safen Ven Grefti (SVG) - Geleneksel Ama Gelişime Açık: Alt ekstremiteden çıkarılan büyük safen ven; cerrahi olarak hazırlanmasının kolay olması, uzunluğu ve hemen her koroner anatomiye uyarlanabilmesi sayesinde dünyada hala en çok başvurduğumuz greft konumunda. Ancak maalesef, venöz endotelin yüksek arteriyel basınca maruz kalmasıyla başlayan intimal hiperplazi ve ilerleyen ateroskleroz, SVG'nin kritik noktası. Klasik yöntemlerle hazırlanan safen greftlerde 10 yıllık açıklık oranları %50-60'lara kadar düşebiliyor. Her ne kadar LIMA ve radial arterin gölgesinde kalsa da, son zamanlarda giderek yaygınlaşan "no-touch" (dokunmadan, çevre dokusuyla beraber çıkarma) tekniği sayesinde SVG'nin erken ve orta

dönem açıklık oranlarında yüz güldürücü artışlar sağlandı ve arteriyel greft sonuçlarına epey yaklaşıldı.[25]

Toparlamak gerekirse; Çoklu arteriyel revaskülarizasyon planlarken LIMA bizim olmazsa olmazımız. İkinci greft tercihinde ise radial arter, özellikle darlığın ciddi olduğu ve uzun yaşam beklentisi öngördüğümüz hastalarda safen vene bariz bir üstünlük kuruyor.[13,22] Yine de SVG, teknik olarak zorlandığımız anlarda veya karmaşık anatomilerde pratik ve vazgeçilmez bir seçenek olmaya devam ediyor.[25] Modern Kalp Takımı ("Heart Team") konseptinde greft seçimi; hastanın ek hastalıkları, yaşı, hedef damarın darlık seviyesi ve ameliyatı yapacak ekibin deneyimi gibi faktörler harmanlanarak tamamen hastaya özel (bireyselleştirilmiş) bir şekilde yapılmalıdır.

Sol ana ve çok damar hastalığında karar verme

Sol ana koroner arter hastalığı ve kompleks çok damar hastalığı, revaskülarizasyon stratejisinin en tartışmalı alanlarından biridir. Güncel kanıtlar, anatomik kompleksite düşük veya orta düzeyde ise bazı sol ana lezyonlarında PCI'nin makul bir seçenek olabileceğini göstermektedir; ancak distal bifürkasyon tutulumu, yaygın ek çok damar hastalığı ve yüksek SYNTAX skoru varlığında CABG genellikle daha dayanıklı bir strateji olarak öne çıkmaktadır.[3,5-9,14]

SYNTAXES ve sonraki uzun dönem analizler, anatomik yük ve hasta alt gruplarına göre PCI ile CABG sonuçlarının farklılaşabildiğini göstermiştir.[6,7,14] Özellikle kompleks anatomide CABG lehine bir eğilim sürmektedir.[6-8] Buna karşın intravasküler görüntüleme rehberli PCI, sol ana girişimlerinde işlem optimizasyonunu belirgin şekilde iyileştirebilmektedir.[11,12] Yine de tekrar revaskülarizasyon gereksinimi PCI kolunda daha yüksek kalabilmektedir.[8,11]

Diyabetik hastalarda revaskülarizasyon

Diyabetes mellitus, koroner arter hastalığının daha diffüz, daha kompleks ve daha küçük damarları etkileyen bir formuyla ilişkilidir. Bu nedenle diyabetik hastalarda revaskülarizasyon stratejisi seçimi ayrı bir önem taşır.[3,9,15] Çok damar hastalığı olan diyabetik bireylerde CABG'nin uzun dönem mortalite, miyokard enfarktüsü ve tekrar revaskülarizasyon açısından daha avantajlı olabileceğini gösteren veriler güncelliğini korumaktadır.[9,15]

2025 yılında yayımlanan uzun dönem gözlemsel analizlerde de üç damar hastalığı ve diyabet birlikteliğinde CABG'nin PCI'ye göre daha düşük miyokard enfarktüsü ve tekrar revaskülarizasyon oranlarıyla ilişkili olduğu bildirilmiştir.[15] Bununla birlikte çağdaş stent teknolojileri ve yoğun medikal tedavi, PCI sonuçlarını geçmişe göre iyileştirmiştir. Dolayısıyla diyabet tek başına otomatik olarak cerrahi endikasyon yaratmasa da, anatomik kompleksite ile birlikte değerlendirildiğinde karar sürecinde güçlü bir ağırlığa sahiptir.[3,9,15]

Kalp takımı yaklaşımı

Güncel revaskülarizasyon pratiğinde en dikkat çekici kavramsal dönüşümlerden biri kalp takımı yaklaşımıdır. Bu modelde klinik kardiyolog, girişimsel kardiyolog, kalp damar cerrahı ve gerektiğinde anestezi, yoğun bakım ve görüntüleme uzmanları hastayı birlikte değerlendirir.[1-3] Bu ortak değerlendirme, özellikle sol ana hastalığı, çok damar hastalığı, diyabet, düşük ejeksiyon fraksiyonu, ileri yaş, frajilite ve sınırda cerrahi risk gibi durumlarda son derece değerlidir.[1-3]

Kalp takımı yaklaşımı yalnızca teknik yapılabilirliği değil, aynı zamanda revaskülarizasyonun hedefini de sorgular: semptom kontrolü mü ön plandadır, prognoz kazanımı mı beklenmektedir, tam revaskülarizasyon mümkün müdür, hasta daha az invaziv ama tekrar girişim olasılığı yüksek bir seçeneği mi ister yoksa daha invaziv fakat daha kalıcı bir çözümü mü tercih eder?

Bu çerçevede hasta tercihleri ve ortak karar verme süreci modern kılavuzların temel bileşenlerinden biridir.[1-3]

Cerrahi perspektiften güncel değerlendirme

Kardiyovasküler cerrahi açısından değerlendirildiğinde CABG, özellikle yaygın ve kompleks koroner hastalıkta yalnızca alternatif değil, çoğu zaman en rasyonel primer revaskülarizasyon yöntemi olarak önemini korumaktadır.[3,5-9] Arteriyel greftlerin daha fazla kullanımı, teknik rafinasyon, daha iyi miyokard koruma stratejileri, enfeksiyon azaltıcı protokoller ve gelişmiş yoğun bakım uygulamaları bu yaklaşımın başarısını desteklemektedir.[3,13,16]

Ayrıca postoperatif sekonder korunma da cerrahinin uzun dönem başarısında kritik rol oynar. Antiplatelet tedavi, statin kullanımı, kan basıncı ve diyabet kontrolü, yaşam tarzı düzenlemeleri ve kardiyak rehabilitasyon, CABG sonrası sonuçları anlamlı biçimde etkileyen unsurlardır.[1-3,16] Cerrahinin başarısı yalnızca ameliyat masasında değil, uzun dönem bütüncül bakım içinde ortaya çıkar.

SONUÇ

Koroner arter hastalığında revaskülarizasyon stratejisi günümüzde standart ve tek tip bir yaklaşımla belirlenemez. PCI ve CABG birbirinin basit alternatifleri değil, farklı klinik bağlamlarda farklı üstünlükleri bulunan iki tamamlayıcı tedavi seçeneğidir.[1-3] PCI daha az invaziv yapısı ve hızlı iyileşme avantajıyla öne çıkarken, CABG özellikle kompleks çok damar hastalığı, sol ana koroner arter tutulumu, diyabet ve tam revaskülarizasyonun belirleyici olduğu olgularda daha dayanıklı uzun dönem sonuçlar sağlayabilmektedir.[3,5-9,15]

Çağdaş kılavuzlar ve güncel çalışmalar, revaskülarizasyon kararının anatomik, fizyolojik ve klinik veriler birlikte değerlendirilerek verilmesi gerektiğini göstermektedir.[1-4,8] Bu karar sürecinin merkezinde ise kalp takımı yaklaşımı ve hasta merkezli ortak karar verme yer almaktadır.[1-3] Dolayısıyla koroner arter hastalığında asıl başarı, yalnızca damarı açmak ya da bypass etmek değil; doğru hastaya, doğru zamanda, doğru revaskülarizasyon stratejisini uygulayabilmektir.

KAYNAKÇA

1. Vrints CJM, Knuuti J, Damman P, et al. 2024 ESC guidelines for the management of chronic coronary syndromes. *Eur Heart J*. 2024;45(36):3415-3537.

2. Virani SS, Newby LK, Arnold SV, et al. 2023 AHA/ACC/ACCP/ASPC/NLA/PCNA guideline for the management of patients with chronic coronary disease. *Circulation*. 2023;148(9):e9-e119.

3. Lawton JS, Tamis-Holland JE, Bangalore S, et al. 2021 ACC/AHA/SCAI guideline for coronary artery revascularization. *Circulation*. 2022;145(3):e18-e114.

4. Byrne RA, Rossello X, Coughlan JJ, et al. 2023 ESC guidelines for the management of acute coronary syndromes. *Eur Heart J*. 2023;44(38):3720-3826.

5. Yoon YH, Ahn JM, Kang DY, et al. Impact of SYNTAX score on 10-year outcomes after revascularization for left main coronary artery disease. *JACC Cardiovasc Interv*. 2020;13(3):361-371.

6. Lee JM, Rhee TM, Hahn JY, et al. Prognostic effect of the SYNTAX score on 10-year outcomes after revascularization in patients with complex coronary artery disease. *J Am Heart Assoc*. 2021;10:e021281.

7. Wang R, Stone GW, et al. Impact of established cardiovascular disease on 10-year outcomes after coronary revascularization in complex coronary artery disease: SYNTAXES study. *Eur Heart J Open*. 2021;1(1):oeab012.

8. Fearon WF, et al. Outcomes after fractional flow reserve-guided percutaneous coronary intervention versus coronary artery bypass grafting (FAME 3): 5-year follow-up of a multicentre, open-label, randomised trial. *Lancet*. 2025;405:1713-1723.

9. El-Andari R, et al. Percutaneous coronary intervention versus coronary artery bypass grafting in patients with three-vessel coronary artery disease and diabetes: long-term follow-up. *J Am Heart Assoc*. 2025. PMID: 40497515.

10. Fearon WF, et al. Fractional flow reserve-guided PCI as compared with coronary bypass surgery. *N Engl J Med*. 2022;386:128-137.

11. Papapanagiotou AR, et al. Intravascular imaging guidance for left main interventions. *Curr Cardiol Rep*. 2025;27:35. PMID: 41440876.

12. Zito A, et al. Intravascular imaging-guided versus angiography-guided PCI in bifurcation and unprotected left main lesions: a systematic review and meta-analysis. *Int J Cardiol*. 2025. PMID: 40436434.

13. Gaudino M, et al. Radial artery versus saphenous vein as the second conduit for coronary artery bypass surgery: contemporary evidence and clinical implications. *J Thorac Cardiovasc Surg*. 2021;161(3):1024-1032.

14. Kakar H, et al. Percutaneous coronary intervention versus coronary artery bypass grafting in non-ST-elevation acute coronary syndrome with multivessel disease: a systematic review and meta-analysis. *Catheter Cardiovasc Interv*. 2023;101(7):1327-1336. PMID: 37011556.

15. Ryaan ELA, et al. Percutaneous coronary intervention versus coronary artery bypass grafting in 3-vessel coronary artery disease and diabetes with extended follow-up. *J Am Heart Assoc*. 2025.

16. Björklund E, Nielsen SJ, Hansson EC, et al. Secondary prevention medications after coronary artery bypass grafting and long-term survival: a population-based longitudinal study from the SWEDEHEART registry. *Eur Heart J*. 2020;41(17):1653-1661.

17. Bangalore S, et al. Percutaneous coronary intervention versus coronary artery bypass graft surgery for patients with left main coronary artery disease: contemporary evidence review. *Circulation*. 2021;143(15):1471-1485.

18. Neumann FJ, et al. Revascularization strategies in left main and multivessel coronary artery disease: contemporary state-of-the-art review. *Nat Rev Cardiol*. 2022;19(11):744-759.

19. Serruys PW, et al. Ten-year outcomes after revascularization for left main and three-vessel disease: implications for modern practice. *Eur Heart J*. 2021;42(46):4624-4638.

20. Hlatky MA, et al. Economic outcomes and quality of life after CABG or PCI for multivessel disease: the FAME 3 trial. *J Am Coll Cardiol*. 2025. doi:10.1016/j.jacc.2025.10.017

21. Narayan P, et al. FFR-guided PCI in multivessel disease: implications of the 5-year FAME 3 results for contemporary decision-making. *Heart Lung Circ*. 2025. PMID: 40535222.

22. Gaudino MFL, Leonard JR, Taggart DP. Lessons learned from Radial Artery Database International ALliance (RADIAL). *Ann Cardiothorac Surg*. 2018;7(5):598-603. doi:10.21037/acs.2018.03.15

23. Taggart DP, Altman DG, Gray AM, et al. Randomized trial of bilateral versus single internal-thoracic-artery grafts. *N Engl J Med*. 2016;375(26):2540-2549. doi:10.1056/NEJMoa1610021

24. Momin A, Ranjan R, Valencia O, et al. Long term survival benefits of different conduits used in coronary artery bypass graft surgery- a single institutional practice over 20 years. *J Multidiscip Healthc*. 2024;17:1505-1512. doi:10.2147/JMDH.S461567

25. Samano N, Geijer H, Liden M, Fremes S, Bodin L, Souza D. The no-touch saphenous vein for coronary artery bypass grafting maintains a patency, after 16 years, comparable to the left internal thoracic artery: a randomized trial. *J Thorac Cardiovasc Surg*. 2015;150(4):880-888. doi:10.1016/j.jtcvs.2015.07.027

TABLO

Tablo 1: LIMA, Radial Arter ve Safen Ven Greftlerinin Karşılaştırmalı Özellikleri[13,22-25]

Özellik	**LIMA (Sol İnternal Mammaryan Arter)**	**RA (Radial Arter)**	**SVG (Safen Ven Grefti)**
Greft Tipi	Arteriyel	Arteriyel	Venöz
Uzun Dönem Patensi (10 Yıllık)	> %90 - 95 (Altın Standart)	~ %85 - 90	%50 - 60 (Geleneksel yöntemle)
Endotelyal Fonksiyon / NO Salınımı	Çok yüksek (Güçlü vazodilatatör kapasite)	Yüksek	Düşük
Ateroskleroza ve İntimal Hiperplaziye Direnç	Çok yüksek	Yüksek	Çok düşük (Venöz greft hastalığına yatkın)
Vazospazm Eğilimi	Düşük	Çok yüksek (Özellikle perioperatif dönemde)	Yok / Çok düşük
Kompetitif Akıma Duyarlılık	Orta	Çok yüksek (Disuse atrofi riski)	Düşük
İdeal Hedef Damar Darlık Derecesi	> %50	> %70 - 90 (Kritik darlık şarttır)	< %70 darlıklarda bile çalışabilir

Özellik	**LIMA (Sol İnternal Mammaryan Arter)**	**RA (Radial Arter)**	**SVG (Safen Ven Grefti)**
Öncelikli Kullanım Alanı (Hedef Damar)	LAD (Sol Ön İnen Arter)	Sol sistemin diğer dalları (Cx, OM, Diagonal)	Sağ koroner sistem (RCA) veya diğer greftlerin ulaşamadığı hedefler
Uzunluk ve Kullanım Esnekliği	Kısıtlı (Sıklıkla in-situ kullanılır)	Orta (Aortokoroner veya Y-greft yapılabilir)	Çok uzun ve esnek (Her anastomoza uygun)
Cerrahi Hazırlık ve Özel Gereksinimler	Diseksiyon süresi gerektirir (pediküllü/iskeletize)	Spazmı önlemek için farmakolojik hazırlık (Kalsiyum kanal blokeri vb.) gerektirir	Nispeten kolay (Ancak "no-touch" teknik tercih edilmelidir)
Duvar Kalınlığı ve Yapısı	İnce duvarlı, elastik lümene sahip	Kalın kas tabakasına sahip (Musküler arter)	İnce duvarlı, kapakçık içerir

Kısaltmalar: LIMA: Sol İnternal Mammaryan Arter; **RA:** Radial Arter; **SVG:** Safen Ven Grefti; **NO:** Nitrik Oksit; **LAD:** Sol Ön İnen Arter; **Cx:** Sirkumfleks Arter; **OM:** Obtuz Marjinal Arter; **RCA:** Sağ Koroner Arter.

A SURVEY OF PHYSICIANS' AWARNESS ABOUT THE AGE OF CIRCUMCISION

Mevlüt KELEŞ
Ordu University, Faculty of Medicine, Department of Urology, Ordu, Turkey
ORCID ID: https://orcid.org/0000-0003-3508-7495

Abdullah ÇIRAKOĞLU
Ordu University, Faculty of Medicine, Department of Urology, Ordu, Turkey
ORCID ID: https://orcid.org/0000-0002-8602-5836

Erdal BENLİ
Ordu University, Faculty of Medicine, Department of Urology, Ordu, Turkey
ORCID ID: https://orcid.org/0000-0001-8485-1424

Nurullah KADİM
Vezirköprü State Hospital, Department of Urology, Samsun, Turkey
ORCID ID: https://orcid.org/0000-0001-9594-5979

Ahmet Anıl ACET
Ordu University, Faculty of Medicine, Department of Urology, Ordu, Turkey
ORCID ID: https://orcid.org/0000-0002-7157-156X

Hasan DURMUŞ
Erciyes University, Faculty of Medicine, Department of Public Health, Kayseri, Turkey
ORCID ID: https://orcid.org/0000-0001-5719-1475

ÖZET

Amaç: Sünnet, dünya genelinde en sık uygulanan cerrahi işlemlerden biridir; ancak endikasyonları, uygun zamanı ve ideal uygulama koşulları konusunda tam bir görüş birliği bulunmamaktadır. Bu çalışma, hekimlerin sünnetin gerekliliği, uygulanma yaşı ve klinik koşulları hakkındaki görüşlerini değerlendirmeyi amaçlamıştır.

Yöntem: Kesitsel tasarımdaki bu çalışma 10 soruluk çevrim içi anket kullanılarak yürütülmüştür. Farklı uzmanlık alanları ve akademik unvanlardan toplam 39 hekim çalışmaya katılmıştır. Veriler tanımlayıcı istatistiklerle özetlenmiş; sosyodemografik özellikler ile sünnete

ilişkin tutumlar arasındaki ilişkiler Pearson ki-kare ve Fisher exact testleri ile değerlendirilmiştir. p<0,05 anlamlı kabul edilmiştir.

Bulgular: Katılımcıların %92,3'ü sünneti gerekli bir işlem olarak değerlendirmiştir. Yaş, cinsiyet ve mesleki deneyim ile gereklilik algısı arasında anlamlı ilişki saptanmamıştır (p>0,05). Buna karşın akademik unvan ile gereklilik algısı arasında anlamlı ilişki bulunmuştur (p=0,044). Sünnet için en sık belirtilen gerekçeler dini (%80,6) ve tıbbi (%75,0) nedenlerdir. Katılımcıların %61,5'i sünnet için 0-2 yaş aralığını uygun görürken, %23,1'i 2-6 yaş döneminden kaçınılması gerektiğini bildirmiştir. İşlemin uzman hekimlerce, özellikle ürologlar ve çocuk cerrahları tarafından, ameliyathane koşullarında yapılması gerektiği görüşü baskındır.

Sonuç: Hekimler arasında sünnet genel olarak kabul gören bir işlem olsa da zamanlama ve uygulama ayrıntıları konusunda farklı yaklaşımlar vardır. Bulgular standart kılavuz gereksinimini desteklemekte ve sünnetin uygun cerrahi koşullarda, eğitimli uzmanlar tarafından gerçekleştirilmesi gerektiğini vurgulamaktadır.

Anahtar Kelimeler: Sünnet, Hekimler, Farkındalık, Anket Çalışması, Çocuk Ürolojisi

ABSTRACT

Introduction: Circumcision is among the most frequently performed surgical procedures worldwide; however, there is still no universal consensus regarding its indications, optimal timing, and ideal clinical setting. This study aimed to evaluate physicians' perspectives on the necessity of circumcision, the preferred age of the procedure, and the clinical conditions under which it should be performed.

Materials and Methods: This cross-sectional study was conducted using a 10-question online survey. A total of 39 physicians from different specialties and academic levels participated. Data were summarized descriptively, and associations between sociodemographic variables and attitudes toward circumcision were analyzed using Pearson's chi-square and Fisher's exact tests. A p value of <0.05 was considered statistically significant.

Results: Overall, 92.3% of participants considered circumcision a necessary procedure. No significant association was found between age, gender, or years of experience and this perception (p>0.05). In contrast, academic title was significantly associated with the perception of necessity (p=0.044). The most commonly reported reasons for circumcision were religious (80.6%) and medical (75.0%) factors. Most physicians (61.5%) recommended circumcision in the 0-2 year age group, whereas 23.1% suggested avoiding the 2-6 year period. The prevailing opinion was that circumcision should be performed by specialists, particularly urologists and pediatric surgeons, in operating room conditions.

Conclusion: Circumcision is widely accepted among physicians, yet important variation remains regarding timing and implementation. The findings support the need for standardized guidance and emphasize that circumcision should be carried out by trained specialists under appropriate surgical conditions.

Keywords: Circumcision, Physicians, Awareness, Survey Study, Pediatric Urology

GİRİŞ

Sünnet, tarihsel kökleri son derece eski olan ve bugün hem tıbbi hem kültürel hem de dini nedenlerle yaygın biçimde uygulanan bir cerrahi işlemdir.[1,2] Bununla birlikte bu yaygınlık, uygulamanın tüm yönleri üzerinde uzlaşı olduğu anlamına gelmemektedir. İşlemin kim

tarafından, hangi yaşta, hangi anestezi yöntemiyle ve hangi fiziksel koşullarda yapılacağı konusu ülkeler, kurumlar ve hatta aynı sağlık sistemi içindeki hekim grupları arasında farklılık gösterebilmektedir.

Tıbbi açıdan bakıldığında sünnet; tekrarlayan balanopostit, patolojik fimozis, bazı olgularda üriner sistem enfeksiyonu riskinin azaltılması ve hijyenin kolaylaştırılması gibi potansiyel yararlarla ilişkilendirilmiştir.[1,3,4] Bunun yanında, işlemin mutlaka uzman ekip tarafından ve güvenli koşullarda gerçekleştirilmesi gerektiği, aksi halde kanama, enfeksiyon, yetersiz ya da aşırı deri eksizyonu ve kozmetik sorunlar gibi komplikasyonların görülebileceği bilinmektedir.[5,6]

Sünnet zamanlaması ise ayrı bir tartışma alanıdır. Bazı merkezler yenidoğan ya da erken infantil dönemi tercih ederken, bazı uygulayıcılar anestezi, aile tercihi ya da organizasyonel nedenlerle işlemi daha ileri yaşlara bırakabilmektedir. Özellikle 2-6 yaş arasındaki dönemin psikoseksüel gelişim açısından hassas bir dönem olduğu ve bu yaş aralığının dikkatle ele alınması gerektiği yönünde görüşler mevcuttur.[7,8] Ancak klinik pratikte bu konuya ilişkin yaklaşımın ne ölçüde ortaklaştığı net değildir.

Bu çalışma, hekimlerin sünnetin gerekliliği, uygun yaş aralığı, uygulayıcı tercihi ve operasyon koşulları konusundaki görüşlerini ortaya koymayı amaçlamaktadır. Hekim görüşlerinin değerlendirilmesi, standardizasyon ihtiyacını saptamak ve çocuk ürolojisi pratiğinde eğitim başlıklarını netleştirmek açısından önem taşımaktadır.

Gereç ve Yöntem

Çalışma kesitsel ve tanımlayıcı nitelikte planlandı. Veri toplama aracı olarak 10 soruluk çevrim içi anket kullanıldı. Ankette katılımcıların demografik özelliklerinin yanı sıra sünnetin gerekli olup olmadığı, bu gerekliliğin gerekçeleri, ideal yaş aralığı, uygun uygulayıcı ve uygulama ortamı, tercih edilen anestezi yöntemi gibi pratik karar noktaları sorgulandı. Farklı uzmanlık alanlarından ve akademik düzeylerden toplam 39 hekim çalışmaya katıldı.

İstatistiksel değerlendirmede tanımlayıcı istatistiklerin yanı sıra, hekimlerin sosyodemografik ve mesleki özellikleri ile sünnet konusundaki tutumları arasındaki ilişkiler analiz edildi. Yaş, cinsiyet, deneyim süresi ve akademik unvan gibi değişkenlerin, sünneti gerekli görme eğilimi ile ilişkisi Pearson ki-kare ve Fisher exact testleri kullanılarak araştırıldı. Böylece sadece dağılımların değil, görüş farklılıklarının olası belirleyicilerinin de görünür hale getirilmesi amaçlandı.

Bulgular

Katılımcıların büyük çoğunluğu (%92,3) sünneti gerekli bir işlem olarak değerlendirmiştir. Bu sonuç, hekim grubunda sünnetin güçlü bir kabul gördüğünü düşündürmektedir. Ancak gerekliliğin yüksek oranda kabul ediliyor olması, uygulamanın tüm ayrıntılarında fikir birliği bulunduğu anlamına gelmemektedir. Nitekim anketin sonraki soruları yaş, anestezi ve uygulama ortamı gibi alanlarda belirgin çeşitlilik olduğunu göstermiştir.

Yaş, cinsiyet ve çalışma yılı ile sünnetin gerekliliği arasında istatistiksel olarak anlamlı ilişki saptanmamıştır. Buna karşın akademik unvan ile gereklilik algısı arasında anlamlı farklılık bulunması ($p=0,044$), kurumsal deneyim ve akademik maruziyet arttıkça konuya daha belirgin bir tutum gelişebileceğini düşündürmektedir. Profesör ve doçent düzeyindeki katılımcıların tamamının sünneti gerekli görmesi, bilgi birikimi ve klinik deneyimin karar verme üzerindeki etkisine işaret etmektedir.

Katılımcılar sünnet gerekçeleri arasında en sık dini (%80,6) ve tıbbi (%75,0) nedenleri belirtmiştir. Bu dağılım, sünnetin yalnızca kültürel bir işlem olmadığını; hekim zihninde tıbbi yarar algısı ile de meşrulaştırıldığını göstermektedir. Klinik uygulamada bu iki motivasyon çoğu zaman iç içe geçmektedir. Bununla birlikte hekim bakışının tıbbi zemini güçlendirmesi, aile danışmanlığında daha dengeli ve kanıta dayalı bilgilendirme yapılabilmesi açısından önemlidir.

Zamanlama açısından katılımcıların %61,5'i 0-2 yaş aralığını uygun bulurken, %23,1'i 2-6 yaş döneminden kaçınılması gerektiğini ifade etmiştir. Bu sonuçlar, erken çocukluk lehine güçlü bir eğilim olduğunu, ancak hassas gelişim dönemleri konusunda belirli bir temkinin de varlığını göstermektedir. Özellikle 2-6 yaş döneminden kaçınma eğilimi, psikolojik etkiler ve işbirliği sorunları konusunda hekimlerin farkındalık sahibi olduğunu düşündürmektedir.

Uygulayıcı tercihi bakımından ürologlar ve çocuk cerrahları öne çıkmıştır. Ayrıca katılımcıların büyük çoğunluğu sünnetin ameliyathane koşullarında yapılmasını uygun görmüştür (%89,7). Anestezi tercihinde kombine genel ve lokal anestezi yaklaşımının öne çıkması (%41,0), ağrı kontrolü ve cerrahi konfor arasında denge arayışının yansıması olarak yorumlanabilir. Tüm bu bulgular, hekimlerin sünneti basit bir girişimden çok kontrollü bir cerrahi işlem olarak değerlendirme eğiliminde olduklarını göstermektedir.

Tartışma

Çalışmamızın en önemli bulgusu, hekimlerin sünneti büyük ölçüde gerekli görmelerine rağmen zamanlama ve uygulama ayrıntılarında tam standardizasyon bulunmamasıdır. Bu durum, sünnetin yalnızca teknik bir işlem değil; etik, kültürel ve klinik boyutları olan karmaşık bir karar alanı olduğunu göstermektedir. Amerikan Pediatri Akademisi'nin raporunda, yenidoğan sünnetinin bazı sağlık yararları tanımlanmış olmakla birlikte bu yararın tüm olgular için zorunlu bir kamu sağlığı müdahalesi anlamına gelmediği vurgulanmıştır.[1] Bu nüans, klinik uygulamadaki çeşitliliği anlamak bakımından önemlidir.

Çocuk ürolojisi kılavuzları ise sünnetin özellikle patolojik fimozis ve tedaviye dirençli belirli durumlarda tıbbi endikasyon oluşturduğunu, fizyolojik fimoziste ise önceliğin konservatif tedavilere verilmesi gerektiğini bildirmektedir.[2,3] Dolayısıyla hekimlerin sünneti gerekli görme oranının yüksek olması, her durumda cerrahiyi önceliklendirdikleri anlamına gelmez; daha çok işlemin sağlık sistemi içinde meşru ve gerekli bir seçenek olarak görüldüğünü düşündürür.

Yaş konusu, literatürde süregelen tartışmaların merkezindedir. Erken yaşta yapılan işlemlerde bakımın daha kolay olması ve bazı komplikasyonların daha düşük görülmesi avantaj olarak bildirilirken, 2-6 yaş arasındaki dönemin davranışsal ve psikolojik açıdan dikkat gerektirdiği öne sürülmüştür.[4,5] Bizim verilerimizde erken yaş lehine bir eğilim bulunması ve belirli oranda hekimin 2-6 yaş döneminden kaçınılmasını önermesi, literatürdeki bu tartışmanın saha pratiğine yansıdığını göstermektedir.

Uygulayıcı ve ortam tercihleri de dikkat çekicidir. Sünnetin eğitimli uzmanlar ve ameliyathane koşullarında yapılmasının tercih edilmesi, komplikasyonlardan kaçınma isteğinin güçlü olduğunu düşündürmektedir. Sistematik derlemeler, eğitimsiz uygulayıcılar ve uygun olmayan ortamların komplikasyon riskini artırdığını göstermektedir.[6,7] Bu nedenle hekim görüşlerinin standardizasyon lehine olması, çocuk güvenliği açısından olumlu bir bulgudur.

Çalışmanın sınırlılıkları örneklem büyüklüğünün küçük olması ve tek zamanlı anket tasarımıdır. Ayrıca katılımcı sayısı sınırlı olduğundan bazı alt grup karşılaştırmaları istatistiksel güç bakımından yetersiz kalmış olabilir. Buna karşın çalışma, hekimlerin sünnet zamanlamasına ilişkin tutumlarını nicel olarak görünür kılması bakımından değerlidir.

Özellikle farklı uzmanlık alanları ve akademik düzeylerin aynı veri setinde yer alması, eğitim gereksinimlerinin daha somut biçimde tanımlanmasına katkı sağlamaktadır.

İleri çalışmalarda daha geniş örneklemli ve çok merkezli tasarımlarla hekim tutumlarının bölgesel, kurumsal ve uzmanlık alanına göre nasıl değiştiği araştırılabilir. Böylece hem aile danışmanlığı hem de sağlık politikası düzeyinde standartlaştırılmış önerilere ulaşmak mümkün olabilir.

Sonuç

Hekimler arasında sünnetin gerekliliği konusunda yüksek düzeyde bir kabul bulunmakla birlikte, ideal yaş aralığı, anestezi tercihi ve uygulama ortamı konusunda tam bir uzlaşı yoktur. Bu tablo, günlük pratikte kararların yalnızca bilimsel verilerle değil, klinik deneyim ve kurumsal alışkanlıklarla da şekillendiğini düşündürmektedir.

Çocuk hasta güvenliği açısından sünnetin eğitimli uzmanlar tarafından, uygun cerrahi koşullarda gerçekleştirilmesi temel ilke olmalıdır. Daha geniş katılımlı çalışmalar ve açık uygulama kılavuzları, hekimlerin ortak dil geliştirmesine ve aile bilgilendirmesinin standartlaşmasına önemli katkı sağlayacaktır.

KAYNAKÇA

1. American Academy of Pediatrics Task Force on Circumcision. Circumcision policy statement. Pediatrics. 2012;130(3):585-586. doi:10.1542/peds.2012-1989.

2. European Association of Urology. EAU Guidelines on Paediatric Urology. 2025 edition. Arnhem, The Netherlands: EAU Guidelines Office; 2025.

3. Moreno G, Corbalán J, Peñaloza B, et al. Topical corticosteroids for treating phimosis in boys. Cochrane Database Syst Rev. 2024;1(1):CD008973.

4. Bicer S, Kuyrukluyildiz U, Akyol F, et al. At what age range should children be circumcised? Iran Red Crescent Med J. 2015;17(3):e26258. doi:10.5812/ircmj.26258.

5. Armagan A, Silay MS, Karatag T, et al. Circumcision during the phallic period: does it affect the psychosexual functions in adulthood? Andrologia. 2014;46(3):254-257. doi:10.1111/and.12071.

6. Shabanzadeh DM, Düring S, Frimodt-Møller C. Male circumcision complications - a systematic review, meta-analysis and meta-regression. Urology. 2021;152:223-231.

7. Iacob SI, Feinn R, Tollefson M, et al. Systematic review of complications arising from male circumcision. BJUI Compass. 2022;3(3):215-227. doi:10.1002/bco2.123.

AWARNESS SURVEY OF HEALTH WORKES ABOUT CIRCUMCISION

Mevlüt KELEŞ
Ordu University, Faculty of Medicine, Department of Urology, Ordu, Turkey
ORCID ID: https://orcid.org/0000-0003-3508-7495

Abdullah ÇIRAKOĞLU
Ordu University, Faculty of Medicine, Department of Urology, Ordu, Turkey
ORCID ID: https://orcid.org/0000-0002-8602-5836

Erdal BENLİ
Ordu University, Faculty of Medicine, Department of Urology, Ordu, Turkey
ORCID ID: https://orcid.org/0000-0001-8485-1424

Nurullah KADİM
Vezirköprü State Hospital, Department of Urology, Samsun, Turkey
ORCID ID: https://orcid.org/0000-0001-9594-5979

Ahmet Anıl ACET
Ordu University, Faculty of Medicine, Department of Urology, Ordu, Turkey
ORCID ID: https://orcid.org/0000-0002-7157-156X

Hasan DURMUŞ
Erciyes University, Faculty of Medicine, Department of Public Health, Kayseri, Turkey
ORCID ID: https://orcid.org/0000-0001-5719-1475

ÖZET

Amaç: Sünnet, dünya çapında yaygın uygulanan bir cerrahi işlem olmasına rağmen birçok bölgede hâlâ uygun olmayan ortamlarda veya geleneksel yöntemlerle yapılabilmektedir. Bu çalışma, sağlık çalışanlarının sünnetin gerekliliği, uygun zamanı, uygulayıcı tercihi ve uygulanma koşulları konusundaki farkındalık ve tutumlarını değerlendirmeyi amaçlamıştır.

Yöntem: Kesitsel nitelikteki çalışma, ODÜ anket sistemi üzerinden yayılan 16 soruluk çevrim içi anket ile yürütülmüştür. Toplam 315 sağlık çalışanı araştırmaya katılmıştır. Veriler tanımlayıcı istatistiklerle özetlenmiş, sosyodemografik özelliklerle tutumlar arasındaki ilişkiler Pearson ki-kare ve Fisher exact testleri kullanılarak analiz edilmiştir. $p<0,05$ anlamlı kabul edilmiştir.

Bulgular: Katılımcıların yaş ortalaması 35,5±10,4 yıl olup %58,7'si kadındır. Katılımcıların %90,8'i sünneti gerekli bir işlem olarak değerlendirmiştir. Kadın katılımcılar erkeklere göre sünneti gerekli görme açısından anlamlı olarak daha yüksek orana sahiptir (%94,6'ya karşı %84,9; p=0,012). Meslek grupları arasında da anlamlı fark saptanmıştır (p=0,004). Katılımcıların çoğu (%56,8) işlemin 0-2 yaş arasında yapılmasını uygun görmüştür. En sık belirtilen gerekçeler tıbbi (%77,6) ve dini (%66,8) nedenlerdir. Sünnetin çocuk üroloğu veya ürolog tarafından, ameliyathane koşullarında ve çoğunlukla lokal anestezi altında yapılması gerektiği görüşü baskındır.

Sonuç: Sağlık çalışanları arasında sünnet genel olarak gerekli bir girişim olarak kabul edilmekle birlikte endikasyon, zamanlama ve uygulama ayrıntıları konusunda bilgi ve tutum farklılıkları sürmektedir. Bulgular, sünnetin cerrahi bir işlem olarak uygun tıbbi koşullarda yapılması gerektiğini ve bu konuda standart eğitim gereksinimi bulunduğunu göstermektedir.

Anahtar Kelimeler: Sünnet, Sağlık Çalışanları, Farkındalık, Anket Çalışması, Çocuk Ürolojisi

ABSTRACT

Introduction: Although circumcision is one of the most common surgical procedures worldwide, it is still frequently performed outside proper medical settings or by traditional methods in some regions. This study aimed to evaluate healthcare professionals' awareness, knowledge, and attitudes regarding the necessity, timing, operator preference, and clinical setting of circumcision.

Materials and Methods: This cross-sectional study was conducted using a 16-question online survey distributed through the ODÜ survey system. A total of 315 healthcare professionals participated. Data were summarized descriptively, and associations between sociodemographic variables and attitudes were analyzed using Pearson's chi-square and Fisher's exact tests. A p value of <0.05 was considered statistically significant.

Results: The mean age of the participants was 35.5±10.4 years, and 58.7% were female. Overall, 90.8% considered circumcision a necessary procedure. Female participants were significantly more likely than males to consider circumcision necessary (94.6% vs. 84.9%, p=0.012). Significant differences were also observed among professional groups (p=0.004). Most respondents (56.8%) preferred circumcision between 0 and 2 years of age. Medical (77.6%) and religious (66.8%) reasons were the most commonly reported indications. The preferred operators were pediatric urologists and urologists, and most participants favored operating room conditions and local anesthesia.

Conclusion: Circumcision is widely accepted among healthcare professionals, yet variation persists in knowledge and attitudes regarding indications, timing, and implementation. The findings emphasize that circumcision should be approached as a surgical procedure performed under appropriate medical conditions and supported by standardized education.

Keywords: Circumcision, Healthcare Professionals, Awareness, Survey Study, Pediatric Urology

GİRİŞ

Sünnet, yalnızca hekimlerin değil, hemşirelerin, teknisyenlerin ve diğer sağlık profesyonellerinin de sıklıkla karşılaştığı bir çocuk sağlığı uygulamasıdır. Hastane başvuruları, aile danışmanlığı, ameliyathane hazırlığı ve işlem sonrası bakımın birçok basamağı doğrudan sağlık çalışanlarının bilgi ve tutumları ile şekillenir. Bu nedenle sünnet konusundaki

farkındalık, yalnızca cerrahın teknik yeterliliği ile sınırlı olmayan ekip temelli bir kalite alanı olarak değerlendirilmelidir.

Birçok ülkede sünnet tıbbi, kültürel ve dini nedenlerle yaygın olarak uygulanmaktadır.[1,2] Ancak bu yaygınlık, işlemin her zaman uygun tıbbi standartlarda yapıldığı anlamına gelmez. Özellikle geleneksel uygulamaların sürdüğü toplumlarda sterilizasyon, ağrı kontrolü, uygun hasta seçimi ve komplikasyon yönetimi gibi temel başlıklarda sorun yaşanabilmektedir. Bu nedenle sağlık çalışanlarının konuya ilişkin görüşleri, toplumdaki uygulama kalitesini dolaylı olarak etkileyen önemli bir belirleyicidir.

Güncel rehberler, sünnetin belirli tıbbi durumlarda güçlü endikasyon taşıdığını; bunun dışında aile tercihinin ve sosyokültürel bağlamın önemli rol oynadığını kabul etmektedir.[2-4] Aynı zamanda işlem, komplikasyon riski düşük olsa bile sonuçta cerrahi bir girişimdir ve uygun ortam, eğitimli uygulayıcı ve yeterli analjezi-anestezi koşulları gerektirir.[5,6] Sağlık çalışanlarının bu ilkeleri ne ölçüde benimsediğini anlamak, hem sağlık eğitimi hem de hizmet standardizasyonu açısından önemlidir.

Bu çalışma, farklı sağlık meslek gruplarında çalışan katılımcıların sünneti gerekli görme oranlarını, tercih ettikleri yaş aralıklarını, öne çıkardıkları gerekçeleri ve uygulama koşullarına ilişkin tutumlarını değerlendirmeyi amaçlamaktadır. Böylece yalnızca hekimlerde değil, daha geniş sağlık ekibinde sünnet algısının nasıl şekillendiğine dair veri sunulması hedeflenmiştir.

Gereç ve Yöntem

Araştırma, ODÜ anket sistemi üzerinden yürütülen kesitsel bir çevrim içi anket çalışmasıdır. Toplam 315 sağlık çalışanı çalışmaya katılmıştır. Anket formunda yaş, cinsiyet ve meslek grubu gibi temel değişkenlerin yanında, sünnetin gerekli olup olmadığı, hangi yaş aralığında yapılmasının uygun görüldüğü, en önemli endikasyonların neler olduğu, işlemi hangi uzmanlık alanının yapması gerektiği, hangi ortamın uygun olduğu ve hangi anestezi yaklaşımının tercih edildiği sorgulanmıştır.

Çalışmanın amacı, geniş sağlık personeli grubunda bilgi ve tutum örüntülerini tanımlamaktı. Bu nedenle veriler tanımlayıcı istatistiklerle özetlenmiş, ardından cinsiyet ve meslek grubu gibi değişkenler ile sünneti gerekli görme durumu arasındaki ilişkiler ki-kare temelli yöntemlerle analiz edilmiştir. Böylece saha pratiğinde eğitim gereksinimi olabilecek alt grupların görünür hale getirilmesi amaçlanmıştır.

Bulgular

Katılımcıların yaş ortalaması 35,5±10,4 yıl olup örneklemin %58,7'sini kadınlar oluşturmuştur. Genel olarak katılımcıların %90,8'i sünneti gerekli bir işlem olarak değerlendirmiştir. Bu yüksek oran, sağlık çalışanları düzeyinde sünnetin yaygın kabul gören bir uygulama olduğunu göstermektedir. Ancak alt grup analizleri, bu genel kabulün homojen dağılmadığını ortaya koymuştur.

Kadın katılımcılar erkek katılımcılara göre sünneti gerekli görme açısından anlamlı düzeyde daha yüksek orana sahiptir (%94,6'ya karşı %84,9; p=0,012). Ayrıca meslek grupları arasında da anlamlı farklılık saptanmıştır (p=0,004). Bu bulgu, klinik maruziyetin, mesleki eğitim içeriğinin ve toplumsal rollerin sünnete ilişkin tutumları etkileyebileceğini düşündürmektedir. Başka bir deyişle sünnet algısı yalnızca bireysel görüş değil, mesleki sosyalleşmenin de ürünüdür.

Yaş tercihi bakımından katılımcıların çoğu (%56,8) 0-2 yaş aralığını önermiştir. Bu eğilim, işlemin daha erken yaşlarda, bakımın ve iyileşmenin daha kolay olduğu dönemde yapılmasının uygun bulunduğunu düşündürmektedir. En sık belirtilen endikasyonlar tıbbi (%77,6) ve dini

(%66,8) nedenlerdir. Böylece geniş sağlık personeli grubunda da sünnetin hem tıbbi hem de sosyokültürel anlam taşıdığı görülmektedir.

Uygulayıcı tercihlerinde çocuk ürologları (%57,5) ve ürologlar (%54,9) öne çıkmıştır. Katılımcıların büyük çoğunluğu işlemin ameliyathane koşullarında yapılması gerektiğini belirtmiştir (%92,7). Anestezi yaklaşımında lokal anestezinin en sık tercih edilen seçenek olması (%59,7), pratik uygulanabilirlik ve güvenlik algısı ile ilişkili olabilir. Bu sonuçlar genel olarak sağlık çalışanlarının sünneti geleneksel bir uygulamadan çok standart cerrahi koşullarda yürütülmesi gereken bir işlem olarak değerlendirdiğini göstermektedir.

Tartışma

Çalışmanın en dikkat çekici sonucu, sağlık çalışanlarının büyük çoğunluğunun sünneti gerekli görmesine rağmen bu gerekliliğin dayanaklarında ve uygulama ayrıntılarında değişkenlik bulunmasıdır. Hekimlerde olduğu gibi sağlık çalışanlarının daha geniş grubunda da sünnet, tıbbi ve dini motivasyonların birlikte şekillendirdiği bir alan olarak görünmektedir. Bu durum, hasta ve aile danışmanlığında verilen mesajların kurumsal düzeyde standartlaştırılmaması halinde farklılaşabileceğini düşündürmektedir.

Kadın katılımcıların sünneti daha yüksek oranda gerekli görmesi, toplumsal cinsiyet rolleri, çocuk bakımı sorumluluğu ve sağlık eğitimiyle ilişkili algısal farklılıklarla açıklanabilir; ancak bu bulgunun altında yatan nedenleri açıklamak için nitel çalışmalara ihtiyaç vardır. Meslek grupları arasında fark bulunması ise eğitim içeriğinin önemli olduğunu düşündürmektedir. Çocukla doğrudan çalışan meslek gruplarının, işlemin komplikasyonları ve endikasyonları konusunda daha belirgin tutumlar geliştirmiş olması mümkündür.

Erken yaş tercihinin baskın olması, önceki çalışmalarla uyumludur.[4,7] Bununla birlikte sağlık çalışanlarının yaşa ilişkin tutumları çoğu zaman doğrudan klinik kanıttan değil, ailelerin taleplerinden, anestezi olanaklarından ve yerleşik uygulama kültüründen etkilenebilir. Bu nedenle zamanlama konusundaki bilgiler, sadece geleneksel deneyime değil, çocuk psikolojisi, anestezi güvenliği ve komplikasyon verilerine dayanan standart eğitim modülleriyle desteklenmelidir.

Uygulayıcı ve uygulama ortamına ilişkin bulguların standardizasyon yönünde olması önemli bir kazanımdır. Sistematik incelemeler, eğitimli profesyoneller tarafından tıbbi koşullarda yapılan sünnetlerde komplikasyon oranlarının daha düşük olduğunu göstermektedir.[5,6] Dolayısıyla ameliyathane ve uzman hekim tercihi, güvenli bakım kültürünün sağlık personeli arasında benimsendiğine işaret etmektedir. Bu tutumun toplum geneline yansıtılması, geleneksel ve tıbben uygun olmayan sünnet uygulamalarının azaltılmasına katkı sağlayabilir.

Çalışmanın başlıca sınırlılığı, gönüllülük esasına dayanan anketlerde görülebilen seçilim yanlılığıdır. Ayrıca çalışma tek kurum ağı üzerinden yürütüldüğü için sonuçların tüm sağlık çalışanı popülasyonuna genellenmesi dikkatle yapılmalıdır. Buna rağmen örneklem sayısının yüksek olması, farklı meslek gruplarının dahil edilmesi ve istatistiksel anlamlılık gösteren bazı değişkenlerin saptanması çalışmanın değerini artırmaktadır.

Sonuçlar, sünnet konusunda yalnızca cerrahların değil tüm sağlık ekibinin hedeflendiği eğitim programlarına ihtiyaç olduğunu düşündürmektedir. Bu programlar; endikasyonlar, kontraendikasyonlar, yaş seçimi, komplikasyonların erken tanınması, güvenli ortam ve aile bilgilendirmesi başlıklarını kapsamalıdır. Böylece sağlık çalışanlarının verdiği mesajlarda tutarlılık sağlanabilir ve çocuk güvenliği güçlendirilebilir.

Sonuç

Sağlık çalışanları arasında sünnet çoğunlukla gerekli ve meşru bir girişim olarak kabul edilmektedir; ancak bu kabul, bilgi ve tutumların tüm boyutlarda standartlaştığı anlamına gelmemektedir. Cinsiyet ve meslek grubu gibi değişkenlerin tutumları etkilemesi, eğitim programlarının hedef gruba özgü planlanması gerektiğini göstermektedir.

Sünnetin cerrahi bir işlem olduğu, uygun ortam, uzman uygulayıcı ve güvenli analjezi-anestezi koşulları gerektirdiği sağlık ekibinin tüm üyelerine ortak bir dil ile aktarılmalıdır. Standart eğitim, aile danışmanlığındaki farklılıkları azaltacak ve toplumsal düzeyde daha güvenli sünnet uygulamalarına katkı sağlayacaktır.

KAYNAKÇA

1. American Academy of Pediatrics Task Force on Circumcision. Circumcision policy statement. Pediatrics. 2012;130(3):585-586. doi:10.1542/peds.2012-1989.

2. European Association of Urology. EAU Guidelines on Paediatric Urology. 2025 edition. Arnhem, The Netherlands: EAU Guidelines Office; 2025.

3. Blank S, Brady M, Buerk E, et al. Male circumcision. Pediatrics. 2012;130(3):e756-e785. doi:10.1542/peds.2012-1990.

4. Bicer S, Kuyrukluyildiz U, Akyol F, et al. At what age range should children be circumcised? Iran Red Crescent Med J. 2015;17(3):e26258. doi:10.5812/ircmj.26258.

5. Shabanzadeh DM, Düring S, Frimodt-Møller C. Male circumcision complications - a systematic review, meta-analysis and meta-regression. Urology. 2021;152:223-231.

6. Iacob SI, Feinn R, Tollefson M, et al. Systematic review of complications arising from male circumcision. BJUI Compass. 2022;3(3):215-227. doi:10.1002/bco2.123.

7. Nair S, Koyle M. Circumcision. Pediatr Rev. 2022;43(12):728-730.

APPRAISING VISUAL COMMUNICATION AND PRINTING TECHNOLOGY AS TOOLS FOR FOOD SECURITY: PROSPECTS, CHALLENGES, AND FUTURE DIRECTIONS

Ajayi, Olayemi T.

[1]Printing and Publishing Unit, Department of Mass Communication and Media Technology, Lead City University, Ibadan Oyo State, Nigeria

ORCID: https://orcid.org/0000-0002-0865-3490

Maria Kisugu Obun-Andy, PhD

[2]Department of Mass Communication, Federal University of Technology, Ilaro

Abstract

Introduction and Purpose: Food insecurity remains a persistent challenge in many communities, particularly in regions where access to agricultural knowledge and disaster recovery information is limited. The communication of critical information on sustainable farming practices, nutrition, and emergency food programs is often constrained by low literacy levels, language diversity, and ineffective dissemination channels. This study examines the potential of visual communication and printing technology as strategic tools for enhancing food security, with a focus on their prospects, challenges, and practical applications. The research is anchored on Participatory Communication Theory, which emphasizes collaborative engagement between content creators and communities to drive meaningful behavioral change.

Materials and Methods: The study adopts a qualitative research approach. Data were collected through in-depth interviews with visual artists, agricultural extension officers, and community members. In addition, printed educational materials, including posters, brochures, and instructional booklets, were analyzed to evaluate their effectiveness in communicating food security information.

Results: Findings indicate that well-designed printed visual materials significantly improve comprehension among target audiences, promote the adoption of recommended agricultural practices, and enhance community awareness of food security initiatives.

Discussion and Conclusion: Despite these benefits, challenges such as limited distribution networks, cultural misalignment of visual content, and resource constraints affecting high-quality production were identified. The study concludes that integrating participatory design principles with accessible printing technology can substantially improve food security outcomes. It recommends that policymakers, educators, and practitioners collaborate with visual artists to develop culturally relevant, visually engaging, and widely distributed materials that support sustainable agricultural practices and strengthen community resilience.

Keywords: Community Engagement, Food Security, Participatory Communication, Printing Technology, Visual Communication

1. Introduction

Food insecurity continues to be a major developmental challenge across many low- and middle-income countries, particularly in sub-Saharan Africa. It is defined not only by insufficient food availability but also by limited access, poor utilization, and instability in food systems (FAO, 2023). In Nigeria and similar contexts, the problem is compounded by weak agricultural extension systems, low literacy levels, inadequate communication infrastructure, and poor dissemination of relevant agricultural knowledge to rural populations (Akinola & Alayande, 2021; World Bank, 2022). Communication plays a central role in addressing food insecurity, particularly in the transmission of knowledge on improved farming techniques, climate adaptation strategies, nutrition education, and emergency food interventions. However, conventional text-heavy communication methods often fail to reach rural and semi-literate populations effectively (Rogers, 2003; Hornik, 2016). In this context, visual communication and printing technology have emerged as critical tools for bridging information gaps.

Visual communication, through posters, infographics, pictorial brochures, and illustrated manuals, has been shown to enhance comprehension and retention of information among diverse audiences (Kress & van Leeuwen, 2006). Similarly, advancements in printing technology have enabled the mass production of affordable, durable, and visually engaging educational materials that can be deployed in rural communities. This study therefore appraises the role of visual communication and printing technology as strategic tools for improving food security outcomes. It explores their prospects, challenges, and practical applications within participatory communication frameworks.

2. Literature Review

2.1 Food Security and Communication Gaps

Food security is widely conceptualized around four pillars: availability, accessibility, utilization, and stability (FAO, 2023). While agricultural production remains central, communication of knowledge is increasingly recognized as a critical enabler of food system efficiency. In many developing contexts, agricultural extension systems are underfunded and rely heavily on verbal communication, which limits reach and comprehension (Davis et al., 2019). Studies have shown that farmers often rely on informal networks for information, which may lead to misinformation or delayed adoption of improved practices (Anderson & Feder, 2007).

2.2 Visual Communication in Development Practice

Visual communication is particularly effective in contexts of low literacy and multilingual populations. According to Kress and van Leeuwen (2006), images function as a universal semiotic system that transcends linguistic barriers. Visual tools such as diagrams, illustrations, and pictorial narratives improve understanding of complex ideas.

Tufte (1997) also emphasizes that well-designed visuals enhance cognitive processing by reducing informational overload. In agricultural communication, pictorial instructions have been found to significantly improve adoption of farming innovations (Van Mele, 2008).

2.3 Printing Technology and Knowledge Dissemination

Printing technology remains a vital medium for mass communication in rural development. Despite the rise of digital media, printed materials remain more accessible in regions with limited internet penetration (UNESCO, 2021). Modern digital printing allows for cost-effective production of localized, culturally relevant materials. Studies by Obregon and Tufte (2017)

highlight that printed educational materials remain effective in sustained behavior change communication, especially when combined with interpersonal engagement.

2.4 Participatory Communication Theory

This study is anchored on Participatory Communication Theory, which emphasizes bottom-up engagement and community involvement in the creation and dissemination of messages (Servaes, 2008). Paulo Freire's (1970) concept of dialogical communication also supports the idea that development communication should empower communities rather than impose external knowledge. Participatory approaches ensure that visual materials reflect local realities, cultural symbols, and indigenous knowledge systems, thereby increasing acceptance and impact.

3. Methodology

This study employed a qualitative research design to explore the role of visual communication and printing technology in supporting food security communication in Southwestern Nigeria. The design was considered appropriate because it allows for an in-depth understanding of experiences, meanings, and practices associated with communication strategies in agricultural extension contexts. Data were collected through in-depth interviews with 18 participants, selected purposively to ensure relevance and expertise. The participants included visual communication designers, agricultural extension officers, and rural farmers who have direct experience with agricultural messaging and information dissemination. In addition, printed communication materials such as posters, brochures, and instructional manuals used in agricultural extension programmes were collected and subjected to content analysis. These materials were examined based on clarity, visual appeal, cultural relevance, and communicative effectiveness.

Purposive sampling was adopted to ensure that participants possessed relevant knowledge and practical engagement with visual communication and food security initiatives. This approach enabled the selection of information-rich cases that could provide meaningful insights into the study objectives. Data analysis was conducted using thematic analysis. This involved systematic coding of interview transcripts and visual materials to identify recurring patterns, themes, and meanings. The approach allowed for the interpretation of how visual communication contributes to food security awareness and practice adoption.

4. Results

4.1 Overview of Findings

The analysis of interview data and printed educational materials reveals that visual communication and printing technology play a significant role in improving food security-related knowledge dissemination. Three dominant thematic areas emerged: (i) effectiveness of visual tools in enhancing comprehension, (ii) socio-cultural and operational constraints, and (iii) institutional and infrastructural limitations affecting scalability. These findings are presented below with supporting tables and interpretive analysis.

4.2 Effectiveness of Visual Communication in Enhancing Food Security Knowledge

Findings indicate that visual communication tools significantly enhance understanding and behavioural uptake of agricultural information among rural farmers. Participants consistently reported that pictorial representations simplified complex agricultural instructions such as fertilizer application, pest control, and post-harvest handling.

This aligns with visual semiotic theory, which posits that images reduce cognitive load and enhance meaning-making across literacy barriers (Kress & van Leeuwen, 2006). Similarly, Rogers' Diffusion of Innovations theory supports the observation that clearer communication accelerates adoption of new agricultural practices (Rogers, 2003).

Table 1: Effectiveness of Communication Modalities in Food Security Messaging

Communication Tool	Comprehension Level	Adoption of Practices	Information Retention
Text-only manuals	Low	Low	Low
Illustrated brochures	Moderate	Moderate	Moderate
Pictorial posters	High	High	High
Infographic guides	Very High	High	Very High

Interpretation:
The table indicates a clear progression in effectiveness from text-based to visually intensive communication tools. Infographic guides and pictorial posters demonstrated the highest levels of comprehension and retention, suggesting that multimodal visual design significantly enhances agricultural knowledge transfer in low-literacy contexts.

4.3 Community Perception and Engagement Outcomes

Interview responses revealed that community members demonstrated stronger engagement when visual materials reflected familiar cultural symbols, local farming environments, and indigenous agricultural practices. Extension officers noted increased participation in training sessions when visual aids were incorporated.

This supports Freire's (1970) participatory communication framework, which emphasizes cultural relevance and dialogical knowledge exchange as key drivers of development communication effectiveness.

Table 2: Emerging Perception Themes from Stakeholders

Theme	Description	Frequency of Occurrence
Improved comprehension	Visuals enhance understanding of farming instructions	High
Cultural relevance	Locally adapted visuals increase acceptance	High
Farmer engagement	Increased participation in extension programs	High
Trust in information	Visuals increase credibility of messages	Medium
Behavioral change	Adoption of improved practices	High

Interpretation:
The findings suggest that beyond comprehension, visual communication fosters trust and behavioural transformation. Cultural alignment of visual content emerged as a critical determinant of message acceptance, reinforcing the importance of participatory design approaches in development communication.

4.4 Institutional and Logistical Constraints

Despite the demonstrated benefits, several constraints limit the effectiveness of visual communication and printing technology in food security interventions. These include inadequate funding, poor distribution networks, and lack of standardized design frameworks for agricultural communication materials.

These findings are consistent with Davis et al. (2019), who highlight systemic weaknesses in agricultural extension delivery systems across developing economies.

Table 3: Constraints Affecting Implementation of Visual Communication Strategies

Constraint	Description	Severity Level
Limited funding	Insufficient budget for high-quality printing	High
Distribution gaps	Weak rural logistics and outreach systems	High
Cultural misalignment	Use of non-contextual imagery	Medium
Technological limitations	Outdated printing infrastructure	Medium
Institutional fragmentation	Poor coordination among stakeholders	High

Interpretation:
The constraints identified suggest that the effectiveness of visual communication is not limited by design alone but is significantly influenced by systemic and institutional weaknesses. Distribution inefficiencies particularly undermine the potential reach of printed materials in rural communities.

4.5 Integrative Synthesis of Findings

Across all data sources, a consistent pattern emerges: visual communication significantly enhances food security awareness and behavioural adoption, but its impact is moderated by institutional capacity, cultural relevance, and infrastructural support.

When interpreted through Participatory Communication Theory, the findings suggest that top-down communication approaches are insufficient. Instead, co-created visual materials that involve farmers, designers, and extension officers yield more sustainable outcomes.

Furthermore, printing technology serves as a critical enabling infrastructure but remains underutilized due to resource constraints and limited policy integration.

5. Discussion

Findings from this study confirm that visual communication significantly enhances comprehension of agricultural and food security information. This aligns with Kress and van Leeuwen (2006), who argue that visual semiotics can overcome linguistic barriers in development communication. The results also support Rogers' (2003) Diffusion of Innovations Theory, which suggests that the adoption of new agricultural practices is influenced by the clarity and accessibility of information. Visual materials function as "reinforcement tools" that accelerate adoption rates.

Furthermore, participatory design emerged as a critical factor in ensuring relevance. This supports Freire's (1970) argument that effective communication must be dialogical and culturally grounded. However, the study identified persistent structural challenges. Distribution inefficiencies limit the reach of printed materials, particularly in remote communities. This echoes findings by Davis et al. (2019), who highlight infrastructural bottlenecks in agricultural extension systems. Additionally, high production costs constrain scalability. While digital printing technology offers improvements, many local institutions lack access to advanced equipment, limiting output quality.

6. Conclusion

This study demonstrates that visual communication and printing technology are powerful but underutilized tools for addressing food security challenges. When effectively designed and culturally contextualized, visual materials significantly improve understanding, adoption of agricultural practices, and community engagement. However, their impact is constrained by funding limitations, distribution challenges, and inadequate participatory design processes. Addressing these issues requires an integrated approach involving policymakers, communication experts, agricultural institutions, and local communities.

7. Recommendations

The study recommends that governments integrate visual communication strategies into national food security and agricultural extension policies to strengthen the effectiveness of agricultural information dissemination, particularly in rural and low-literacy communities. Agricultural development programmes should adopt participatory design approaches that actively involve farmers, extension officers, and visual communication experts in the creation of educational materials, ensuring cultural relevance, contextual accuracy, and higher levels of acceptance among target audiences. Investment in modern digital printing infrastructure is also essential, especially at regional agricultural centres, to improve the quality, durability, and affordability of printed materials used for agricultural education and awareness campaigns.

Furthermore, stronger partnerships should be established between universities, non-governmental organisations, agricultural agencies, and creative industries to foster interdisciplinary innovation in the design and production of visual communication tools for food security. Such collaborations will enhance research translation into practical community-based solutions. Lastly, distribution systems should be strengthened through community-based dissemination networks, including cooperatives, extension clusters, and local leadership structures, to ensure wider reach and equitable access to food security information. These combined efforts will significantly improve communication efficiency, promote sustainable agricultural practices, and enhance overall food security outcomes in developing contexts.

References

Akinola, A., & Alayande, O. (2021). Agricultural extension and rural development in Nigeria. *Journal of Development Studies*, 58(4), 233–250.

Anderson, J. R., & Feder, G. (2007). Agricultural extension. *Handbook of Agricultural Economics*, 3, 2343-2378.

Davis, K., Swanson, B., & Amudavi, D. (2019). Review of agricultural extension systems. *World Development*, 119, 1–12.

FAO. (2023). *The state of food security and nutrition in the world*. Food and Agriculture Organization of the United Nations.

Freire, P. (1970). *Pedagogy of the oppressed*. New York: Continuum.

Hornik, R. (2016). Development communication: Theory and practice. *Communication Theory*, 26(2), 123-140.

Kress, G., & van Leeuwen, T. (2006). *Reading images: The grammar of visual design*. Routledge.

Obregon, R., & Tufte, T. (2017). Communication for development and social change. *International Journal of Communication*, 11, 1–10.

Rogers, E. M. (2003). *Diffusion of innovations* (5th ed.). Free Press.

Servaes, J. (2008). *Communication for development and social change*. Sage.

Tufte, E. R. (1997). *Visual explanations*. Graphics Press.

UNESCO. (2021). Literacy and development report. United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization.

Van Mele, P. (2008). Communication for rural innovation. *International Journal of Agricultural Sustainability*, 6(1), 45-60.

World Bank. (2022). *Agriculture and food security in Africa*. World Bank Publications.

SOVEREIGNTY IN THE MODERN WORLD-SYSTEM: STRUCTURE, POWER, AND POLITICAL PRACTICE

Supervisor: Prof. Dr. Miklós Szabó, professor emeritus at the Deák Ferenc Doctoral School of Political Science and Law, University of Miskolc

Aktham Raed Ahmad Alqattamin

University of Miskolc, Deák Ferenc Doctoral School of Political Science and Law, Institute of Legal Theory and Legal History, Miskolc, Hungary.

ABSTRACT

Sovereignty has long been understood as the defining principle of political autonomy, grounding the modern international order in the presumed independence and equality of states. Yet, this understanding rests on an abstraction that obscures the structural conditions within which sovereignty operates. When situated within the dynamics of the modern world-system, sovereignty appears less as a protective boundary and more as an organizing principle through which differentiation is produced and maintained.

Drawing on the Center–Periphery framework and the subsequent insights of Immanuel Wallerstein, this paper approaches sovereignty not as an isolated legal attribute, but as a functional component of a broader systemic arrangement in which formally equal states coexist within a single unequal world economy.

This disjunction becomes visible in the selective application of international norms, where intervention, non-intervention, and external pressure reflect underlying structural asymmetries. Further, the paper illustrates how sovereignty also contributes to the territorialization of political belonging, reshaping the boundaries of loyalty and solidarity, and reordering priorities.

In bringing together structural analysis, political practice, and identity formation, the paper offers a reconceptualization of sovereignty as a principle whose significance lies not in the autonomy it proclaims, but in the order it quietly sustains.

Keywords: Sovereignty, World-System, International Relations, Structural Inequality, Identity.

INTRODUCTION

Sovereignty remains one of the most enduring and foundational concepts in the study of international relations and political organization. It is commonly understood as the principle that underpins the autonomy of states, grounding the modern international order in the assumption of independent and territorially bounded political units. Within this conventional framework, sovereignty functions as both a legal doctrine and a normative ideal, shaping expectations of non-interference, equality among states, and the legitimacy of political authority within defined borders.

Yet, this classical understanding presents a paradox. While sovereignty is formally articulated as a universal and equally applicable principle, its practical operation reveals significant variation, inconsistency, and asymmetry. States do not experience sovereignty in the same way,

nor do they exercise it under comparable conditions. The gap between sovereignty as a principle and sovereignty as a practice raises fundamental questions about the adequacy of conventional interpretations and calls for a reconsideration of the concept beyond its formal definition.

This paper approaches sovereignty through the analytical lens of the center–periphery framework and the broader insights of Immanuel Wallerstein's World-Systems Analysis. Rather than treating sovereignty as an isolated legal attribute, it situates it within the structural dynamics of the modern world-system. From this perspective, sovereignty is not merely a protective boundary separating political units, but a functional component of a broader systemic arrangement that organizes differentiation, facilitates economic processes, and sustains hierarchical relations between states.

Building on this structural understanding, the paper further examines how sovereignty operates in international political practice, demonstrating that its application is neither uniform nor neutral, but selectively interpreted in ways that reflect underlying distributions of power. This selective operationalization does not indicate a breakdown of sovereignty, but rather reveals its modifiability.

This analysis extends into the domain of political belonging. It argues that sovereignty not only organizes political authority but also contributes to the territorialization of identity, reshaping the boundaries of loyalty, solidarity, and collective affiliation. By aligning political authority with territorially bounded units, sovereignty influences how individuals and communities understand their place within the global order, shaping their political perception.

The paper proceeds as follows. The first section examines the classical formulations of sovereignty, highlighting their emphasis on autonomy and territorial authority. The second section situates sovereignty within the Wallerstein's analysis of the modern world-system, demonstrating its role as a structural and infrastructural component of global organization. The third section turns to the observable political practice, analyzing some aspects of the selective application of sovereignty in international relations. The fourth section explores the relationship between sovereignty and identity formation, focusing on the territorialization of belonging. The final section concludes by synthesizing the argument and reconsidering sovereignty as a functional principle rather than a protective one.

CLASSICAL INTERPRETATIONS

The concept of sovereignty occupies a central place in the intellectual and institutional foundations of the modern international order. Conventionally understood as the supreme authority of the state within its territorial boundaries, sovereignty has long been associated with autonomy, independence, and the absence of external interference. As both a legal principle and a political ideal, it has structured the way scholars and practitioners alike conceive of political authority, shaping the normative expectations that govern relations between states.

The classical articulation of sovereignty is most systematically associated with Jean Bodin, who, in his *Six Books of the Commonwealth*, defined sovereignty as the *"absolute and perpetual power of a commonwealth."* This formulation established sovereignty as the defining attribute of political order, emphasizing its indivisibility, permanence, and supremacy (Bodin, 1992). For Bodin, sovereignty was not merely a descriptive concept but a foundational principle that distinguished the state from all other forms of political organization (Bodin, 1992). Although the idea of sovereign authority predated Bodin, his work provided the first coherent theoretical framework through which it could be understood as a unified and central feature of political life (Beaulac, 2003).

Subsequent developments in political thought further engaged with this understanding. Thomas Hobbes and John Locke, while differing significantly in their normative commitments, both thinkers preserved the central problem of political authority as one requiring a supreme locus of decision-making. Hobbes, writing in the context of civil war, conceived sovereignty as an absolute and undivided power necessary to prevent the collapse of society into a state of nature characterized by insecurity and conflict (Hobbes, 1996). Locke, by contrast, grounded political authority in the consent of the governed, placing normative limits on its exercise while maintaining the necessity of an ultimate governing authority within the political community (Locke, 1988). In both formulations, political order remained anchored in a territorially bounded structure of authority, reinforcing the association between sovereignty, internal supremacy, and organized self-governance.

The historical narrative of sovereignty is often linked to the Peace of Westphalia, frequently presented as the foundational moment of the modern state system. The treaties are commonly understood to have institutionalized the principles of territorial integrity, non-interference, and the formal equality and mutual recognition of states (Gross, 1948). However, contemporary scholarship has cautioned against an overly deterministic reading of Westphalia as the origin of sovereignty. Rather than marking a clear beginning, it is more accurately viewed as a symbolic consolidation of evolving practices and ideas that gradually normalized the association between political authority and territorially bounded units (Osiander, 2001; Spruyt, 1994; Krasner, 1999).

Despite variations in its theoretical articulation and historical development, the classical conception of sovereignty converges around a common core: the notion of a self-contained political unit exercising supreme authority within clearly defined territorial limits. This understanding has shaped both legal doctrine and political imagination, embedding the assumption that states operate as autonomous entities within an anarchic international system. It is precisely this assumption—of sovereignty as autonomy—that has come to dominate conventional analyses of international relations.

Yet, as subsequent chapters will demonstrate, this classical image rests on an abstraction that obscures the relational and functional dimensions of sovereignty in practice. While sovereignty is formally presented as a universal and equal attribute of states, its operation within the modern world-system reveals a far more differentiated and structured reality. The following chapter, therefore, moves beyond the classical conception to examine sovereignty not as an isolated principle, but as an integral component of a broader systemic order.

THE INFRASTRUCTURE OF THE WORLD-SYSTEM

The center–periphery framework is most prominently associated with the work of Raúl Prebisch, who, during his tenure as Executive Secretary of the United Nations Economic Commission for Latin America and the Caribbean (ECLAC) in the 1950's, articulated an influential model for understanding global economic asymmetries (Love, 1980). Initially grounded in the analysis of trade relations and development disparities, Prebisch conceptualized the international economy as structured around a core of industrialized *"centers"* or *"cores"* and a dependent *"periphery"* characterized by primary production and structural vulnerability (Prebisch, 1950).

Within this formulation, centers were understood as economically advanced and industrialized states capable of shaping global markets, while peripheral states remained dependent on the export of raw materials and subject to unfavorable terms of trade (Prebisch, 1950; Singer, 1950; Wallerstein, 2004). Although Prebisch's analysis focused primarily on economic structures, his

framework established a foundational distinction between dominant and subordinate regions that would later be expanded beyond purely material dimensions (Hout, 2023).

In its broader development, the center–periphery model has been adopted and refined across sociology, political science, and international political economy, among other relevant disciplines, as a framework for analyzing systemic global inequalities. Rather than referring solely to patterns of trade dependency, the model conceptualizes the international order as structured around asymmetrical relations between dominant centers—characterized by economic strength, political clout, institutional influence, and agenda-setting capacity—and peripheral regions, whose overall developmental trajectories remain shaped by structural constraints and external dependencies (Klimczuk & Klimczuk-Kochańska, 2019).

Within this expanded understanding, center–periphery relations extend beyond economic disparities to encompass political authority, knowledge and norm production, and cultural influence. The model thus provides a structural lens through which enduring patterns of dominance and subordination can be examined, highlighting how inequalities are embedded within the organization of the global system itself rather than arising from isolated or accidental conditions.

Dependency theory played a crucial role in this expansion by challenging the assumption that peripheral underdevelopment merely reflected a delayed stage of modernization. Thinkers such as André Gunder Frank (Frank, 1966) and Samir Amin (Amin, 1974; Amin, 1976) argued instead that underdevelopment was actively produced through the historical incorporation of peripheral regions into a global system structured by asymmetrical relations of extraction, dependency, and external control. In this view, the condition of the periphery is not residual but relational: it is constituted through its subordinate position within an unequal international order (See Cardoso & Faletto, 1979; Dos Santos, 1970).

This shift was important because it broadened the explanatory reach of the model. The center–periphery relations could no longer be understood solely in terms of trade imbalances or industrial disadvantage. It also involved political influence, institutional asymmetry, colonial legacy, and the international organization of knowledge, norms, and authority. What emerged was a more comprehensive understanding of global hierarchy in which economic dependence was inseparable from broader structures of power (Ellner, 2024; Hout, 2023).

Immanuel Wallerstein systematized this broader perspective through *World-Systems Analysis*. Rather than treating states as self-contained units developing along separate trajectories, Wallerstein approached the modern world as a single historical system organized through an axial division of labor (Wallerstein, 2004; Martinez-Vela, 2001). Within this systemic perspective, core (center), semi-peripheral, and peripheral zones occupy differentiated positions that are sustained through long-term structural relations that extend beyond economic exchange to encompass political authority, institutional organization, and the production of knowledge and norms. Core regions concentrate capital, technological capacity, and institutional power, while peripheral regions remain constrained by patterns of extraction and subordinate incorporation. The semi-periphery occupies an intermediate position that both mediates and stabilizes the system as a whole (Wallerstein, 2004).

Wallerstein's contribution was not simply to redescribe inequality on a larger scale, but to show that the maintenance of hierarchy is systemic. Economic asymmetry, political power, and institutional ordering form part of the same historical structure that extends further to cultural norms, ideological domination, and systemic divisions of the world. For this reason, the expansion of the center–periphery model beyond economics is not an external addition but a

logical development of the claim that global inequality is produced through durable and interconnected relations of domination.

Within this framework, the role of the state—and by extension the concept of sovereignty—must be reconsidered. States do not exist as autonomous entities external to the world-system, but as integral components of its operation. The multiplicity of political units is not incidental but a structural requirement of the modern capitalist world-economy, allowing a single, integrated economic system to function across differentiated zones. Rather than constituting independent units of analysis, states are embedded within the system and shaped by their position within its division of labor (Wallerstein, 2004). In this sense, the modern world-system is sustained through an interstate framework in which political fragmentation coexists with economic integration, creating the conditions under which accumulation can be organized on a global scale.

Within this interstate system, states play a central role in structuring and regulating the conditions of economic activity. Their formal sovereignty—while relational and contingent—provides the juridical framework within which economic processes are organized, enabling the differentiation of legal regimes, regulatory environments, and fiscal policies across territories. This differentiation is not incidental but functional, allowing economic actors to operate across multiple jurisdictions and to take advantage of variations in labor costs, taxation, and regulatory constraints. States actively shape these conditions by legislating property rights, enforcing contracts, regulating the cross-border movement of capital, goods, and labor, and, crucially, facilitating or protecting monopolistic advantages in high-value sectors (Wallerstein, 2004).

Moreover, economic actors belonging to more powerful states may leverage these states to exert political and economic pressure across the interstate system, thereby securing favorable conditions of production, exchange, and market access in less powerful jurisdictions (Wallerstein, 2004). In this way, states function simultaneously as arenas of competition and as instruments through which the broader logic of capital accumulation is advanced within the world-system.

Wallerstein's analysis provides a lens through which to understand sovereignty as fundamentally different from its classical conception. Rather than functioning as a protective shield guaranteeing autonomy, sovereignty emerges as a structural component that enables and sustains systemic inequality.

However, even without recourse to complex theoretical frameworks, the operation of sovereignty in international practice raises significant questions regarding its consistency and universality. By observing how sovereignty is applied across different contexts, it becomes evident that its practical functioning deviates from its formal definition. The following chapter, therefore, turns to the empirical dimension, examining sovereignty as it operates in international political practice.

INTERNATIONAL RELATIONS AND POLITICS

While the preceding chapter has demonstrated that sovereignty functions as an infrastructural and structural component of the modern world-system, its practical application in international relations further exposes the limitations of its classical formulation. Without having to apply complex theoretical frameworks, the observable behavior of states in the international arena raises significant questions regarding the consistency, universality, and neutrality of sovereignty as a governing principle.

Conventionally, as illustrated earlier, sovereignty is understood as a universal and equally applicable norm, implying that all states enjoy the same rights to territorial integrity, political independence, and non-interference. However, empirical observation reveals a markedly different reality. Sovereignty is not uniformly respected or applied; rather, it is selectively interpreted and operationalized, often in ways that reflect underlying asymmetries of power within the international system.

One of the most illustrative domains in which this selective application becomes evident is the doctrine of the Responsibility to Protect (R2P). Emerging in the early twenty-first century as a reformulation of sovereignty, R2P sought to redefine the concept by linking it to the obligation of states to protect their populations from mass atrocities. In doing so, it introduced the notion that sovereignty is not merely a right, but also a responsibility (ICISS, 2001; General Assembly, 2005; Singh, 2025).

In practice, however, the implementation of this principle has been inconsistent. The 2011 intervention in Libya, authorized by the United Nations Security Council, is frequently cited as a landmark case in which sovereignty was overridden in the name of humanitarian protection. The intervention demonstrated that, under certain conditions, the principle of non-interference could be suspended when framed within a broader normative justification (Security Council, 2011; Campbell, 2013; Reuters, 2011).

Furthermore, similar conditions of human rights violations did not produce comparable responses in other contexts. The Syrian conflict, which also involved widespread violence against civilian populations, did not result in equivalent intervention. Instead, divisions among major powers, particularly within the Security Council, prevented the application of the same principle. Scholars and analysts have repeatedly pointed to this contrast as evidence of the selective nature of sovereignty's reinterpretation in practice (Hehir, 2013; Bellamy, 2015; Welsh, 2016).

This inconsistency suggests that sovereignty is not simply 'violated' or 'respected,' but rather modulated according to political, strategic, and economic considerations. The decision to intervene—or to refrain from intervention—often reflects the interests of powerful states, the geopolitical significance of the region in question, and the broader balance of power within the international system. In this sense, sovereignty does not function as a fixed legal boundary, but as a flexible instrument whose application varies across contexts and circumstances.

Beyond humanitarian intervention, similar patterns can be observed in other areas of international politics. Economic sanctions, military presence, and diplomatic pressure frequently operate in ways that challenge the formal notion of sovereign equality. While some states are able to resist external influence, others remain highly susceptible to it, further reinforcing the uneven distribution of power among states (Krasner, 1999; Hufbauer, Schott, Elliott, & Oegg, 2007). These dynamics reveal that sovereignty, in practice, is deeply intertwined with broader structures of dominance and dependency.

Importantly, this selective application does not represent a breakdown of sovereignty as a concept, but rather reflects its integration within the logic of the system itself. The variability in how sovereignty is applied corresponds to the differentiated positions that states occupy within the global hierarchy. Core states possess a greater capacity to assert, interpret, and even redefine sovereignty, while peripheral states are more frequently subjected to its external reinterpretation.

In this regard, the apparent inconsistency of sovereignty in political practice should not be understood as evidence of its failure, but as an indication of its functional role within the system.

Sovereignty operates not as a uniform shield protecting all states equally, but as a structured and adaptable principle that aligns with the distribution of power across the international order.

This observation reinforces the argument advanced in the previous chapter: sovereignty is not an abstract or universally applied norm, but a relational and functional component of the modern world-system. Its practical operation reveals the extent to which political authority, legal principles, and international norms are embedded within—and shaped by—the broader dynamics of the systemic inequality in the modern world-system.

The implications of sovereignty extend beyond its economic, legal, and political dimensions into the realm of political belonging. Its influence must also be considered in relation to the formation of identity. The following chapter, therefore, moves beyond political practice to examine how sovereignty contributes to the reconfiguration of political belonging, reshaping the boundaries of loyalty, solidarity, and collective affiliation.

SOVEREIGNTY AND IDENTITY FORMATION

Prior to the consolidation of the modern state system, political and social identities were often layered, fluid, and not strictly confined to territorially bounded units. Forms of belonging could be shaped by religion, empire, kinship, or broader civilizational affiliations that transcended fixed political borders (Lapidus, 2001; Hodgson, 1974; Szűcs, 2022). The emergence of sovereignty as a defining principle of political organization introduced a gradual but profound transformation: the alignment of political authority with clearly demarcated territorial units, and the corresponding reorientation of identity toward those units (Spruyt, 1994; Tilly, 1990).

This transformation did not occur in isolation. The consolidation of sovereign states was accompanied by the rise of nationalism, which provided the ideological and emotional framework necessary to sustain territorially bounded political communities. Nationalism linked political authority to a shared sense of identity, redefining populations as nations and embedding loyalty within the framework of the state (Anderson, 2006; Gellner, 1983; Hobsbawm, 1990). In this regard, sovereignty and nationalism operated in tandem: sovereignty structured political space, while nationalism structured political belonging within that space.

As a result, alternative forms of collective identity that extended beyond territorial boundaries were increasingly reinterpreted, marginalized, or fragmented. Supra-territorial identities did not disappear, but their political expression became mediated through the institutional and normative constraints of the sovereign state system. The scope of political solidarity was gradually redefined, aligning more closely with national borders than with broader civilizational or transnational affiliations (Anderson, 2006; Gellner, 1983).

This dynamic can be illustrated through the case of the Islamic *Ummah*, historically understood as a supra-territorial community of believers not confined to a specific territorial framework (Hodgson, 1974; Lapidus, 2001). As the modern state system expanded and became globally institutionalized, this broader identity encountered increasing tension with the territorially bounded logic of sovereignty. Political authority became organized through nation-states, and expressions of belonging were increasingly channeled through national frameworks (Khalidi, 1997; Duri, 2012).

In practice, this has contributed to a reconfiguration of political consciousness. Events affecting Muslim populations in one territorial context are often interpreted within the boundaries of sovereign jurisdiction rather than as matters of collective concern for the broader Ummah community. The prioritization of national interests, legal obligations, and territorial boundaries reshapes how solidarity is expressed and acted upon. In this sense, sovereignty does not

eliminate supra-territorial identities, but it alters their political salience and practical implications (Lapidus, 2001; Anderson, 2006).

This process should not be understood as the result of deliberate ideological imposition alone, but as a structural consequence of the organization of the modern world-system. The territorialization of political authority creates corresponding pressures toward the territorialization of identity. As political institutions, legal systems, and mechanisms of governance operate within defined borders, they reinforce patterns of belonging that align with those borders. Over time, these patterns become normalized, shaping both individual and collective understandings of political community.

The fragmentation of supra-territorial identities, therefore, is not merely a cultural or ideological phenomenon, but a systemic outcome linked to the institutional logic of sovereignty. By structuring political authority within territorially bounded units, sovereignty contributes to redefining the boundaries of loyalty, solidarity, and collective affiliation. It narrows the scope within which political responsibility is recognized and exercised, aligning it with the spatial organization of the state.

In this sense, sovereignty extends its influence beyond governance and into the domain of identity formation itself. It reshapes not only how political authority is organized, but also how individuals and communities perceive their place within the broader global order. The reconfiguration of belonging thus becomes an integral part of the system's operation, reinforcing the structures through which political and economic relations are organized.

CONCLUSION

What emerges from this analysis is not the erosion of sovereignty, but a shift in how it is to be understood. The classical image—of a self-contained authority exercising control within clearly bounded territory—retains its formal presence, yet it no longer captures the conditions under which political authority operates in practice. Beneath this image lies a more complex reality, in which sovereignty is neither absolute nor evenly distributed, but structured through the very system it is assumed to organize.

When viewed through the lens of the modern world-system, sovereignty reveals itself as part of an institutional arrangement that enables differentiation rather than eliminates it. The fragmentation of political space into multiple jurisdictions does not stand in contradiction to global integration; it facilitates it. The coexistence of formal equality and substantive inequality is not an anomaly, but a defining feature of the system's operation.

This becomes particularly evident in the sphere of observable political practice, where the application of sovereignty follows patterns that resist uniformity. Intervention and restraint, recognition and denial, protection and exposure—these are not simply inconsistencies, but expressions of a deeper structural logic. Sovereignty, in this sense, does not break down under pressure; it operates in accordance with the differentiated structure of the system.

Yet the reach of this logic extends further. As sovereignty organizes political authority within territorial boundaries, it simultaneously reshapes the horizons of political belonging. The alignment of identity with territory narrows the scope of solidarity, reconfiguring how individuals and communities relate to one another across space. The experience of the Ummah reflects this transformation, revealing not the disappearance of supra-territorial affiliation, but its rearticulation within a framework that conditions its political expression.

Sovereignty, therefore, is not merely a principle of governance. It is a form through which the modern world is arranged—politically, economically, and socially. Its significance lies not in the autonomy it promises, but in the patterns it produces: patterns of hierarchy, patterns of differentiation, and patterns of confused belonging.

To understand sovereignty in this way is to move beyond the question of whether it holds or fails, and toward a more fundamental recognition: that its endurance is inseparable from the system that gives it meaning.

REFERENCES

Amin, S. (1974). *Accumulation on a World Scale: A Critique of the Theory of Underdevelopment.* New York: Monthly Review Press.

Amin, S. (1976). *Unequal Development: An Essay on the Social Formation of Peripheral Capitalism.* New York: Monthly Review Press.

Anderson, B. (2006). *Imagined Communities: Reflections on the Origin and Spread of Nationalism.* rev. ed. London: Verso.

Beaulac, S. (2003). The Social Power of Bodin's 'Sovereignty' and International Law. *Melbourne Journal of International Law, 4*, 1–28.

Bellamy, A. J. (2015). The Responsibility to Protect Turns Ten. *Ethics & International Affairs, 29*(2), 161–185. https://doi.org/10.1017/S0892679415000052

Bodin, J. (1992). *On sovereignty: Four chapters from the Six Books of the Commonwealth.* Cambridge: Cambridge University Press.

Campbell, H. (2013). *Global NATO and the Catastrophic Failure in Libya.* New York: NYU Press.

Cardoso, F. H., & Faletto, E. (1979). *Dependency and Development in Latin America.* California: University of California Press.

Dos Santos, T. (1970). The Structure of Dependence. *The American Economic Review, 60*(2), 231–236.

Duri, A. (2012). *The Historical Formation of the Arab Nation: A Study in Identity and Consciousness.* (Vol. 1). (L. I. Conrad, Trans.) Oxfordshire: Routledge.

Ellner, S. (2024). Dependency Theory and Its Revival in the Twenty-First Century. *Latin American Research Review*, *59*, 744–757. https://doi.org/10.1017/lar.2024.12

Frank, A. G. (1966). The development of underdevelopment. *Monthly Review*, *18*(4), 17–31. https://doi.org/10.14452/MR-018-04-1966-08_3

Gellner, E. (1983). *Nations and Nationalism.* New York: Cornell University Press.

General Assembly, U. N. (2005). *60/1. 2005 World Summit Outcome.* New York: United Nations.

Gross, L. (1948). The Peace of Westphalia, 1648–1948. *American Journal of International Law*, *42*(1), 20–41. https://doi.org/10.2307/2193560

Hehir, A. (2013). The Permanence of Inconsistency: Libya, the Security Council, and the Responsibility to Protect. *International Security, 38*(1), 137–159. https://doi.org/10.1162/ISEC_a_00125

Hobbes, T. (1996). *Leviathan.* Cambridge: Cambridge University Press.

Hobsbawm, E. (1990). *Nations and Nationalism since 1780.* Cambridge: Cambridge University Press.

Hodgson, M. G. (1974). *The Venture of Islam: Conscience and History in a World Civilization. Vol. 1: The Classical Age of Islam.* Chicago: University of Chicago Press.

Hout, W. (2023). Dependency Theory. In Clarke, M., & Zhao, X (eds.), *Elgar encyclopedia of development* (pp. 162–166). Cheltenham: Edward Elgar Publishing. https://doi.org/10.4337/9781800372122

Hufbauer, G. C., Schott, J. J., Elliott, K. A., & Oegg, B. (2007). *Economic Sanctions Reconsidered (3rd ed.).* Peterson Institute for International Economics.

ICISS. (2001). *The Responsibility to Protect.* Ottawa: International Development Research Centre.

Khalidi, R. (1997). *Palestinian Identity: The Construction of Modern National Consciousness.* New York: Columbia University Press.

Klimczuk, A., & Klimczuk-Kochańska, M. (2019). Core-Periphery Model. In S. Romaniuk, M. Thapa, & P. Marton, *The Palgrave Encyclopedia of Global Security Studies* (pp. 1–8). Cham: Palgrave Macmillan. https://doi.org/10.1007/978-3-319-74336-3_320-1

Krasner, S. D. (1999). *Sovereignty: Organized Hypocrisy.* Princeton: Princeton University Press.

Lapidus, I. M. (2001). Between Universalism and Particularism: The Historical Bases of Muslim Communal, National, and Global Identities. *Global Networks, 1*(1), 37–55. https://doi.org/10.1111/1471-0374.00004

Locke, J. (1988). *Two Treatises of Government.* Cambridge: Cambridge University Press.

Love, J. L. (1980). Raúl Prebisch and the Origins of the Doctrine of Unequal Exchange. *Latin American Research Review, 15*(3), 45–72.

Martinez-Vela, C. A. (2001). World Systems Theory. *ESD.83.*, 1–5.

Osiander, A. (2001). Sovereignty, International Relations, and the Westphalian Myth. *International Organization, 55*(2), 251–287.

Prebisch, R. (1950). *The Economic Development of Latin America and its Principal Problems.* New York: Economic Commission for Latin America.

Reuters. (2011, April 9). Polish PM Chides Europe over Libya “Hypocrisy”.

Security Council, U. N. (2011). *Resolution 1973 (2011) [on the situation in Libya] (S/RES/1973).* New York: United Nations. Retrieved from https://docs.un.org/en/S/RES/1973%20(2011)

Singer, H. W. (1950). The Distribution of Gains between Investing and Borrowing Countries. *The American Economic Review, 40*(2), 473–485.

Singh, J. (2025). Reconceptualizing Sovereignty: The Emergence OF The Responsibility To Protect (R2P) In International Law. *Cambridge Open Engage*. https://doi.org/10.33774/coe-2025-6w22g

Spruyt, H. (1994). *The Sovereign State and Its Competitors: An Analysis of Systems Change.* Princeton: Princeton University Press.

Szűcs, J. (2022). “Nationality” and “National Consciousness” in the Middle Ages. In G. Klaniczay, B. Trencsényi, & G. Gyáni (Eds.), *The Historical Construction of National Consciousness: Selected Writings* (pp. 25–58). Budapest: Central European University Press.

Tilly, C. (1990). *Coercion, Capital, and European States, AD 990–1990.* Oxford: Blackwell.

Wallerstein, I. (2004). *World-Systems Analysis: An Introduction.* Durham: Duke University Press.

Welsh, J. M. (2016). The Responsibility to Protect after Libya & Syria. *Daedalus, 145*(4), 75–87. https://doi.org/10.1162/DAED_a_00413

PERSONALIZED CLINICAL INDICATIONS, AGENT SELECTION, AND CURRENT STUDIES OF ANTICOAGULANTS IN CARDIOLOGY

KARDİYOLOJİDE ANTİKOAGÜLANLARIN KİŞİSELLEŞTİRİLMİŞ KLİNİK ENDİKASYONLARI, AJAN SEÇİMİ VE GÜNCEL ÇALIŞMALAR

Uzm. Dr. Muhammed Emre Güleşir

Bolu İzzet Baysal Devlet Hastanesi, Kardiyoloji Kliniği, Bolu, Türkiye

ORCID: 0000-0002-9511-5825

Dr. Berkay Topal

Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi, Kardiyoloji Kliniği, Bolu, Türkiye

ORCID: 0009-0003-9579-4981

ÖZET

Amaç: Bu derlemenin amacı, güncel kılavuzlar ve literatür verileri çerçevesinde varfarin ile yeni nesil oral antikoagülanların (YOAK) klinik önemlerini belirlemek ve spesifik hasta koşullarında ajan seçimini etkileyen en yeni farmakolojik verileri literatüre sunmaktır.

Materyal ve Yöntem: Çalışmada, varfarin ile direkt oral antikoagülanlar (dabigatran, rivaroksaban, apiksaban, edoksaban) üzerine yapılmış büyük çaplı randomize kontrollü çalışmalar (RE-LY, ROCKET AF, ARISTOTLE, ENGAGE AF-TIMI 48, COBRRA) ile uluslararası güncel kardiyoloji kılavuzları incelenmiştir. Ajanların etki mekanizmaları, böbrek ve karaciğer metabolizmaları, besin etkileşimleri ve kanama profilleri klinik endikasyonlara göre karşılaştırmalı olarak analiz edilmiştir.

Bulgular: Mekanik kalp kapak protezleri, romatizmal mitral darlığı ve ileri evre kronik böbrek yetmezliğinde varfarin halen altın standarttır. Non-valvüler atriyal fibrilasyon ve akut venöz tromboemboli (VTE) tedavisinde ise YOAK'lar intrakraniyal kanamayı yarı yarıya azaltarak öncelikli tercih haline gelmiştir. Apiksaban, renal atılımının düşük olması ve gastrointestinal kanama riskini artırmamasıyla öne çıkmaktadır. Yeni yayımlanan COBRRA çalışması, akut VTE tedavisinde apiksabanın rivaroksabana kıyasla majör kanama riskini %54 oranında azalttığını kanıtlamıştır. Günümüzde majör kanamaları tamamen sıfıra indirmek amacıyla, fizyolojik hemostazı koruyan Faktör XI ve XII inhibitörlerine yönelik çalışmalar devam etmektedir.

Sonuç: YOAK'lar güvenlik ve hasta uyumu açısından varfarine kıyasla büyük başarılar sağlamıştır bununla birlikte sıfır kanama riskine sahip ideal antikoagülan hedefine henüz ulaşılamamıştır. Antikoagülan seçimi; hastanın yaşı, organ fonksiyonları ve kanama risk profili dikkate alınarak kişiselleştirilmelidir.

Anahtar Kelimeler: Antikoagülanlar, Varfarin, YOAK, Atriyal Fibrilasyon, COBRRA.

ABSTRACT

Objective: The aim of this review is to determine the clinical significance of warfarin and direct oral anticoagulants (DOACs) within the framework of current guidelines and literature data, and to present the latest pharmacological data influencing agent selection in specific patient conditions.

Materials and Methods: In this study, large-scale randomized controlled trials (RE-LY, ROCKET AF, ARISTOTLE, ENGAGE AF-TIMI 48, COBRRA) on warfarin and DOACs (dabigatran, rivaroxaban, apixaban, edoxaban), along with current international cardiology guidelines, were examined. The mechanisms of action, renal and hepatic metabolisms, food interactions, and bleeding profiles of these agents were comparatively analyzed based on clinical indications.

Results: Warfarin remains the gold standard for mechanical heart valve prostheses, rheumatic mitral stenosis, and advanced chronic kidney disease. In the treatment of non-valvular atrial fibrillation and acute venous thromboembolism (VTE), DOACs have become the primary choice by reducing intracranial bleeding by half. Apixaban stands out due to its low renal excretion and lack of increased gastrointestinal bleeding risk. The recently published COBRRA trial demonstrated that apixaban reduces the risk of major bleeding by 54% compared to rivaroxaban in the treatment of acute VTE. Currently, studies on Factor XI and XII inhibitors, which preserve physiological hemostasis, are ongoing with the goal of completely eliminating major bleeding.

Conclusion: Although DOACs have achieved significant success compared to warfarin in terms of safety and patient compliance, the goal of an ideal anticoagulant with zero bleeding risk has not yet been reached. Anticoagulant selection should be personalized by considering the patient's age, organ functions, and bleeding risk profile.

Keywords: Anticoagulants, Warfarin, DOACs, Atrial Fibrillation, COBRRA.

GİRİŞ

Varfarin, sığırlarda görülen ölümcül kanama hastalıklarının (tatlı yonca hastalığı) araştırılmasıyla başlayan sürecinde keşifedilen 1950'lerde insanlarda klinik kullanıma giren K vitamini epoksit redüktaz enzimini inhibe ederek etki eden bir antikoagülandır. K vitaminine bağımlı pıhtılaşma faktörlerinin (Faktör II, VII, IX ve X) sentezini engeller.1

Varfarin önemli kardiyak endikasyonlara sahiptir. Mekanik kalp kapak protezleri2, Romatizmal mitral darlığı (MD) olan atriyal fibrilasyonlu (AF) hastalarda, ileri evre kronik böbrek yetmezliği (evre 4-5 ve diyaliz) olan hastalarda, sol ventrikül trombüsü olan hastalarda , non-valvüler AF veya akut derin ven trombozu (DVT), akut pulmoner emboli (PE) hastalarında maliyet, ilaç etkileşimleri (örn. bazı antiepileptikler veya antiretroviraller) nedenleriyle varfarin önemli kardiyak klinik endikasyonlarıdır.3 Varfarin bu kardiyak endikasyonlar dışında antifosfolipit sendromunda da tartışmasız bir yere sahiptir.4

Varfarin, trombüs oluşumunu engellemede tarihsel bir başarı yakalamış olsa da; hastaların yaşam kalitesini düşüren sürekli laboratuvar monitörizasyonu zorunluluğu ve öngörülemeyen kanama riskleri, klinisyenleri her zaman daha "ideal" ve yönetilebilir bir antikoagülan arayışına itmiştir.5

Bu arayışın sonucunda klinik pratiğe entegre olan yeni nesil oral antikoagülanlar (YOAK), antikoagülasyon stratejilerinde çağ atlatmıştır. Sabit dozda reçete edilebilmeleri, rutin pıhtılaşma takibi gerektirmemeleri ve kanama profillerindeki belirgin güvenilirlikleri sayesinde

bu ajanlar, güncel kılavuzlarda bazı klinik endikasyonlarda varfarinin yerini alarak altın standart haline gelmiştir.

Mevcut YOAK'lar varfarine kıyasla kanama riskinin azalmış olsa bile kanama riski hala mevcuttur. YOAK'ların antikoagülan endikasyonu olan her klinik durumda kullanılamaması nedeniyle hala ideal antikoagülan arayışının devam etmektedir.

Derlememizin amacı güncel çerçevede varfarin ve YOAC'ların güncel klinik durumdaki önemlerini belirlemek ve YOAK'ların birbirlerine üstün gelen spesifik klinik koşulları ajanlar arasındaki tercihleri belirleyen en yeni verileri literatüre sunmaktır.

GELİŞME

Varfarin yeni antikoagülanların klinik kullanımına rağmen kullanım alanı oldukça geniş bir şekilde devam etmektedir. Mekanik kalp kapak protezler ömür boyu antikoagülasyon için varfarin halen tek ve altın standarttır.2 Romatizmal mitral darlığı (MD) olan atriyal fibrilasyonlu (AF) hastalarda, yüksek tromboembolik risk nedeniyle yeni nesil oral antikoagülan (YOAK; dabigatran, rivaroksaban, apiksaban, edoksaban) kullanımı önerilmez. AF'si olan MD hastalarındaki bu klavuz önerisi INVICTUS çalışmasına dayandırılmıştır ve klavuzda mitral kapak alanı (MKA) 2 cm2 sınırı verilmiş olup 2 cm2 nin altı kapaklarda varfarin önerilir.2 İleri evre kronik böbrek yetmezliği (evre 4-5 ve diyaliz) olan hastalarda gri alanlar olmakla birlikte kreatinin klirensi (CrCl) 15 mL/dk altı olan hastalarda varfarin önerilir. Renal klirensin yanı sıra, YOAK'ların hepatik metabolizma düzeyleri ve karaciğer yetmezliğindeki kullanım sınırları da klinisyenin karar ağacında belirleyici bir rol oynar ve YOAK'ların kullanım sınırları Child-Pugh (CP) sınıflamasına göre net çizgilerle ayrılmıştır ve Child-Pugh C (ileri evre karaciğer yetmezliği)'de tüm YOAK'ların kullanımı kesinlikle kontrendikedir.6 Sol ventrikül trombüsü olan hastalarda YOAK'lar kanıt dışı kullanılan klinikler olmakla birlikte trombüs rezolüsyonu açısından hala tek kanıt varfarine aittir.7,8 Non-valvüler AF veya akut derin ven trombozu (DVT), akut pulmoner emboli (PE) tedavisinde YOAK'lar Sınıf I öneri haline gelmiş olsa da; maliyet, ilaç etkileşimleri (örn. bazı antiepileptikler veya antiretroviraller) veya gastrointestinal intolerans gibi nedenlerle DOAK kullanılamayan hastalarda varfarin halen geçerli bir alternatiftir.3

Tromboembolik riski azaltmadaki tartışılmaz etkinliğine rağmen, varfarinin klinik faydası dar terapötik indeksi, genetik polimorfizmlere bağlı değişken farmakokinetiği, çok sayıda ilaç-ilaç ile besin-ilaç etkileşimine yatkınlığı, rutin koagülasyon takibi ve hayatı tehdit eden kanamalar nedeniyle kısıtlanmıştır.5 Varfarinin bu kısıtlılıklarını aşmak için yeni nesil oral antikoagülanlar (YOAK; dabigatran, rivaroksaban, apiksaban, edoksaban) geliştirilmiştir. Dabigatran, direkt trombin (faktör IIa) inhibitörüdür. Rivaroksaban, apiksaban ve edoksaban ise pıhtılaşma kaskadında hem intrinsik hem de ekstrinsik yolun ortak kesişim noktası olan faktör Xa'yı doğrudan inhibe eder.[9]

Büyük randomize kontrollü çalışmaların (RE-LY, ROCKET AF, ARISTOTLE, ENGAGE AF-TIMI 48) kapsamlı meta-analizleri, YOAK'ların serebrovasküler olay (SVO) ve sistemik emboliyi önlemede varfarine benzer veya daha üstün etkinlik gösterirken, en korkulan komplikasyon olan intrakraniyal kanama riskini varfarine kıyasla yarı yarıya azalttığını kanıtlamıştır.[10]

DOAK'lar AF'de kendini ispat etmesinin ardından, akut derin ven trombozu (DVT) ve pulmoner tromboemboli (PE) tedavisindeki yerleri de randomize kontrollü çalışmalarla sağlamlaştırılmıştır. Geleneksel düşük molekül ağırlıklı heparin (DMAH) veya varfarin, tedavilerine karşı YOAK'ların test edildiği çalışmalar; rivaroksaban için EINSTEIN-DVT ve

EINSTEIN-PE, apiksaban için AMPLIFY, edoksaban için Hokusai-VTE ve dabigatran için RE-COVER araştırmalarıdır.[9,11,12]

Tüm bu ajanlar "YOAK" şemsiyesi altında toplansa ve etkinlik açısından varfarine üstünlük sağlasa da, farmakokinetik profilleri, böbrek eliminasyon oranları ve spesifik durumlardaki doz ayarlama stratejileri birbirinden oldukça farklıdır. Bu farklılıklar, klinisyenin ajan seçimini doğrudan etkilemektedir:

Dabigatran: Dabigatranın doğrudan aktif bir ilaç değildir, bir ön ilaç (dabigatran eteksilat)tan plazma ve karaciğerdeki esterazlar aracılığıyla dabigatrana dönüşür. Dabigatran eteksilat aktif form mutlak oral biyoyararlanımının sadece %6'dır.[13] Böbrek yoluyla atılım oranı en yüksek (%80) olan ajandır. Bu nedenle böbrek fonksiyonlarına en bağımlı YOAK olup, kreatinin klirensi (CrCl) < 30 mL/dk olan hastalarda kullanımı kontrendikedir. Bazı kaynaklarda kreatinin klirensi 15-30 ml/dk olan hastalarda dabigatranın 2x75 mg şeklinde kullanılabileceğini belirtmektedir.[13] İlk onay alan YOAK olmasına rağmen dabigatranın güncel klinik pratikte kullanımının giderek azalmasının temelinde kritik farmakolojik dezavantajlar yatmaktadır. Molekülün emilimini sağlamak amacıyla kapsül formülasyonunda kullanılan tartarik asit çekirdeği, hastaların önemli bir kısmında şiddetli dispepsi ve gastrointestinal (Gİ) intoleransa yol açmaktadır[6] ayrıca apiksabana kıyasla daha yüksek Gİ kanama oranları bildirilmiştir. Pratik kullanımda ise kapsüllerinin kesinlikle kırılamaması (kapsül açıldığında biyoyararlanım %75 artarak kanama riskini yükseltir) ve neme duyarlılığı nedeniyle standart haftalık ilaç kutularında saklanamaması yaşlı popülasyonda hasta uyumunu bozmaktadır.[3,6] Tüm bu klinik zorluklara ek olarak, yakın geçmişte bazı üretim serilerinde tespit edilen nitrozamin (NDMA) safsızlıkları nedeniyle küresel çapta uygulanan toplatma kararları da ajanın piyasada geri planda kalmasına neden olmuştur.[14]

Edoksaban: Yaklaşık %50 oranında renal yolla atılır. Vücut ağırlığının 60 kg ve altında olması, CrCl'nin 15-50 mL/dk arasında olması ve bu iki kritere ek olarak hastanın potent P-gp inhibitörü (Verapamil, Dronedaron, Kinidin, Eritromisin/Klaritromisin, Siklosporin, Ketokonazol) bir ilaçla beraber kullanması durumunda dozu yarıya (60 mg'dan 30 mg'a) düşürülür.[6,13] Böbrek fonksiyonları çok iyi olan (CrCl > 95 mL/dk) hastalarda klirensi aşırı hızlandığı için AF'de inme koruyuculuğu azalabilir ve bu hasta grubunda önerilmez.[6]

Rivaroksaban: Böbrek atılımı yaklaşık %33 (değişmemiş aktif form) düzeyindedir. AF'de CrCl 15-49 mL/dk arasında standart doz 20 mg'dan 15 mg'a düşülür. Farmakokinetik açıdan diğer YOAK'lardan en büyük farkı, emiliminin doza bağımlı olarak besin alımından ciddi şekilde etkilenmesidir. 10 mg'lık doz aç veya tok alınabilirken; 15 mg ve 20 mg'lık dozların aç karnına alınması ilacın biyoyararlanımını anlamlı ölçüde düşürür.[6] Rivaroksabanın farmakolojik olarak diğer YOAK'lardan farklı dikkat çekici bir özelliği plazma proteinlerine %92-95 gibi çok yüksek bir oranda bağlanmasıdır.[13] Akut VTE tedavisinde ise en uzun süreli yüksek doz yükleme periyoduna sahiptir (21 gün boyunca 2x15 mg, ardından günde tek doz 20 mg).[3,12] Rivaroksaban karaciğerde CYP450 enzimleri (özellikle CYP3A4) aracılığıyla yüksek oranda metabolize olur bu nedenle diğer YOAK'ların kontraendike olmadığı Child-Pugh B (Orta Evre Karaciğer Yetmezliği)' de kullanımı kontraendikedir. Child-Pugh A (Erken Evre Karaciğer Yetmezliği) de rivaroksaban dahil tüm YOAK'lar kullanılabilir.[6]

Apiksaban: Renal atılımı en düşük (~%27) olan YOAK'tır ve ileri evre böbrek yetmezliği hastalarında en güvenli profili sunar. Akut VTE tedavisindeki yüksek doz yükleme süresi ise rivaroksabanın aksine çok daha kısadır (Sadece 7 gün boyunca 2x10 mg, ardından 2x5 mg) [3]. Rivaroksaban, Dabigatran ve Edoksaban karaciğerde (CYP3A4 ile) belirgin şekilde metabolize olurken, Apiksabanın CYP3A4 etkileşiminin "minimal" düzeydedir [13]. Rivaroksaban ve Dabigatran gastrointestinal sistem (GİS) kanama riskini varfarinden fazla olduğu bulunmuştur

fakat Apiksaban ile GİS kanama riskinde artış görülmemiştir. Bu nedenle makale, GİS kanama riski olan hastalarda apiksabanın tercih edilebilir.[13]

Akut DVT/PE'de Apiksaban ve rivaroksaban kullanımı pratikte fazladır. Apiksaban ve rivaroksabanın akut DVT/PE tedavisindeki "yükleme dozu süreleri" (7 güne karşı 21 gün) arasındaki dramatik fark, güvenlik profillerinin klinikte birbirinden ayrışmasına neden olmuştur. Uzun yıllar kılavuzlarda birbirine eşdeğer alternatifler gibi sunulan bu ajanların birbirine olan üstünlükleri daha çok varfarin ile yapılan ayrı ayrı karşılaştırmalara dayanırken, klinisyenlerin "Hangisi daha güvenli?" sorusu nihayet kafa kafaya güncel bir çalışmayla yanıt bulmuştur.[12] Mart 2026'da yayınlanmış olan; Comparison of Bleeding Risk between Rivaroxaban and Apixaban for acute venous tromboembolism (COBRRA) çalışmasında akut semptomatik pulmoner emboli veya proksimal derin ven trombozu (DVT) tanısı alan 2760 hasta 1:1 oranında iki gruba ayrılmış ve bir gruba apiksaban diğer gruba rivaroksaban tedavi dozunda uygulanmıştır. Apiksaban (n = 1345) ve rivaroksaban (n = 1355) kafa kafaya (head-to-head) çarpıştıran ve Apiksaban'ın kanama riskini yarı yarıya azalttığı gösterildi (rivaroksaban'da %7.1 iken apiksaban'da %3.3; RR: 0.46 ($p<0.001$)). Akut DVT tedavisinde apixaban kullanımının, rivaroxaban ile karşılaştırıldığında klinik olarak anlamlı kanama riskini %54 oranında azalttığını kanıtlamaktadır. Tüm nedenlere bağlı ölüm ve ciddi advers olaylar istatiksel anlamlı görülmemiştir.[15]

Tablo 1'de tüm YOAK'ların ve varfarinin özellikleri özetlenmiştir.

Varfarin'den YOAK'lara uzanan sürece ve artan güvenlik profillerine rağmen, mevcut ajanların tümü pıhtılaşma kaskadındaki ortak yolağı (faktör IIa veya Xa) hedef aldığı için fizyolojik hemostazı da baskılamaktadır ve hala majör kanamalara yol açmaktadır. Antikoagülan tedavisinin bir sonraki aşamasında, hemostaz ile patolojik trombozu birbirinden ayırmayı hedefleyen Faktör XI ve XII inhibitörleri yer almaktadır.[16–18]

SONUÇ

Yeni nesil oral antikoagülanlar varfarine oranla güvenlik ve hasta uyumu açısından başarılar sağlamış olmasına rağmen hala sıfır kanama sağlayan ideal antikoagülan hedefimize henüz ulaşamamıştır. Yeni moleküller çalışılmakla birlikte ideal antikoagülan hedefimize yolumuz uzun görünmektedir. Tüm bunlarla birlikte antikoagülan seçimini hastaların yaş, organ fonksiyonları ve kanama riski ile birlikte değerlendirip seçmemiz klinik takiple her bir hasta için en ideal antikoagülan seçimi yapmamızı sağlamaktadır.

KAYNAKÇA

1. Mannucci PM, Franchini M. Old and new anticoagulant drugs: A minireview. *Ann Med*. 2011;43(2):116-123. doi:10.3109/07853890.2010.539250

2. Praz F, Borger MA, Lanz J, et al. 2025 ESC/EACTS Guidelines for the management of valvular heart disease. *Eur Heart J*. 2025;46(44):4635-4736. doi:10.1093/eurheartj/ehaf194

3. Van Gelder IC, Rienstra M, Bunting KV, et al. 2024 ESC Guidelines for the management of atrial fibrillation developed in collaboration with the European Association for Cardio-Thoracic Surgery (EACTS). *Eur Heart J*. 2024;45(36):3314-3414. doi:10.1093/eurheartj/ehae176

4. Pengo V, Denas G, Zoppellaro G, et al. Rivaroxaban vs warfarin in high-risk patients with antiphospholipid syndrome. *Blood*. 2018;132(13):1365-1371. doi:10.1182/blood-2018-04-848333

5. Ageno W, Gallus AS, Wittkowsky A, Crowther M, Hylek EM, Palareti G. Oral Anticoagulant Therapy. *Chest*. 2012;141(2):e44S-e88S. doi:10.1378/chest.11-2292

6. Steffel J, Collins R, Antz M, et al. 2021 European Heart Rhythm Association Practical Guide on the Use of Non-Vitamin K Antagonist Oral Anticoagulants in Patients with Atrial Fibrillation. *EP Eur*. 2021;23(10):1612-1676. doi:10.1093/europace/euab065

7. Robinson AA, Trankle CR, Eubanks G, et al. Off-label Use of Direct Oral Anticoagulants Compared With Warfarin for Left Ventricular Thrombi. *JAMA Cardiol*. 2020;5(6):685. doi:10.1001/jamacardio.2020.0652

8. Levine GN, McEvoy JW, Fang JC, et al. Management of Patients at Risk for and With Left Ventricular Thrombus: A Scientific Statement From the American Heart Association. *Circulation*. 2022;146(15). doi:10.1161/CIR.0000000000001092

9. Yeh CH, Gross PL, Weitz JI. Evolving use of new oral anticoagulants for treatment of venous thromboembolism. *Blood*. 2014;124(7):1020-1028. doi:10.1182/blood-2014-03-563056

10. Ruff CT, Giugliano RP, Braunwald E, et al. Comparison of the efficacy and safety of new oral anticoagulants with warfarin in patients with atrial fibrillation: a meta-analysis of randomised trials. *The Lancet*. 2014;383(9921):955-962. doi:10.1016/S0140-6736(13)62343-0

11. Van Der Hulle T, Kooiman J, Den Exter PL, Dekkers OM, Klok FA, Huisman MV. Effectiveness and safety of novel oral anticoagulants as compared with vitamin K antagonists in the treatment of acute symptomatic venous thromboembolism: a systematic review and meta-analysis. *J Thromb Haemost*. 2014;12(3):320-328. doi:10.1111/jth.12485

12. Konstantinides SV, Meyer G, Becattini C, et al. 2019 ESC Guidelines for the diagnosis and management of acute pulmonary embolism developed in collaboration with the European Respiratory Society (ERS). *Eur Heart J*. 2020;41(4):543-603. doi:10.1093/eurheartj/ehz405

13. Özer N. Clinical studies conducted with new oral anticoagulants in atrial fibrillation: Which oral anticoagulant can be considered for which case in light of the clinical studies? *Arch Turk Soc Cardiol*. 2016;44(Supp:2):33-40.

14. U.S. Food and Drug Administration. *Ascend Laboratories LLC. Issues Voluntary Nationwide Recall of Dabigatran Etexilate Capsules, USP 75 Mg and 150 Mg, Due to the Detection of N-Nitroso-Dabigatran (NDAB) Impurity*. FDA Safety Recalls; 2023. Accessed March 23, 2026. https://www.fda.gov/safety/recalls-market-withdrawals-safety-alerts/ascend-laboratories-llc-issues-voluntary-nationwide-recall-dabigatran-etexilate-capsules-usp-75-mg

15. Castellucci LA, Chen VM, Kovacs MJ, et al. Bleeding Risk with Apixaban vs. Rivaroxaban in Acute Venous Thromboembolism. *N Engl J Med*. 2026;394(11):1051-1060. doi:10.1056/NEJMoa2510703

16. Weitz JI, Eikelboom JW. What Is the Future of Factor XI Inhibitors? *Circulation*. 2022;146(25):1899-1902. doi:10.1161/CIRCULATIONAHA.122.061132

17. De Caterina R, Prisco D, Eikelboom JW. Factor XI inhibitors: cardiovascular perspectives. *Eur Heart J*. 2023;44(4):280-292. doi:10.1093/eurheartj/ehac464

18. Maas C, Renné T. Coagulation factor XII in thrombosis and inflammation. *Blood*. 2018;131(17):1903-1909. doi:10.1182/blood-2017-04-569111

TABLO

Tablo 1: Yeni Nesil Oral Antikoagülanlar (YOAK) ve Varfarin Karşılaştırması

Özellik / Ajan	**Varfarin**	**Dabigatran**	**Rivaroksaban**	**Apiksaban**	**Edoksaban**
Etki Mekanizması	K Vitamini Antagonisti	Direkt Trombin (Faktör IIa) İnhibitörü	Direkt Faktör Xa İnhibitörü	Direkt Faktör Xa İnhibitörü	Direkt Faktör Xa İnhibitörü
Böbrek Atılımı ve Sınırlar	CrCl < 15 mL/dk olanlarda ilk tercih.	En yüksek böbrek atılımı (%80). CrCl < 30 mL/dk kontrendike.	Böbrek atılımı ~%33. CrCl 15-49 mL/dk arası doz düşülür (20'den 15 mg'a).	En düşük böbrek atılımı (~%27). İleri evre KBY'de en güvenli YOAK profili.	Böbrek atılımı ~%50. CrCl > 95 mL/dk olanlarda inme koruyuculuğu azaldığı için önerilmez.
Karaciğer Metabolizması	Karaciğer yetmezliğinde INR takibiyle dikkatli kullanılır.	-	CYP3A4 ile yüksek oranda metabolize olur. Child-Pugh B'de kontrendike.	CYP3A4 etkileşimi minimal düzeydedir.	-
Akut DVT/PE Yükleme Dozu	-	-	**En uzun yükleme:** 21 gün boyunca 2x15 mg, ardından günde tek doz 20 mg.	**Kısa yükleme:** 7 gün boyunca 2x10 mg, ardından 2x5 mg.	-
GİS Kanama Riski	Temel referans noktası.	Varfarine kıyasla daha yüksek GİS kanama riski.	Varfarine kıyasla daha yüksek GİS kanama riski.	Varfarine kıyasla GİS kanama riskini artırmaz. GİS kanama riski olanlarda ilk tercih.	-
Klinik Dezavantajlar / Kısıtlılıklar	Dar terapötik indeks, rutin takibi zorunluluğu, besin-ilaç etkileşimi.	Ön ilaçtır (%6 biyoyararlanım). Kapsül kırılamaz. NDMA toplatma kararları, şiddetli dispepsi.	Yüksek dozları (15 ve 20 mg) biyoyararlanım için mutlaka tok karnına alınmalıdır.	Spesifik doz düşüm kriterleri vardır (Yaş ≥80, Kilo ≤60, Kre ≥1.5).	Potent P-gp inhibitörleriyle (Verapamil, Ketokonazol vb.) veya kilo ≤60 kg ise doz yarıya düşülür.
Özel Endikasyon / Avantajlar	Mekanik kapak, mitral darlığı (MKA < 2 cm^2),	-	-	COBRRA çalışmasına göre DVT	-

Özellik / Ajan	Varfarin	Dabigatran	Rivaroksaban	Apiksaban	Edoksaban
	SV trombüsü ve diyalizde tek seçenek.			tedavisinde Rivaroksaban'a kıyasla kanama riskini %54 azaltır.	

Kısaltmalar: AF: Atriyal Fibrilasyon; COBRRA: Comparison of Bleeding Risk between Rivaroxaban and Apixaban for acute venous thromboembolism; CP: Child-Pugh; CrCl: Kreatinin Klirensi; CYP3A4: Sitokrom P450 3A4; DVT: Derin Ven Trombozu; GİS: Gastrointestinal Sistem; INR: International Normalized Ratio; KBY: Kronik Böbrek Yetmezliği; MKA: Mitral Kapak Alanı; NDMA: N-Nitrozodimetilamin; PE: Pulmoner Emboli; P-gp: P-glikoprotein; SV: Sol Ventrikül; YOAK: Yeni Nesil Oral Antikoagülan.

(Not: Tablodaki tüm YOAK'ların Child-Pugh C ileri evre karaciğer yetmezliğinde kullanımı kesinlikle kontrendikedir. Varfarin ise bu evrede kesin kontrendike olmamakla birlikte, bazal INR yüksekliği nedeniyle takibi son derece zor ve yüksek risklidir.)

FROM GEOECONOMICS TO GEOPOLITICS: THE UNITED STATES AND CHINA IN THE 21ST CENTURY WORLD ORDER

Givi Duchidze

Doctor of Business Administration, Associate Professor, David Agmashenebeli National Defense Academy

https://orcid.org/0009-0002-0451-2436

ABSTRACT

The paper discusses the dynamics of global power competition, analyzing the transition from geoeconomic rivalry to geopolitical confrontation between the United States and China at the modern stage and its impact on the world order of the 21st century. The research addresses issues such as how deep economic interdependence, which was once considered a stabilizing force in international relations, has increasingly transformed into a driving factor of strategic competition and systemic tension. The growing rivalry between these two major powers has a significant impact on global order, economic security, and the stability of the international system, which makes this topic highly relevant in contemporary academic and political debates.

The main objective of the study is to examine the mechanisms through which geoeconomic instruments – such as trade policy, technological innovation, global supply chains and investment strategies – are used to achieve geopolitical goals. The study aims to identify the key factors accelerating this transformation and assess its broader implications for the emerging global order.

Methodologically, the study employs a qualitative research design, using comparative analysis and case study approaches. It draws on secondary data sources, including peer-reviewed academic literature, reports from international organizations and policy analysis, to provide a comprehensive and evidence-based investigation.

The study's findings indicate that increased competition in areas such as technology, trade and strategic infrastructure has contributed to a gradual shift towards geopolitical rivalry. This shift is reflected in trends of economic disintegration, the formation of new alliances, and increasing fragmentation in the global system. The study contributes to the field by offering an integrated analytical framework that links geoeconomics and geopolitics, providing deeper insights into the nature of contemporary great power competition and its implications for the future configuration of world order.

Keywords: geoeconomics; geopolitics; US-China relations; global order; economic security; strategic competition; great power competition; international political economy.

Introduction

The 21st century has witnessed a profound transformation of global power, marked by a gradual shift from geoeconomic interdependence to heightened geopolitical rivalry. In the post-Cold War era, economic globalization, trade liberalization, and institutional cooperation were widely seen as mechanisms that would reduce conflict and promote stability among major powers. However, recent developments suggest that this trend is changing, particularly in the

relationship between the United States and China. What was once characterized by deep economic integration has increasingly evolved into strategic competition in a range of areas, including trade, technology, security, and global governance.

The context of this study is the rise of China as a global economic power and the United States' corresponding strategic response. Since China's accession to the World Trade Organization (WTO) in 2001, economic ties between the two countries have expanded significantly, creating complex interdependencies [1]. However, these economic ties have not prevented tensions from arising. Instead, economic instruments such as tariffs, export controls, and investment restrictions are increasingly used as instruments of state power. This phenomenon reflects the growing importance of geoeconomics—the use of economic means to achieve geopolitical goals [2]. The transformation from geoeconomic competition to geopolitical rivalry is particularly evident in the strategic sectors of technology and infrastructure. Competition in semiconductors, artificial intelligence, and digital networks illustrates how economic opportunities are directly linked to national security concerns [3]. In addition, initiatives such as China's Belt and Road Initiative (BRI) and the United States' Indochina-Pacific strategy demonstrate how economic influence is being used to expand geopolitical reach. As a result, the boundaries between the economic and political spheres are increasingly blurred, leading to a more complex and fragmented international system. The importance of the US-China rivalry in shaping the contemporary global order cannot be overstated. As the world's two largest economies and the most influential geopolitical actors, their interactions have far-reaching implications for international stability, economic governance, and institutional frameworks. The evolving competition has contributed to the reconfiguration of global alliances, the weakening of multilateral institutions, and the growth of economic fragmentation [4]. In addition, small states are increasingly forced to navigate between competing spheres of influence, raising concerns about polarization and systemic instability.

In this context, the study seeks to answer two central research questions. First, how does geoeconomic competition translate into geopolitical rivalry? This question focuses on identifying the mechanisms through which economic instruments and interdependencies are transformed into strategic instruments of power. Second, what are the implications of this transformation for the global order? This involves examining the broader implications for international cooperation, economic integration, and global governance structures.

The main objective of the study is to conduct a comprehensive analysis of the evolving dynamics between geoeconomics and geopolitics in the context of US-China relations. Specifically, the research aims to:

1. Analyze the key drivers of the transition from economic interdependence to strategic rivalry;

2. Assess the role of economic instruments in achieving geopolitical goals;

3. Assess the impact of this transition on the structure and stability of the global order.

By integrating theoretical and empirical perspectives, the research seeks to contribute to a deeper understanding of contemporary great power competition. The paper is structured as follows. The following section presents a review of the relevant literature, focusing on the main theoretical debates in geoeconomics, geopolitics, and international political economy. This is followed by a theoretical framework that outlines the conceptual foundations and analytical approach of the study. The methodology section then describes the research design, data sources, and analysis methods. The following sections examine the geoeconomic competition between the United States and China and its transition into geopolitical rivalry. The discussion section explains the findings in light of existing theories and empirical evidence. Finally, the

conclusion summarizes the main findings, outlines policy implications, and suggests directions for future research.

Literature Review

The distinction and interaction between geoeconomics and geopolitics have become central to understanding contemporary international relations. Geoeconomics refers to the use of economic instruments-such as trade, investment, sanctions, and technological policies - to achieve strategic and geopolitical objectives [5]. In contrast, geopolitics traditionally emphasizes the role of military power, territorial control, and strategic dominance in shaping global order [6]. While these concepts were historically treated as distinct domains, recent scholarship highlights their increasing convergence.

In the post-Cold War era, geoeconomics gained prominence as globalization deepened economic interdependence among states. Scholars argued that economic integration would reduce incentives for conflict and promote cooperation [7]. However, this optimistic perspective has been challenged by the resurgence of great-power competition, particularly between the United States and China. Economic tools are now frequently employed as instruments of coercion and influence, blurring the boundaries between economic and political power. As a result, geoeconomics is no longer viewed merely as a subset of international political economy but as a core component of strategic statecraft.

Geopolitics, meanwhile, has re-emerged as a dominant framework for analyzing global power dynamics. The strategic competition between major powers increasingly involves not only military capabilities but also control over critical economic and technological resources. This shift underscores the need to integrate geoeconomic and geopolitical perspectives into a unified analytical framework.

The theoretical debate surrounding geoeconomics and geopolitics is deeply rooted in the broader paradigms of realism and liberalism. Realist scholars emphasize the primacy of power and security in international relations, arguing that states use all available instruments - including economic tools - to maximize their relative power [8]. From this perspective, economic interdependence is not inherently stabilizing; rather, it can create vulnerabilities that states exploit for strategic advantage.

In contrast, liberal theories highlight the role of institutions, interdependence, and cooperation in mitigating conflict. According to Keohane and Nye (2012), complex interdependence reduces the likelihood of military confrontation by increasing the costs of conflict. Economic ties are thus seen as a foundation for peaceful relations and mutual benefit. However, the evolving dynamics of U.S. - China relations challenge this assumption, as economic interdependence has not prevented the escalation of strategic tensions.

Economic statecraft serves as a bridge between these theoretical perspectives. It encompasses the use of economic instruments to achieve foreign policy goals, including both positive measures (e.g., trade agreements, development aid) and negative measures (e.g., sanctions, export controls) [9]. Recent studies suggest that economic statecraft has become a primary tool of competition in the 21st century, particularly in the context of technological rivalry and supply chain restructuring.

Power transition theory provides a critical lens for understanding the structural dynamics of U.S.–China relations. According to Organski (1958), major conflicts are most likely to occur when a rising power challenges the dominance of an established hegemon. This framework has been widely applied to the contemporary U.S.–China rivalry, with scholars warning of a potential “Thucydides Trap” [10].

The rapid economic growth of China has significantly altered the global balance of power, raising questions about the sustainability of U.S. dominance. From a realist perspective, this shift increases the likelihood of strategic competition and conflict. However, other scholars argue that the presence of nuclear deterrence and economic interdependence may mitigate the risks associated with power transitions [11].

Another central debate concerns the relationship between economic interdependence and strategic rivalry. Liberal theorists contend that deep economic ties reduce the incentives for conflict by increasing the costs of disruption. However, recent empirical evidence suggests that interdependence can also generate vulnerabilities that states seek to exploit.

Farrell and Newman introduce the concept of "weaponized interdependence," arguing that states can leverage their positions within global economic networks to exert coercive power. This perspective is particularly relevant in the context of U.S.–China relations, where control over critical technologies and supply chains has become a key source of strategic leverage.

The debate has further evolved with the emergence of economic decoupling, as both the United States and China seek to reduce their mutual dependencies in strategic sectors. This trend challenges the liberal assumption that globalization inherently promotes stability and highlights the growing importance of economic security in shaping state behavior.

Recent empirical studies provide valuable insights into the evolving dynamics of U.S.–China competition. Research on trade relations highlights the impact of tariff wars and protectionist policies on global economic stability [12]. These studies demonstrate how economic measures are increasingly used as tools of geopolitical competition.

In the technological domain, scholars have examined the strategic importance of emerging technologies such as artificial intelligence, semiconductors, and 5G networks. Segal (2021) argues that technological competition has become a central dimension of U.S.–China rivalry, with significant implications for national security and global leadership. Similarly, studies on global supply chains emphasize the risks associated with overdependence on critical industries, particularly in the context of geopolitical tensions [13].

Infrastructure and investment initiatives also play a key role in shaping U.S.–China relations. China's Belt and Road Initiative (BRI) has been widely analyzed as a geoeconomic strategy aimed at expanding influence across Asia, Africa, and Europe [14]. In response, the United States and its allies have developed alternative frameworks to counterbalance China's growing presence.

Moreover, recent studies highlight the role of alliances and partnerships in shaping the strategic environment. The formation of initiatives such as AUKUS and the Quad reflects a broader effort to counter China's influence in the Indo-Pacific region. These developments underscore the interconnected nature of economic and geopolitical competition.

Despite the extensive body of literature on geoeconomics, geopolitics, and U.S.–China relations, several gaps remain. First, much of the existing research treats geoeconomics and geopolitics as separate analytical domains, without fully exploring their interaction and mutual reinforcement. There is a need for a more integrated framework that captures the dynamic relationship between economic and strategic factors.

Second, while numerous studies examine specific aspects of U.S.–China competition - such as trade, technology, or security - there is a lack of comprehensive analyses that synthesize these dimensions into a unified perspective. This fragmentation limits our understanding of the broader systemic implications of the rivalry.

Third, existing research often focuses on bilateral dynamics, with less attention given to the impact on the global order and third-party states. The consequences of U.S.–China competition for global governance, economic stability, and regional security remain underexplored.

This study seeks to address these gaps by integrating geoeconomic and geopolitical perspectives, providing a holistic analysis of U.S.–China relations, and examining their implications for the evolving global order.

Power transition theory provides a structural framework for understanding the dynamics of great-power competition. Originally developed by Organski, the theory posits that the international system is hierarchical, with a dominant power at the top. Conflict is most likely to occur when a rising power approaches parity with the dominant state and seeks to reshape the existing order.

In the case of U.S.–China relations, China's rapid economic growth and expanding global influence are often interpreted as a classic example of a rising power challenging an established hegemon. This dynamic has intensified strategic competition across multiple domains, including trade, technology, and security. Allison further popularizes this framework through the concept of the "Thucydides Trap," suggesting that structural tensions between rising and ruling powers increase the risk of conflict. However, critics argue that contemporary conditions - such as nuclear deterrence and economic interdependence - may alter the traditional logic of power transitions.

Geo-economic strategy frameworks complement power transition theory by focusing on the mechanisms through which states utilize economic tools to achieve strategic objectives. These frameworks emphasize the role of economic statecraft, including both coercive and cooperative measures.

Modern geo-economic strategies involve a wide range of instruments, such as trade restrictions, export controls, investment screening, and technological standards. For example, the United States has increasingly employed export controls and sanctions to limit China's access to advanced technologies, while China has leveraged initiatives like the Belt and Road Initiative (BRI) to expand its economic and political influence globally.

Additionally, the concept of "weaponized interdependence" highlights how states exploit asymmetries in global economic networks to exert influence [15]. This perspective underscores the strategic importance of controlling key nodes in global supply chains, financial systems, and digital infrastructures. As a result, geo-economic strategies have become central to contemporary geopolitical competition, blurring the line between economic and security policies.

Based on the theoretical framework outlined above, the study proposes the following hypotheses:

H1: Increasing geoeconomic competition between the United States and China contributes to the intensification of geopolitical rivalry.

H2: Economic interdependence between major powers does not necessarily reduce conflict but can create strategic vulnerabilities that are exploited for geopolitical advantage.

H3: The use of geo-economic instruments—such as trade policies, technological restrictions, and investment strategies—significantly shapes the structure of the emerging global order.

H4: The transition from geoeconomic to geopolitical competition leads to greater fragmentation of the international system and challenges to global governance institutions.

Methodology: This study adopts a qualitative research design, combining comparative analysis and case study methodology to examine the transformation from geoeconomic competition to geopolitical rivalry in the context of United States–China relations. The qualitative approach is particularly suitable for exploring complex, multidimensional phenomena such as great-power competition, where economic, political, and strategic factors are deeply interconnected and cannot be fully captured through purely quantitative methods.

The case study approach focuses on the United States and China as the two principal actors shaping the contemporary global order. This bilateral focus allows for an in-depth examination of policies, strategies, and interactions across key domains, including trade, technology, and global governance. Case studies are widely used in international relations research to provide detailed and context-rich insights into specific phenomena [16].

In addition, the study employs a comparative analytical framework to assess differences and similarities in the strategic behavior of the two countries. This includes comparing their use of geoeconomic instruments, approaches to economic security, and geopolitical objectives. Comparative analysis enhances the explanatory power of the research by identifying patterns and causal mechanisms across cases [17].

The research relies primarily on secondary data sources, ensuring a comprehensive and well-documented analysis.

A wide range of academic and policy-oriented materials are utilized, including:

- Peer-reviewed journal articles from international relations and political economy literature
- Academic books from reputable publishers
- Policy papers and strategic reports from think tanks and research institutions

These sources provide theoretical insights as well as empirical evidence on U.S.–China relations, geoeconomics, and global power dynamics. The use of secondary sources is appropriate given the macro-level focus of the study and the availability of extensive existing research [18].

To support the analysis with empirical data, the study incorporates information from major international databases, including:

- World Bank (global economic indicators, trade data, development metrics)
- International Monetary Fund (IMF) (macroeconomic statistics, financial stability reports)
- World Trade Organization (WTO) (trade flows, tariff measures, dispute records)

These databases provide reliable and standardized data that enhance the validity of the study. They are widely recognized as authoritative sources for global economic analysis and are frequently used in academic research.

The primary method of analysis is qualitative content analysis, which involves systematically examining textual data to identify patterns, themes, and relationships [19]. This method is applied to academic literature, policy documents, and official statements to understand how geoeconomic tools are framed and utilized in strategic competition.

The analysis focuses on key themes such as:

- Trade policy and economic coercion
- Technological competition and innovation
- Economic security and supply chain resilience

- Strategic narratives and policy discourses

Qualitative content analysis allows for a nuanced interpretation of complex phenomena and provides insights into the underlying motivations and strategies of state actors.

The study also employs comparative analysis to examine differences and similarities between U.S. and Chinese strategies. This involves comparing:

- Economic policies and trade practices
- Technological development strategies
- Approaches to global governance and international institutions

By identifying convergences and divergences, comparative analysis helps to explain how geoeconomic competition evolves into geopolitical rivalry. It also enables the study to assess the broader implications for the global order.

Despite its comprehensive approach, the study has several limitations.

First, the reliance on secondary data may introduce biases related to the interpretation and selection of sources. While efforts are made to use credible and diverse materials, the findings are inherently dependent on the quality and scope of existing research.

Second, the qualitative nature of the study limits the ability to establish causal relationships with statistical precision. Although qualitative analysis provides depth and context, it may not fully capture the quantitative dimensions of global economic interactions.

Third, the focus on U.S.–China relations, while justified by their global significance, may overlook the role of other important actors, such as the European Union, Russia, and emerging economies. This may limit the generalizability of the findings to the broader international system.

Finally, the rapidly evolving nature of global politics and economics means that the findings may be subject to change as new developments emerge. Issues such as technological innovation, geopolitical crises, and policy shifts can significantly alter the dynamics of U.S.–China competition.

main part: The geoeconomic competition between the United States and China has become a defining feature of the contemporary international system. This competition is manifested across multiple domains, including trade, technology, investment, and global economic governance. Unlike traditional geopolitical rivalry, geoeconomic competition relies primarily on economic instruments to achieve strategic objectives, reflecting the growing importance of economic power in shaping global influence.

The geoeconomic competition between the United States and China has become a defining feature of the contemporary international system. This competition is manifested across multiple domains, including trade, technology, investment, and global economic governance. Unlike traditional geopolitical rivalry, geoeconomic competition relies primarily on economic instruments to achieve strategic objectives, reflecting the growing importance of economic power in shaping global influence.

Technological competition has emerged as a central dimension of U.S.–China geoeconomic rivalry. Key sectors such as artificial intelligence (AI), semiconductors, and the digital economy are now at the forefront of strategic competition, as they are closely linked to both economic growth and national security.

The United States has implemented a range of measures to limit China’s access to advanced technologies, including export controls and restrictions on Chinese technology firms. These

policies are aimed at maintaining technological leadership and preventing potential security risks. At the same time, China has pursued ambitious strategies to achieve technological self-sufficiency, investing heavily in innovation and domestic production capabilities.

Semiconductors, in particular, have become a critical battleground, as they are essential components of modern digital infrastructure. Control over semiconductor supply chains has significant strategic implications, influencing both economic competitiveness and military capabilities. Similarly, competition in AI and digital platforms reflects broader efforts to shape the future of global technological standards and governance.

The digital economy further amplifies this competition, as both countries seek to dominate emerging technologies such as 5G networks, cloud computing, and data-driven industries. This technological rivalry underscores the integration of economic and security considerations in contemporary geoeconomic strategies.

Investment strategies and global supply chains represent another critical arena of U.S.–China competition. Both countries have leveraged investment policies to expand their economic influence and secure access to strategic resources and markets.

China's outward investment strategy, particularly through large-scale infrastructure projects, has played a key role in enhancing its global presence. The Belt and Road Initiative (BRI) exemplifies this approach, aiming to develop connectivity and economic integration across Asia, Europe, and Africa (Rolland, 2017). Through investments in infrastructure, energy, and transportation, China has strengthened its economic ties with participating countries while also advancing its geopolitical interests.

In response, the United States has increased scrutiny of foreign investments, particularly in sensitive sectors such as technology and critical infrastructure. Investment screening mechanisms and regulatory frameworks have been strengthened to address concerns over national security and economic sovereignty.

Global supply chains have also become a focal point of competition. The COVID-19 pandemic and rising geopolitical tensions have exposed vulnerabilities in highly interconnected supply networks, prompting both countries to prioritize resilience and diversification. This has led to efforts to relocate production, reduce dependencies, and establish alternative supply chains, contributing to the fragmentation of the global economy.

International institutions play a crucial role in shaping the dynamics of U.S.–China geoeconomic competition. Organizations such as the World Trade Organization (WTO) and the International Monetary Fund (IMF) provide frameworks for global economic governance, but their effectiveness has been increasingly challenged by great-power rivalry.

The WTO, for instance, has faced difficulties in addressing trade disputes between the United States and China, highlighting the limitations of multilateral institutions in managing complex economic conflicts. Similarly, debates over reforming the IMF reflect broader tensions regarding representation, influence, and the distribution of power in the global financial system.

At the same time, China has sought to expand its influence through alternative institutional frameworks, most notably the Belt and Road Initiative (BRI). While not a traditional multilateral institution, the BRI functions as a platform for economic cooperation and strategic engagement, enabling China to shape regional and global economic structures.

The interaction between established institutions and emerging initiatives reflects the broader transformation of the global order. As competition between the United States and China

intensifies, the role of institutions is increasingly shaped by geopolitical considerations, raising questions about the future of multilateralism and global governance.

The transformation from geoeconomic competition to geopolitical rivalry between the United States and China reflects the complex interplay between economic, military, and strategic factors. While geoeconomic tools - such as trade policy, investment, and technological control- remain central, the escalation of tensions has increasingly incorporated military and security dimensions, regional influence strategies, and soft power competition. This transition demonstrates the blurred lines between economic and traditional security domains in the 21st-century international system.

Military and security considerations are critical in understanding the evolving U.S.–China rivalry. The Asia-Pacific region, particularly the South China Sea and Taiwan Strait, has become a focal point of strategic competition. China's growing military capabilities, including naval expansion, missile modernization, and cyberwarfare capacity, challenge U.S. dominance in the region [20].

The United States, in turn, has strengthened its military presence and deterrence strategies to maintain security commitments to allies and uphold freedom of navigation. Military exercises, forward-deployed forces, and arms sales to regional partners exemplify how traditional security measures complement geoeconomic strategies in exerting influence. The integration of economic, technological, and military tools underscores the multidimensional nature of contemporary rivalry.

Regional influence forms a core component of geopolitical rivalry. In the Asia-Pacific, both powers compete for strategic partnerships, economic corridors, and political leverage. China leverages initiatives such as the Belt and Road Initiative (BRI) and regional infrastructure projects to enhance its influence, while the United States strengthens bilateral alliances and multilateral frameworks to counterbalance China's regional presence.

In Europe, economic investments and technological partnerships become tools for shaping political alignment. China's engagement in sectors like 5G infrastructure has raised security concerns among Western states, prompting coordinated responses. Similarly, in Africa, infrastructure investments and development loans are used by both countries to gain strategic footholds, highlighting the global reach of the rivalry.

Strategic alliances are central to U.S. efforts to maintain global influence and counter China's expansion. Traditional security structures such as NATO serve as mechanisms for collective defense and deterrence, particularly in Europe. In the Indo-Pacific, newer frameworks such as the Quadrilateral Security Dialogue (QUAD) - comprising the United States, Japan, India, and Australia - and AUKUS, a trilateral security pact between Australia, the United Kingdom, and the United States, exemplify targeted responses to China's growing regional assertiveness [21].

These alliances facilitate coordination in military exercises, intelligence sharing, and joint strategic planning. They also signal a commitment to upholding a rules-based international order, integrating economic, diplomatic, and military strategies to reinforce deterrence and influence.

Beyond material capabilities, soft power and ideological influence play a significant role in the geopolitical dimension of U.S.–China competition. Soft power involves shaping perceptions, norms, and values to enhance legitimacy and influence [21].

China employs initiatives such as the Confucius Institutes, media outreach, and cultural diplomacy to project a positive image abroad, while promoting its development model as an alternative to liberal-democratic norms. The United States, conversely, emphasizes the

promotion of democracy, human rights, and rule-of-law principles, using educational exchanges, foreign aid, and international advocacy to maintain ideological influence.

This competition over ideas and narratives complements traditional geopolitical tools, reflecting a broader struggle for global legitimacy and alignment.The transition from geoeconomic to geopolitical rivalry illustrates the multidimensional nature of contemporary U.S.–China competition. Military capabilities, regional influence, strategic alliances, and soft power operate alongside economic instruments, creating a comprehensive framework of strategic competition. Understanding this transition is essential for analyzing the current global order, where economic, technological, and security domains are increasingly intertwined, shaping both bilateral relations and systemic outcomes.

The intensifying competition between the United States and China has profound implications for the structure and stability of the 21st-century world order. As geoeconomic and geopolitical rivalries converge, the global system faces increasing complexity, characterized by shifts in power distribution, economic fragmentation, and challenges to multilateral governance. Understanding these implications is crucial for assessing both systemic risks and opportunities for global cooperation.

The U.S.–China rivalry has intensified debates over whether the international system is evolving toward multipolarity or a new form of bipolarity. While the United States remains the dominant military and technological power, China’s rapid economic growth and expanding influence suggest the emergence of a dual-power dynamic.

Some scholars argue that the world is transitioning toward a bipolar structure, with the U.S. and China acting as central poles that shape global norms, institutions, and alliances. Others emphasize the increasing role of secondary powers, including the European Union, India, and regional actors, which contribute to a more multipolar configuration. This tension has significant implications for global stability, as the alignment of states and coalitions may determine the potential for cooperation or conflict.

Economic interdependence between the United States and China, once viewed as a stabilizing force, is increasingly challenged by fragmentation and partial decoupling. Trade restrictions, investment controls, and technological barriers are contributing to the formation of parallel economic spheres.

Decoupling affects critical sectors such as semiconductors, artificial intelligence, and 5G infrastructure, potentially leading to duplicated supply chains and inefficiencies in global markets (Bown, 2020). While some argue that diversification enhances resilience, others highlight that fragmentation increases systemic risks, reduces economic efficiency, and fosters rivalry-driven competition.

This economic bifurcation may extend to regional and global trade networks, with countries pressured to align with one of the dominant poles. Such developments challenge the traditional notion of an integrated global economy, creating structural vulnerabilities for both economic and national security.

The U.S.–China competition also reshapes the landscape of global governance. Multilateral institutions such as the World Trade Organization (WTO), International Monetary Fund (IMF), and United Nations (UN) are increasingly caught between competing strategic agendas. The inability to effectively mediate trade disputes or coordinate responses to global crises illustrates the limits of traditional governance frameworks [22].

China’s alternative initiatives, such as the Belt and Road Initiative (BRI) and the Asian Infrastructure Investment Bank (AIIB), reflect efforts to establish parallel governance

structures, challenging the dominance of Western-led institutions. This duality complicates efforts to achieve consensus on issues like climate change, trade regulation, and digital governance.

As a result, the effectiveness of global institutions may decline, and power politics may increasingly shape rule-making processes, raising questions about the sustainability of multilateralism in the contemporary world order.

The intertwining of geoeconomic and geopolitical competition introduces heightened risks to economic and national security. Strategic dependencies, such as reliance on critical technologies, rare earth minerals, or global supply chains, create vulnerabilities that both states may exploit. For instance, export controls or sanctions targeting sensitive sectors can disrupt production and create cascading effects across allied economies.

Cybersecurity threats, technological espionage, and hybrid warfare further blur the line between economic and military security, reinforcing the notion that economic tools are integral to national defense strategies. These developments underscore the need for resilience, strategic diversification, and coordinated international responses to mitigate systemic risks.

The U.S.–China rivalry is reshaping the 21st-century world order across multiple dimensions. Whether the system trends toward bipolarity or multipolarity, the emerging economic fragmentation, challenges to global governance, and rising security risks collectively indicate a more contested, complex, and potentially unstable international environment. Understanding these dynamics is essential for policymakers and scholars seeking to navigate the evolving interplay between economic and strategic competition in a globalized world.

The analysis of U.S.–China competition demonstrates a complex interplay between geoeconomic and geopolitical strategies, with significant implications for the contemporary international system. The findings of this study suggest that the transformation from primarily economic competition to multidimensional strategic rivalry is both structural and systemic, reflecting broader patterns in global power dynamics. This discussion interprets these findings, links them with theoretical frameworks, compares them to existing literature, and highlights their broader implications for international relations.

The findings indicate that geoeconomic competition between the United States and China has increasingly evolved into geopolitical rivalry. Economic instruments such as trade policy, investment strategies, and technological controls have become integrated with military, security, and ideological strategies. For instance, trade restrictions and export controls, once purely economic measures, now serve strategic purposes - shaping supply chains, limiting technological access, and exerting geopolitical pressure.

Technological competition, particularly in AI, semiconductors, and the digital economy, emerged as a critical driver of this transition. Both countries view technological leadership as essential for economic security, military strength, and global influence, consistent with the concept of economic statecraft outlined in the literature. The findings also highlight that global supply chains are no longer neutral mechanisms of interdependence but are leveraged as strategic tools, contributing to economic decoupling and systemic vulnerabilities.

The expansion of military and security dimensions, including regional presence in the Asia-Pacific, strategic alliances such as NATO, QUAD, and AUKUS, and cybersecurity measures, further underscores the convergence of geoeconomic and geopolitical competition. This multidimensionality aligns with the theoretical prediction that rising powers, as proposed by power transition theory, challenge the established hegemon across multiple domains.

The empirical observations of this study support the applicability of power transition theory to U.S.–China relations. China's rapid economic and technological growth aligns with the theory's expectation that rising powers challenge established states, potentially destabilizing the international system. However, the findings also suggest that economic interdependence complicates traditional power transition predictions. While interdependence was expected to reduce the likelihood of conflict, in practice it creates strategic vulnerabilities exploited by both actors, consistent with the concept of weaponized interdependence.

The study also confirms the relevance of geo-economic strategy frameworks. Both the United States and China use economic instruments to project power globally, influence allies, and secure resources. The Belt and Road Initiative (BRI) and U.S. investment screening mechanisms exemplify how economic measures are embedded within strategic planning. This empirical evidence reinforces the theoretical link between geoeconomics and national security, highlighting the increasing integration of economic and strategic policymaking.

The findings align with previous scholarship emphasizing the centrality of U.S.–China rivalry in shaping the contemporary world order. Scholars have argued that the combination of economic and military competition constitutes a systemic challenge to global governance structures and multilateral institutions. The current study confirms these assertions, providing detailed examples of trade wars, technological restrictions, and alliance-building as concrete mechanisms of this rivalry.

However, this study also extends existing literature by highlighting the interdependence between geoeconomic and geopolitical strategies. While much of the previous literature treats economic and security dimensions separately, the empirical evidence shows that these domains are mutually reinforcing. For instance, technological controls not only protect national industries but also serve military and strategic objectives, illustrating the convergence of multiple power instruments.

Additionally, the study contributes to debates on the implications of U.S.–China competition for global governance. Whereas scholars like Nye (2004) emphasize the role of soft power and institutional influence, this study demonstrates that rising strategic tensions are increasingly challenging the authority of institutions such as the WTO and IMF. China's alternative initiatives, such as the AIIB and BRI, exemplify the emergence of parallel governance structures that compete with traditional Western-led institutions.

The implications of this study extend beyond the bilateral U.S.–China relationship, affecting the structure, stability, and functionality of the global order. First, the findings suggest that the international system may experience elements of both bipolarity and multipolarity, with the United States and China as central poles while secondary powers exert influence regionally and globally.

Second, the integration of geoeconomic and geopolitical strategies highlights the increasing fragmentation of global economic networks. Partial decoupling, supply chain diversification, and technological competition are likely to persist, challenging the traditional model of globalization. This fragmentation poses systemic risks to economic stability and security, with ripple effects for allied and neutral states.

Third, the study underscores that institutional authority is contested. Multilateral institutions may face limitations in addressing disputes between major powers, prompting the emergence of alternative frameworks. The coexistence of competing institutional regimes may complicate global coordination on critical issues such as trade, climate change, and cybersecurity.

Finally, the convergence of economic, military, and ideological competition highlights the need for adaptive policy frameworks. States must balance interdependence with resilience, leveraging strategic tools while mitigating vulnerabilities. Understanding the multidimensional nature of U.S.–China rivalry is therefore essential for policymakers, scholars, and global actors seeking to navigate an increasingly complex international environment.

Conclusion

This study has examined the evolution of U.S.–China competition from geoeconomic engagement to full-scale geopolitical rivalry and its implications for the 21st-century world order. The findings demonstrate that economic instruments, such as trade policies, investment strategies, and technological controls, are increasingly integrated with military, security, and ideological strategies. This multidimensional rivalry has reshaped global power dynamics, influencing the structure of international institutions, supply chains, and regional alliances.

First, the study confirms that geoeconomic competition serves as both a precursor and a complement to geopolitical rivalry. Trade disputes, export controls, and investment restrictions have become strategic tools, reflecting a shift from purely economic considerations to integrated security objectives.

Second, technological competition, particularly in AI, semiconductors, and digital infrastructure, has emerged as a central domain of strategic rivalry. Technological leadership is now directly linked to economic security, military capability, and global influence.

Third, the study highlights the critical role of strategic alliances and regional influence. Frameworks such as NATO, QUAD, and AUKUS illustrate how military and diplomatic coordination complements geoeconomic measures, shaping the security architecture of key regions.

Fourth, the analysis emphasizes that global governance is under strain. Multilateral institutions such as the WTO and IMF are increasingly challenged by competing strategic agendas, while China’s initiatives, including the Belt and Road Initiative (BRI) and the Asian Infrastructure Investment Bank (AIIB), offer alternative governance structures.

Finally, the study underscores broader systemic risks. Economic decoupling, supply chain fragmentation, and weaponized interdependence create vulnerabilities for both major powers and smaller states, raising concerns about economic stability, national security, and the sustainability of multilateral cooperation.

Global institutions must adapt to the realities of strategic rivalry. The WTO, IMF, and other multilateral organizations should strengthen dispute-resolution mechanisms, enhance transparency, and consider reforms that allow for greater representation and legitimacy among emerging powers. Collaborative frameworks for managing technological standards, cybersecurity, and supply chain resilience are necessary to maintain international stability and reduce systemic risks.

Smaller states and developing countries face strategic pressures from competing great powers. Policymakers in these countries should prioritize economic diversification, strengthen domestic technological and industrial capacities, and engage in multilateral alliances to avoid overreliance on either the United States or China. Balancing economic opportunities with national security considerations is critical in navigating the emerging bipolar/multipolar dynamics.

Future research should investigate several unresolved questions. First, studies could explore the long-term implications of technological decoupling for global innovation, economic growth,

and military balance. Second, the effectiveness of alternative governance frameworks, such as the AIIB and BRI, in reshaping global norms and influencing smaller states warrants deeper empirical analysis. Third, comparative studies examining regional variations in U.S.–China influence across Africa, Latin America, and Southeast Asia would provide nuanced insights into the global distribution of power. Finally, research on the intersection of soft power, ideology, and economic statecraft could illuminate the ways in which narratives and norms shape strategic competition.

Finally, we can conclude that The US-China rivalry represents a fundamental transformation of the international system, integrating economic, technological, military, and ideological dimensions. Understanding this multidimensional competition is essential for scholars, policymakers, and global actors trying to navigate a world marked by complexity, fragmentation, and systemic uncertainty. Adaptive strategies that combine economic resilience, technological preparedness, and diplomatic agility will be crucial for reducing risks and promoting stability in the emerging global order.

References

1. Lardy, N. R. (2019). *The state strikes back: The end of economic reform in China?* Peterson Institute for International Economics.

2. Blackwill, R. D., & Harris, J. M. (2016). War by other means: Geoeconomics and statecraft. Harvard University Press.

3. Allison, G. (2017). Destined for war: Can America and China escape Thucydides's trap? Houghton Mifflin Harcourt.

4. World Bank. (2022). World development indicators. World Bank.

5. Blackwill, R. D., & Harris, J. M. (2016). War by other means: Geoeconomics and statecraft. Harvard University Press.

6. Gray, C. S. (2009). *Geopolitics: A guide to the issues*. Oxford University Press.

7. Keohane, R. O., & Nye, J. S. (2012). *Power and interdependence* (4th ed.). Pearson.

8. Mearsheimer, J. J. (2001). *The tragedy of great power politics*. W.W. Norton.

9. Baldwin, D. A. (1985). Economic statecraft. Princeton University Press.

10. Allison, G. (2017). Destined for war: Can America and China escape Thucydides's trap? Houghton Mifflin Harcourt.

11. Ikenberry, G. J. (2018). The end of liberal international order? *International Affairs, 94*(1), 7–23.

12. Bown, C. P. (2020). The US–China trade war and Phase One agreement. Peterson Institute for International Economics.

13. Segal, A. (2021). The hype and reality of China's tech rise. Council on Foreign Relations.

14. Rolland, N. (2017). *China's Eurasian century? Political and strategic implications of the Belt and Road Initiative*. National Bureau of Asian Research.

15. Farrell, H., & Newman, A. L. (2019). Weaponized interdependence: How global economic networks shape state coercion. International Security, 44(1), 42–79.

16. Yin, R. K. (2018). Case study research and applications: Design and methods (6th ed.). Sage Publications.

17. George, A. L., & Bennett, A. (2005). Case studies and theory development in the social sciences. MIT Press.

18. Johnston, M. P. (2014). Secondary data analysis: A method of which the time has come. Qualitative and Quantitative Methods in Libraries, 3(3), 619–626.

19. Schreier, M. (2012). Qualitative content analysis in practice. Sage Publications.

20. Friedberg, A. L. (2018). A contest for supremacy: China, America, and the struggle for mastery in Asia. W. W. Norton.

21. Medcalf, R. (2021). Indo-Pacific empire: China, America, and the contest for the world's pivotal region. La Trobe University Press.

22. Nye, J. S. (2004). Soft power: The means to success in world politics. Public Affairs.

THE SHORT STORY *LET US SHARE THE EXPENSES* BY LIU LANG: INDIRECT COMMUNICATION

Lecturer, PhD Irina-Ana DROBOT

Technical University of Civil Engineering Bucharest, Faculty of Engineering in Foreign Languages, Department of Foreign Languages and Communication, Bucharest, Romania

ORCID ID: https://orcid.org/0000-0002-2556-6233

ABSTRACT

Introduction and Purpose: For Western culture members, the indirect communication of Asian culture members is by now made well-known. This is the result of cultural awareness which allows us to communicate efficiently with other cultures.

Materials and Methods: The short story *Let Us Share the Expenses* by Liu Lang presents readers with an extreme case of indirect communication. The methodological framework relies on reader response criticism and on cultural studies. The characters and the author of the short story belong to Chinese culture. Readers find clues to suggest that Lu Shi and his neighbour start liking each other and they communicate every day as he takes her to the office in his car, after seeing her waiting in a bus stop while it is drizzling. They enjoy talking to each other, and at some point she offers to pay for her ride. He agrees, but since then she no longer thanks him for the ride. After some time he refuses to take her money and he hears again thank you from her. Afterwards they both find that something is missing in their time spent together. Zhou Shan find a pretext to stop going with him by car by telling him she would go on a work trip. He changes his work schedule and, at some point, sees her at the bus stop. Both pretend not to notice each other, as if they had indirectly agreed to no longer seeing each other. This short story suggests a romantic relationship, although it was never truly started.

Results: The short story combines a personal situation of indirect communication with what the type of communication specific to their society. The short story relies on fact to take matters further.

Discussion and Conclusion: Readers assist to scenes where indirect communication is easily decoded, based on non-verbal communication.

Keywords: Non-Verbal Communication; Facial Expressions; Language of Gestures; Reader-Response Criticism; Context.

INTRODUCTION

Western culture members have always been fascinated by Asian cultures, since they represent an entirely different world for them. If we look at the theory of cultural dimensions developed by Hofstede (2003), we can divide them by the following oppositions: Western societies are, in general, individualistic and low power distance, while Asian societies are, in general, collectivistic and high-power distance. These are two major cultural dimensions based on which differences stand out right away: Western cultures are focused on individual freedom, which means freedom from norms, and that the individual is not expected to act for the good of the group, while Asian cultures are focused on the good of the group and on respect for traditions.

Asian cultures focus on how the individual has to take into account the others and their well-being before his own. Asian cultures also stress hierarchical differences between individuals and show high respect for authority, meaning that their societies are high power distance. This could be seen especially in the past, yet this aspect is also visible nowadays, since we can see titles such as *senpai* which mean older and more experienced colleague which ensure for those more experienced a higher place and the respect of younger colleagues. Western culture members prefer a low power distance society, on various levels, from personal, family level to professional and political level. They expect to have an equal position or to have their opinions taken into account at the workplace, in the family, and with political figures when they take decisions. They believe that they should be taken into account together with their interests by authority figures. At the same time, these are only tendencies and ideal states, as they reflect the mindset of these societies, not the actual realities. We can see how the individualist dimension is gaining prominence across the globe and is in constant rise in societies everywhere (Santos et al, 2017), especially for the young generations.

Asian cultures present us with different mindsets and values, which can be visible as we read short stories written by authors belonging to these cultures. This is the case of the short story *Let Us Share the Expenses* by Liu Lang from the anthology of contemporary authors, called *Spring on the Train* (*Primavara in tren*, 2023), published in Romania by Corint Books.

CONCEPTUAL FRAMEWORK

Indirect Communication Cultures

The short story Let Us Share the Expenses by Liu Lang illustrates the idea of indirect communication culture, since the characters in this story communicate indirectly at an extreme level. Lu Shi and his neighbour leave their communication at the level of allusions and of what can be implied by the way in which they act. They do not say directly how they feel about their interaction. Up to a degree, this is understandable, since we often find ourselves in situations where we do not say directly what we mean. We find various pretexts in order not to interact any longer with a certain person. However, this short story takes us further than that. We can only start imagining further what the characters feel by looking at the way in which they react, and we also understand that each of the two characters know what the other implies by his or her behaviour as they decide to no longer see each other.

Asian cultures are, in general, indirect communication cultures (de Mooij, 2013). This means that they rely on context clues which are not immediately accessible to members from other cultures. Indirect communication cultures requires that someone outside their culture be familiar with their background. This is not always possible, and people outside their cultures can often feel that they cannot truly understand what is being talked about. We are speaking here about a certain attitude, not necessarily about information that is part of the background knowledge. For instance, in Asian cultures and, especially, Japanese culture, moments of silence can be interpreted as hesitation and as disagreement. Moments of silence can offer clues to the interlocutor about the opinion of the speaker regarding a certain project, for example, which can need improvement. However, the speaker may feel that the interlocutor needs to know that they are willing to continue with the collaboration and not to offend the interlocutor, while, at the same time, to let them know that there are some aspects which need to be changed and improved. Japanese culture members (Drobot, 2021) go as far as saying yes when they mean no, with giving clues about what they really mean by hesitating and having moments of silence in the conversation. They do this in order to show that they wish to continue the collaboration with the respective person and to maintain social harmony. The short story chosen for analysis

is Chinese, yet it retains the indirect communication culture features, and it allows Western culture members to build analogies with Japanese culture communication.

The Concept of Non-Verbal Communication

Readers of the short story Let Us Share the Expenses by Liu Lang can also rely on the concept of non-verbal communication (Hall et al, 2019) as they witness how the main characters communicate, not using direct communication, but indirect communication style by relying on allusions which leads us readers to what they really mean. While we are not presented precisely with how characters deal with, in particular, with non-verbal communication cues such as facial expressions, voice tone, body posture, and language of gestures, we can still imagine, as readers, what is going on as the characters in this story are, at first, willing to interact, and after a while, they start avoiding each other. The young man and the young woman begin interacting once the young man offers the young woman to take her by car once he notices that she is waiting at the bus station without an umbrella. They start talking to each other and the situation repeats, as readers witness them both willing to interact. After a while, she offers him money for her ride, and the short story mentions that he had been thinking about her having to do so. However, as she no longer thanks him for the ride as she starts paying for it this is not considered as preferable for the young man, who decides that it was better before, when she was not paying for the ride. As she no longer pays for the ride, she starts thanking him again. They are portrayed as enjoying each other's company, until they both start taking measures to no longer see each other. The young woman finds a pretext by telling the young man that she is going on a work trip. He changes his work schedule, so that he would no longer meet her. Once, he sees her at the bus station, but none of them show that they had seen each other, even if it is obvious that they have. This can be interpreted as a mutual agreement for them to stop interacting. From the main characters' actions, readers understand that they have both decided to put an end to them seeing each other. This ends their sharing the same car ride to work. Readers notice how they are both aware of how the other person understands their intent and agrees to it. We readers also notice how the characters understand each other's intention from their indirect communication based on their gestures and behaviour. They do not need additional explanations.

METHODOLOGY

Data collection and examination

The short story Let Us Share the Expenses by Liu Lang shows us readers an extreme example of indirect communication. The methodological framework of analysis is based on reader response criticism and on cultural studies, since the reaction of readers is crucial, and since their background about Asian vs Western cultures is crucial in understanding the behaviour of the characters in this short story.

The characters and the author of the short story belong to Chinese culture. Readers find clues to suggest that Lu Shi and his neighbour start liking each other and they communicate every day as he takes her to the office in his car, after seeing her waiting in a bus stop while it is drizzling. They enjoy talking to each other, and at some point she offers to pay for her ride. He agrees, but since then she no longer thanks him for the ride. After some time he refuses to take her money and he hears again thank you from her. Afterwards they both find that something is missing in their time spent together. Zhou Shan find a pretext to stop going with him by car by telling him she would go on a work trip. He changes his work schedule and, at some point, sees her at the bus stop. Both pretend not to notice each other, as if they had indirectly agreed to no

longer seeing each other. This short story suggests a romantic relationship, although it was never truly started. This is underlined by the use of indirect communication between the characters.

Analysis of the research problem

What can a short story such as Let Us Share the Expenses by Liu Lang teach us readers about the particular, indirect style of communication of Chinese and, in general, of Asian cultures?

Indirect communication is specific to high context communication cultures (Nishimura et al, 2008) such as Chinese. The members of this culture communicate in some situations based on gestures and voice tone in order to suggest additional meaning, which is not directly put into words. There is a lot left to be implied. This is why outsiders need to be familiar with the cultural context and with particular ways of communication. Otherwise, meaning is not directly visible and clear. As an example, if someone says that they will think about it, this can be a signal that they mean *no*. Such ambiguous language, leaving room, apparently, for further decisions, and for decisions which are hoped by the interlocutor – if he or she is a member of a Western culture – should be a first signal to look for additional non-versal cues, such as voice tone, facial expressions (e.g. frowning), body posture, etc. Asian culture members focus on face saving strategies and on maintaining of social harmony. They are concerned with how the others may feel and do their best to avoid being confrontational. They may use indirect communication in order not to offend their interlocutor, to pressure him or her, and to preserve the relationship even if they do not agree with someone's ideas or proposals. Western culture members may perceive this attitude as an exaggerated degree of politeness, and they may also find it confusing since they may not be given a clear answer or clear feedback. Asian culture members try to intrude as little as possible in the personal space of their interlocutor. We can build analogies with British politeness, where indirect requests are very frequent. However, it is more than this when we deal with Asian culture members' indirect communication. They try to avoid refusing as much as possible and all direct mention of disagreeing is avoided to an extreme level.

If we look at pragmatic theories, we find face-threatening acts (Conlan, 2005; Gil, 2012) which refer to damaging an individual's face – as far as his or her social reputation and self-esteem are concerned. An individual's negative face refers to his or her need for personal freedom, which is challenged once we as speakers impose on our interlocutor if we ask him or her to open a window or to leave. Here indirect requests come in to avoid such situations. Orders, requests, criticism, insults all threaten our interlocutor's face.

We can start from this analogy in order to understand indirect communication typical for Asian cultures, and also refer to the short story analysed in this paper, *Let Us Share the Expenses* by Liu Lang. We see how two neighbours get close and start talking beginning with a visual detail: Lu Shi sees his neighbour Zhou Shan waiting for the bus, looking worried, as she covers her head from the drizzle with her bag. He understands that the lady would feel better if he takes her by car to work. We understand that he relies on non-verbal cues when he makes his offer. He pulls over his car and waves at her, which is another non-verbal communication cue, and she understands that he has seen her looking worried and would like to help her. The very fact that he has paid attention to these details show not only that he is polite, but that he is honestly interested. There are some verbal clues suggesting that the two of them like each other and are interested in each other's company, such as the lady saying 'Excellent!" after she says "So we work close to each other" and later on "I can come with you by car" (Lang, 2023, my translation). This shows she would like to see him again, while she does not say it directly. The man also shows interest, as he says: "When you drive with a lady in your car, you never get bored" (Lang, 2023, my translation). We do not see here usual indirect requests put into words,

but suggested by additional non-verbal communication. The visual element is present to a large extent in their communication. We notice that they use the car ride as a pretext to connect with each other. Readers notice that the two characters do not meet outside their car ride together to work and do not spend time together in another setting. At least, this is not mentioned. However, they understand each other very well when they communicate indirectly. The man notices thinks about her paying for her ride, and she immediately offers to pay. This is part of their mutual agreement. Then he wishes for her to thank him again for the ride and this is why after a while he refuses her payment. Indeed, she thanks him for her ride. We notice how the entire action suggests that they have a relationship, in a romantic sense, since they go through various stages, starting from the honeymoon stage, when they are very happy with one another, continuing with minor things that make them feel discontentment, to wishing to make things between them like before, to falling into a routine, and ending with both of them deciding to no longer see each other. We notice how the man feels at some point that he is treated like her driver and no longer like a companion, or like a person who has been doing her a favour. Readers feel that he is now controlled and used by the lady, even when communication is indirect, based on certain remarks and her depicted voice tone and attitude. At some point readers feel that she imposed on the man and that he is no longer willing to help her by driving her to and back from work. Her company changes from pleasant to controlling and unpleasant, which makes the man wish to end his offering to take her by car. Apparently, the lady is all right with this, and each of them go to work by themselves, him by car and her by bus.

External action, not only gestures, is used to suggest how they feel about each other. Readers feel that they are witnesses to their discussions and rely on the details given by the author to further interpret their reactions and behaviour.

Readers are left wondering if the two characters have indeed lived through their romantic relationship, or if they were left with asking themselves if they should actually start a clear romantic relationship. They cannot help, however, notice how similar to a romantic relationship their car rides together is.

Indirect communication becomes a pretext for the author to present his characters in a way which makes the story very interesting, based on a different perspective, which immediately draws the readers' attention and maintains it. If the story would have presented a usual romantic relationship, then the story would not have been as captivating. We can claim that the author resorted to defamiliarization (Shklovsky, 1917), since a romantic relationship is presented from an unexpected situation, to the point where reality is made strange.

Model of the Research

The perspective from which the short story was analysed is reader-response criticism, since readers react emotionally and they also rely on their background knowledge in order to better understand the text (Mart, 2019). We have seen how background knowledge about Western vs Asian culture structure, relationships, and communication can allow us a different perspective on how people interact, and on the functioning of non-verbal communication cues. We notice how the short story allows us readers to interpret non-verbal cues and see beyond what is directly said – we can see what is implied in a different way of communicating. This type of communication is fictional and it is likely highly exaggerated, yet we get an idea about how to build an analogy between the way in which we are used to interpreting various signs in a fictional work and to see meaning beyond external actions and the way high-context communication cultures lead individuals to communicate.

CONCLUSION AND DISCUSSION

Nowadays, we are curious about non-verbal language and the language of gestures, especially when it comes to telling if someone is interested in us romantically (Fichten et al, 1992) and in creating a favourable personal image for us in social circles of friends, but also of business colleagues. We are also interested in the message we give if we make certain gestures or have a certain body posture. All of these are part of our non-verbal language and, intuitively, we can offer a positive or negative impression. During job interviews we also start wondering about what our body language communicates. Popular psychology books on the topic of non-verbal communication and body language have raised our awareness about these and have made us more sensitive to the topic. This can help us feel more prepared to interact with different communication styles specific to different cultures, next to materials raising our awareness about cultural specificities and differences.

REFERENCES

Conlan, C. J. (2005). Face threatening acts, primary face threatening acts, and the management of discourse. Broadening the horizon of linguistic politeness, Pragmatics & Beyond New Series (pp. 65Á83). Amsterdam, Netherlands: John Benjamins.

de Mooij, M. (2013). Asian Communication. In Human and Mediated Communication around the World: A Comprehensive Review and Analysis (pp. 105-135). Cham: Springer International Publishing.

Drobot, I. A. (2021). Analysing the japanese indirect communication culture. Crossing Boundaries in Culture and Communication, 12(2), 9-20.

Fichten, C. S., Tagalakis, V., Judd, D., Wright, J., & Amsel, R. (1992). Verbal and nonverbal communication cues in daily conversations and dating. The Journal of Social Psychology, 132(6), 751-769.

Gil, J. M. (2012). Face-threatening speech acts and face-invading speech acts: An interpretation of politeness phenomena.

Hall, J. A., Horgan, T. G., & Murphy, N. A. (2019). Nonverbal communication. Annual review of psychology, 70(2019), 271-294.

Hofstede, G. (2003). Cultural dimensions. www.geert-hofstede.com.

Lang, L. (2023). Sa impartim cheltuielile (Let Us Share the Expenses). In Primavara in tren (Spring on the Train). Antologie de proze foarte scurte din literature chineza contemporana (An anthology of very short stories from contemporary Chinese literature). Corint Books, Bucuresti.

Mart, C. T. (2019). Reader-response theory and literature discussions: A Springboard for exploring literary texts. *The New Educational Review*, *56*, 78-87.

Nishimura, S., Nevgi, A., & Tella, S. (2008). Communication style and cultural features in high/low context communication cultures: A case study of Finland, Japan and India. Teoksessa A. Kallioniemi (toim.), Uudistuva ja kehittyvä ainedidaktiikka. Ainedidaktinen symposiumi, 8(2008), 783-796.

Santos, H. C., Varnum, M. E., & Grossmann, I. (2017). Global increases in individualism. Psychological science, 28(9), 1228-1239.

Shklovsky, V. (1917). Art as technique. *Literary theory: An anthology*, *3*(3), 8-14.

THE COMBINED VALUE OF COPEPTIN, GDF-15 AND OXIDATIVE STRESS MARKERS IN THE EARLY DIAGNOSIS AND PROGNOSIS OF ACUTE MYOCARDIAL INFARCTION

Prof. Dr. Naci Ömer ALAYUNT

Siirt University, Faculty of Medicine, Department of Medical Biochemistry, Siirt

ORCID ID: https://orcid.org/0000-0003-2215-0934

ABSTRACT

The aim of this study is to evaluate the combined value of copeptin, GDF-15 and oxidative stress markers in the early diagnosis and prognosis of patients with acute myocardial infarction, in light of the current literature. This study is a review examining recent research published in the PubMed, Scopus and Web of Science databases. Clinical and experimental studies evaluating the relationship between Copeptin, GDF-15 and oxidative stress markers (particularly MDA and SOD) and AMI were analysed. The data obtained were examined comparatively in terms of early diagnosis, risk stratification and prognostic value. Literature findings indicate that Copeptin levels rise rapidly in the early phase of AMI, thereby making a significant contribution to early diagnosis. GDF-15, on the other hand, is associated with inflammation, cellular stress and oxidative damage, and is considered a strong predictor of mortality and major adverse cardiac events. It has been established that oxidative stress markers provide information on the severity of the disease by reflecting the ischaemia-reperfusion process. It is anticipated that the combined evaluation of these biomarkers will enhance diagnostic accuracy and prognostic power compared to their use in isolation. The combined use of copeptin, GDF-15 and oxidative stress markers offers a promising multi-marker approach for the early diagnosis and prognosis of AMI. The integration of this approach into clinical practice may contribute to more accurate risk stratification and the development of personalised treatment strategies.

Keywords: Acute myocardial infarction, copeptin, GDF-15, oxidative stress, biomarker.

INTRODUCTION

Cardiovascular diseases rank among the leading causes of morbidity and mortality worldwide, and acute coronary syndromes, in particular, represent the most clinically critical subcategories within this disease group. While traditional clinical and biochemical markers have been used for decades in diagnosis, risk stratification, and prognosis, certain limitations of these indicators have prompted the search for new biomarkers. In recent years, the role of biomarkers reflecting inflammation, oxidative stress, and cellular stress responses in the pathophysiology of cardiovascular diseases has gained increasing importance.

In this context, copeptin, GDF-15 (Growth Differentiation Factor-15), and antioxidant enzyme systems have drawn particular attention for their ability to reflect myocardial stress and ischemia-reperfusion injury. While copeptin is considered a reliable indicator of the acute stress response as a stable reflection of the vasopressin system, GDF-15 stands out as a prognostic biomarker associated with inflammation and cellular damage processes. Antioxidant enzyme

levels, meanwhile, reveal the degree of oxidative stress, providing important insights into the severity of tissue damage.

Because pericardial fluid constitutes a unique microenvironment that directly reflects myocardial and pericardial processes, it provides a distinctive and valuable sample source for the evaluation of these biomarkers. The combined analysis of pericardial fluid levels of kopeptin, GDF-15, and antioxidant enzymes may contribute to a better understanding of the pathophysiological mechanisms underlying clinical conditions with high mortality, such as acute myocardial infarction, and to the development of prognostic assessments.

Therefore, large-scale, prospective studies incorporating the combined evaluation of these biomarkers have the potential to provide significant scientific contributions toward the early diagnosis, risk stratification, and optimization of treatment strategies for cardiovascular diseases.

Growth Differentiation Factor 15 (GDF-15)

GDF-15 is a cytokine that is normally expressed at low levels but whose expression increases significantly during various pathophysiological conditions, particularly during cellular stress, inflammation, and tissue damage (Bootcov et al., 1997; Emmerson et al., 2018). Although it is present in limited amounts in many tissues outside the placenta and prostate, it plays significant roles, particularly in the cardiovascular system (Wollert et al., 2017).

GDF-15 is also known as Macrophage Inhibitory Cytokine-1 (MIC-1). In the literature, it has been suggested that it may play an antagonistic role against the effects of molecules such as interleukins and tumor necrosis factors (TNF), which are pro-inflammatory cytokines (Bootcov et al., 1997).

Elevated GDF-15 levels in cardiovascular diseases are considered a significant indicator of myocardial stress, inflammation, and cellular damage (Kempf et al., 2007; Wollert et al., 2017). It has been demonstrated that GDF-15 levels rise particularly in conditions such as acute myocardial infarction, heart failure, and atherosclerosis (Lok et al., 2012). Furthermore, studies indicate that GDF-15 is associated with myocardial fibrosis and may play a role in cardiac remodeling processes (Lok et al., 2012).

Copeptin

Copeptin is a peptide derived from the C-terminal region of arginine vasopressin (AVP) and is more stable in circulation (Morgenthaler et al., 2006). Since direct measurement of the vasopressin hormone is difficult, copeptin is used as a reliable surrogate marker. Due to its rapid rise during acute stress conditions, copeptin is of great importance for early diagnosis, particularly in clinical conditions such as acute myocardial infarction (Khan et al., 2007; Reichlin et al., 2009). When evaluated in conjunction with troponin, it has been shown to provide high diagnostic accuracy in the early exclusion of acute myocardial infarction (Reichlin et al., 2009; Zellweger et al., 2015). Copeptin also provides important information regarding the prognosis of the disease. Elevated copeptin levels have been associated with poorer clinical outcomes and increased mortality (Morawiec & Kawecki, 2013; Yilman et al., 2015).

Oxidative Stress and the Antioxidant System

Oxidative stress is a condition resulting from an imbalance between reactive oxygen species (ROS) and antioxidant defense systems (Dhalla et al., 2000). Oxidative stress plays a significant role in the pathogenesis of cardiovascular diseases.

Ischemia-reperfusion injury occurring during acute myocardial infarction is one of the primary sources of oxidative stress (Turer & Hill, 2010). During this process, increased levels of free

radicals cause cellular damage by damaging cell membranes, proteins, and DNA. Antioxidant enzymes constitute an important defense mechanism to mitigate these harmful effects. Enzymes such as superoxide dismutase (SOD), catalase, and glutathione peroxidase protect cells by neutralizing free radicals (Kaminski et al., 2008; Tomandlova et al., 2021).

The Importance of Pericardial Fluid

Pericardial fluid is a fluid found around the heart that facilitates the heart's physiological movements. Recent studies have shown that this fluid may serve as an important biological material in the assessment of cardiac diseases (Fujita et al., 2001).

Because pericardial fluid is located in close proximity to heart tissue, it may contain more specific biomarkers than serum (Angel et al., 2008). Therefore, the analysis of pericardial fluid in cardiac diseases may more accurately reflect the pathophysiology of the disease.

The Prognostic Significance of GDF-15 in Cardiovascular Diseases

GDF-15 is considered not only an inflammatory marker but also a powerful prognostic biomarker in cardiovascular diseases. In particular, elevated GDF-15 levels have been shown to be associated with mortality and poor clinical outcomes in patients with heart failure and acute coronary syndrome (Kempf et al., 2007; Wollert et al., 2017). Elevated GDF-15 levels are considered an indicator not only of myocardial stress but also of oxidative stress and inflammatory processes. Therefore, GDF-15 plays a significant role in patient risk stratification and the prediction of clinical outcomes (Lok et al., 2012). Additionally, it has been reported that GDF-15 serves as an independent predictor of cardiovascular event risk in elderly individuals and populations with chronic diseases. This suggests that GDF-15 may have a broad range of applications in clinical practice (Wollert et al., 2017).

Copeptin and Its Clinical Value in Early Diagnosis

Copeptin has emerged as an important biomarker in the early diagnosis of acute myocardial infarction. In particular, copepin levels measured at the time of hospital admission, when evaluated in conjunction with troponin, increase diagnostic accuracy (Khan et al., 2007; Reichlin et al., 2009). Copeptin's rapid rise in levels makes it advantageous for early diagnosis. An increase in copeptin can be observed even in the early hours when troponin levels have not yet risen. This provides clinicians with significant support, particularly in rapid decision-making processes in emergency departments (Reichlin et al., 2009). Additionally, elevated copepin levels are significant not only for diagnosis but also for the prognosis of the disease. Studies have shown that high copepin levels are associated with increased mortality and the risk of complications (Morawiec & Kawecki, 2013; Yilman et al., 2015).

The Role of Oxidative Stress in Myocardial Infarction

Oxidative stress plays a central role in the pathogenesis of acute myocardial infarction. Increased levels of reactive oxygen species (ROS) during ischemia and reperfusion processes cause severe damage to myocardial cells (Turer & Hill, 2010). In this process, mechanisms such as lipid peroxidation, protein oxidation, and DNA damage come into play, leading to impaired cellular function. Increased oxidative stress also triggers an inflammatory response, thereby exacerbating the severity of the disease (Dhalla et al., 2000). When antioxidant defense systems are insufficient, this damage becomes even more pronounced. Therefore, the combined assessment of oxidative stress markers and antioxidant enzyme levels provides important insights into the severity and prognosis of the disease (Kaminski et al., 2008; Tomandlova et al., 2021).

The Clinical Significance of the Combined Use of Copeptin and GDF-15

Since copeptin and GDF-15 are biomarkers reflecting different pathophysiological processes, they provide complementary information when evaluated together. While kopeptin primarily reflects the acute stress response and neurohormonal activation, GDF-15 stands out as an indicator of inflammation, cellular damage, and tissue stress (Khan et al., 2007; Wollert et al., 2017). The combined use of these two biomarkers offers a more comprehensive approach to both early diagnosis and prognosis assessment in acute myocardial infarction. In particular, the early elevation of copeptin and the fact that GDF-15 is more closely associated with disease severity make this combination clinically valuable (Reichlin et al., 2009; Kempf et al., 2007). Furthermore, this multi-biomarker approach provides higher accuracy and reliability compared to assessments based on a single parameter. This is significant for better risk stratification of cardiovascular diseases and the development of personalized treatment strategies (Wollert et al., 2017).

Comparison of Pericardial Fluid and Serum Biomarkers

In the assessment of cardiovascular diseases, biomarkers are typically analyzed in serum. However, pericardial fluid may more accurately reflect local pathophysiological changes due to its proximity to cardiac tissue (Fujita et al., 2001). It is believed that biomarkers measured in pericardial fluid may reveal myocardial damage and inflammatory processes more sensitively than serum. This suggests that pericardial fluid is an alternative and valuable biological material for the evaluation of cardiac diseases (Angel et al., 2008). However, the fact that obtaining pericardial fluid is an invasive procedure is a significant factor limiting its clinical use. Nevertheless, the unique data it provides in research studies contribute to a better understanding of the pathogenesis of cardiovascular diseases (Karam et al., 2001).

CONCLUSION AND DISCUSSION

Cardiovascular diseases, particularly acute myocardial infarction, rank among the most clinically significant health issues due to their high mortality and morbidity rates. The early diagnosis of these diseases, along with accurate risk stratification and prognosis, is of critical importance in patient management. While traditional biomarkers play a significant role in this process, they have been found to be insufficient in fully reflecting the complex pathophysiology of the disease. This has brought the use of more sensitive and multidimensional biomarker combinations to the forefront.

In recent years, new-generation biomarkers such as copeptin, GDF-15, and antioxidant enzymes have garnered attention due to their potential to reflect different pathophysiological processes of cardiovascular diseases. While copeptin represents the acute stress response, GDF-15 stands out as a key indicator of inflammation, cellular stress, and tissue damage. Antioxidant enzyme systems, on the other hand, provide information on the degree of cellular damage by reflecting the level of oxidative stress. The combined evaluation of these three biomarkers offers a comprehensive pathophysiological perspective that a single biomarker cannot provide.

The fact that pericardial fluid is a unique biological material capable of directly reflecting the cardiac microenvironment provides a significant advantage in the evaluation of these biomarkers. The combined analysis of copepin, GDF-15, and antioxidant enzyme levels in pericardial fluid may enable the acquisition of stronger diagnostic and prognostic data, particularly in clinical conditions such as acute myocardial infarction.

In conclusion, current literature data suggest that the combined evaluation of copeptin, GDF-15, and antioxidant enzymes could make significant contributions to understanding the pathophysiology of cardiovascular diseases. However, due to the limited number of existing

studies in this field, there is a need for larger-scale, prospective, and multicenter research. Such studies could form an important scientific foundation for the early diagnosis of cardiovascular diseases, risk stratification, and the development of personalized treatment approaches.

REFERENCES

Mahmood, S. S., Levy, D., Vasan, R. S., ve ark. (2014). The Framingham Heart Study and the epidemiology of cardiovascular diseases: A historical perspective. *Lancet*, 383(9921), 999–1008.

Ananth, V., Beig, J. R., Tramboo, N. A., ve ark. (2016). Does plasma copeptin level at admission predict final infarct size in ST elevation myocardial infarction. *International Journal of Cardiology*, 219, 326–330.

Angel, L., Fernández, A., García-Bengochea, J. B., Alvarez, J., & González Juanatey, J. R. (2008). Biochemical markers of myocardial injury in the pericardial fluid of patients undergoing heart surgery.

Bootcov, M. R., Bauskin, A. R., Valenzuela, S. M., ve ark. (1997). MIC-1, a novel macrophage inhibitory cytokine, is a divergent member of the TGF-beta superfamily. *Proceedings of the National Academy of Sciences USA*, 94(21), 11514–11519.

Bowry, A. D. K., Lewey, J., Dugani, S. B., ve ark. (2015). The burden of cardiovascular disease in low- and middle-income countries: Epidemiology and management. *Canadian Journal of Cardiology*, 31(9), 1151–1159.

Dhalla, N. S., Temsah, R. M., & Netticadan, T. (2000). Role of oxidative stress in cardiovascular diseases. *Journal of Hypertension*, 18(6), 655–673.

Emmerson, P. J., Duffin, K. L., Chintharlapalli, S., & Wu, X. (2018). GDF-15 and growth control. *Frontiers in Physiology*, 9, 1712.

Fairlie, W. D., Moore, A. G., Bauskin, A. R., Russell, P. K., Zhang, H. P., & Breit, S. N. (1999). MIC-1 is a novel TGF-beta superfamily cytokine associated with macrophage activation. *Journal of Leukocyte Biology*, 65(1), 2–5.

Fujita, M., Komeda, M., Hasegawa, K., ve ark. (2001). Pericardial fluid as a new material for clinical heart research. *International Journal of Cardiology*, 77, 113–118.

Kaminski, K., Bonda, T., Wojtkowska, I., ve ark. (2008). Oxidative stress and antioxidative defense parameters early after reperfusion therapy for acute myocardial infarction. *Acute Cardiac Care*, 10(2), 121–126.

Karam, N., Patel, P., & De Filippi, C. (2001). Diagnosis and management of chronic pericardial effusions. *American Journal of Medical Sciences*, 322, 79–87.

Kempf, T., Horn-Wichmann, R., Brabant, G., ve ark. (2007). Circulating concentrations of growth differentiation factor 15 in apparently healthy elderly individuals and patients with chronic heart failure as predictive biomarker. *Circulation*, 115(8), 962–971.

Khan, S. Q., Dhillon, O. S., O'Brien, R. J., ve ark. (2007). C-terminal provasopressin (copeptin) as a novel and prognostic marker in acute myocardial infarction. *Circulation*, 115(16), 2103–2110.

Lok, S. I., Winkens, B., Goldschmeding, R., ve ark. (2012). Circulating growth differentiation factor-15 correlates with myocardial fibrosis. *European Journal of Heart Failure*, 14(11), 1249–1256.

Morawiec, B., Kawecki, D. (2013). Copeptin: A new marker in cardiology. *Journal of Cardiovascular Medicine*, 14(1), 19–25.

Morgenthaler, N. G., Struck, J., Alonso, C., & Bergmann, A. (2006). Assay for the measurement of copeptin. *Clinical Chemistry*, 52(1), 112–119.

Reichlin, T., Hochholzer, W., Stelzig, C., ve ark. (2009). Incremental value of copeptin for rapid rule out of acute myocardial infarction. *Journal of the American College of Cardiology*, 54(1), 60–68.

Tomandlova, M., Parenica, J., Lokaj, P., ve ark. (2021). Prognostic value of oxidative stress in acute myocardial infarction. *Free Radical Biology and Medicine*, 174, 66–72.

Turer, A. T., & Hill, J. A. (2010). Pathogenesis of myocardial ischemia-reperfusion injury. *American Journal of Cardiology*, 106(3), 360–368.

Wollert, K. C., Kempf, T., & Wallentin, L. (2017). Growth differentiation factor 15 as a biomarker. *Clinical Chemistry*, 63(1), 140–151.

Yilman, M., Erenler, A. K., Baydin, A. (2015). Copeptin: A diagnostic factor for critical patients. *European Review for Medical and Pharmacological Sciences*, 19(16), 3030–3036.

Zellweger, C., Wildi, K., Twerenbold, R., ve ark. (2015). Use of copeptin and troponin in myocardial infarction. *International Journal of Cardiology*, 190, 190–197.

Zhao, C., Liu, T., Wei, H., & Li, J. (2023). Serum oxidative stress factors predict myocardial ischemia reperfusion injury. *Postępy w Kardiologii Interwencyjnej*, 19(4), 333–342.

THE ROLE OF ANTIOXIDANT SYSTEMS AND ANTI-INFLAMMATORY CYTOKINES IN ISCHEMIA-REPERFUSION INJURY ASSOCIATED WITH OVER-TORSION

Prof. Dr. Naci Ömer ALAYUNT

Siirt University, Faculty of Medicine, Department of Medical Biochemistry, Siirt

ORCID ID: https://orcid.org/0000-0003-2215-0934

ABSTRACT

Ovarian torsion is a gynecological emergency that develops as a result of the twisting of the vascular pedicle and leads to ischemia-reperfusion (IR) injury in ovarian tissue. During the ischemic phase, reduced oxygen and ATP production disrupt cellular ion balance, while the sudden increase in reactive oxygen species (ROS) during reperfusion becomes the primary driver of oxidative stress. This process results in lipid peroxidation, protein damage, and DNA fragmentation, leading to pathologies that can progress to tissue necrosis and infertility. The inflammatory response also plays a critical role in IR injury; while neutrophil infiltration and increased levels of pro-inflammatory cytokines (TNF-α, IL-1β, IL-6) exacerbate tissue damage, anti-inflammatory cytokines (particularly IL-10) may exert a protective effect. Although antioxidant defense systems (SOD, catalase, glutathione peroxidase) attempt to balance this oxidative burden, they prove insufficient in cases of torsion. Recent experimental studies have shown that agents such as lycopene, curcumin, melatonin, and berberine reduce IR damage through both antioxidant and anti-inflammatory effects. By suppressing ROS production and regulating cytokine balance, these agents significantly reduce histopathological damage. In conclusion, oxidative stress and inflammation are the primary mechanisms underlying ischemia-reperfusion injury associated with ovarian torsion. Targeting both of these processes simultaneously offers a more effective approach to reducing cellular damage. Treatment strategies developed in this context hold promise for preserving ovarian reserve and maintaining fertility.

Keywords: Overtorsion, ischemia-reperfusion, oxidative stress, antioxidant systems, inflammation.

INTRODUCTION

Ovarian torsion is a serious gynecological condition characterized by impaired blood flow resulting from the rotation of the ovary around its own axis, requiring urgent surgical intervention. This condition can lead to serious consequences, particularly in women of reproductive age, threatening their fertility. The vascular obstruction resulting from torsion initially causes obstruction of venous return; subsequently, due to increasing edema and pressure, arterial blood flow is also disrupted, leading to ischemia (Baron & Mathai, 2023; Huang et al., 2017).

During the ischemic process, the inability to transport oxygen and nutrients to cells leads to impaired mitochondrial oxidative phosphorylation and a significant decrease in ATP production. This energy deficiency causes ion pumps to lose their function, leading to intracellular sodium and calcium accumulation, and consequently, cellular edema and

disruption of membrane integrity. However, the most critical stage of tissue damage occurs during the reperfusion period. The sudden influx of oxygen upon restoration of blood flow, accompanied by mitochondrial dysfunction, triggers excessive production of reactive oxygen species (ROS), making it the primary trigger of oxidative stress (Kalogeris et al., 2012; Granger & Kvietys, 2015).

Oxidative stress causes extensive damage to cellular components, leading to irreversible structural changes such as lipid peroxidation, protein oxidation, and DNA strand breaks.

Malondialdehyde (MDA), a major end product of lipid peroxidation, is frequently evaluated in clinical and experimental studies as a biochemical marker of oxidative damage. When antioxidant defense systems such as superoxide dismutase (SOD), catalase, and glutathione peroxidase prove insufficient against increasing levels of reactive oxygen species (ROS), the oxidative balance is disrupted and cellular damage becomes progressive (Betteridge, 2000; Halliwell & Gutteridge, 2015).

Additionally, oxidative stress activates the inflammatory response, thereby exacerbating tissue damage. Increases in pro-inflammatory cytokines such as TNF-α, IL-1β, and IL-6 enhance the inflammatory response by increasing endothelial activation and neutrophil infiltration. This process further increases ROS production, leading to a vicious cycle between oxidative stress and inflammation (Siti et al., 2015).

Recent studies have shown that various agents with antioxidant and anti-inflammatory properties may reduce I/R injury. In this context, natural compounds such as lycopene, curcumin, melatonin, and berberine have garnered attention.

In this study, the role of oxidative stress and inflammation in I/R injury associated with ovarian torsion, along with antioxidant treatment approaches, was examined in light of the literature.

The Ischemia-Reperfusion Mechanism

Ischemia-reperfusion injury that develops during ovarian torsion is the result of complex biochemical processes. During ischemia, cells switch to anaerobic metabolism, ATP production decreases, and lactic acid accumulates. The restoration of oxygen supply during reperfusion leads to mitochondrial dysfunction and a sudden increase in ROS production. Ischemia-reperfusion (I/R) injury that develops in ovarian torsion is the result of multistep, mutually triggering biochemical processes. Impaired venous return in the early stages of torsion and reduced arterial flow in the later stages create a hypoxic microenvironment in ovarian tissue. In this hypoxic environment, cells shift from oxidative phosphorylation to anaerobic glycolysis, resulting in a significant decrease in ATP production. The decrease in ATP leads to inhibition of the Na^+/K^+-ATPase pump, increasing intracellular sodium and water accumulation; this causes cellular swelling and membrane instability. At the same time, lactate accumulation develops as a result of anaerobic metabolism, and cellular acidosis deepens (Kalogeris et al., 2012).

Paradoxically, the reperfusion phase is the period during which tissue damage is most severe. The restoration of blood flow following ischemia results in a sudden and massive influx of oxygen into the tissue. This situation increases electron leakage in the mitochondrial electron transport chain, leading to the excessive production of reactive oxygen species (ROS), particularly the superoxide anion. Electron leakage, particularly at the levels of complexes I and III, is one of the primary sources of ROS production (Chouchani et al., 2014).

Increased ROS production triggers the opening of mitochondrial membrane permeability transition pores (mPTPs), thereby exacerbating mitochondrial dysfunction. While this process further reduces ATP production, it activates apoptotic cell death pathways through cytochrome

c release. Additionally, ROS disrupts cellular integrity by causing lipid peroxidation, protein oxidation, and DNA damage (Murphy & Steenbergen, 2008).

Another key component of ischemia-reperfusion injury is the inflammatory response. Post-reperfusion endothelial cell activation facilitates neutrophil migration by increasing the expression of adhesion molecules. Activated neutrophils further exacerbate oxidative damage by increasing ROS production through myeloperoxidase and proteolytic enzymes. Thus, a positive feedback loop between oxidative stress and inflammation is established (Eltzschig & Eckle, 2011).

Oxidative Stress and Cellular Damage

Excessive production of ROS leads to an increase in MDA levels by causing lipid peroxidation in the cell membrane. This results in impaired cell integrity and necrosis. Studies have shown that MDA levels are significantly elevated in models of ovarian torsion. Oxidative stress and cellular damage are key pathophysiological components of the ischemia-reperfusion (I/R) process associated with ovarian torsion. During the reperfusion phase, the excessive production of reactive oxygen species (ROS) targets polyunsaturated fatty acids in the cell membrane, initiating lipid peroxidation. Malondialdehyde (MDA), one of the most important end products of this process, is recognized as a reliable biochemical marker of oxidative membrane damage.

It is known that increased MDA levels in experimental I/R studies correlate with the severity of tissue damage. Concurrently, a decrease in the activity of antioxidant enzymes such as superoxide dismutase (SOD) and catalase indicates that the oxidative balance has shifted against the antioxidant system. This leads to loss of cell membrane integrity, mitochondrial dysfunction, and ultimately the development of necrosis and/or apoptosis (Halliwell & Gutteridge, 2015; Granger & Kvietys, 2015).

When ischemia-reperfusion injury in ovarian tissue was studied experimentally, it was shown that increased ROS levels and decreased antioxidant capacity parallel histopathological damage. This mechanism constitutes the primary cellular damage pathway in ovarian torsion (reliable literature instead of Taskin et al.: Kalogeris et al., 2012).

Inflammatory Response

Inflammation plays a significant role in I/R injury. Elevated levels of cytokines such as TNF-α, IL-1β, and IL-6 result in neutrophil activation and endothelial damage. In contrast, anti-inflammatory cytokines such as IL-10 exert a protective effect by suppressing this process.

This mechanical event not only causes local ischemia but also exacerbates tissue damage in conjunction with the complex biochemical and inflammatory responses that develop following reperfusion.

1. Ischemia Phase: Metabolic Collapse and Cellular Sensitivity

During ischemia, the supply of oxygen and nutrients to the ovarian tissue decreases. This leads to the cessation of mitochondrial oxidative phosphorylation and a significant drop in ATP production. The decrease in ATP leads to inhibition of the Na^+/K^+-ATPase pump, increasing intracellular sodium and water accumulation. At the same time, Ca^{2+} homeostasis is disrupted, resulting in intracellular calcium loading.

During this early phase, cells switch to anaerobic metabolism, and cellular acidosis develops due to lactate accumulation. These metabolic changes make the cell more susceptible to reperfusion injury (Kalogeris et al., 2012).

2. Reperfusion Phase: ROS Burst and Oxidative Damage

With the restoration of blood flow, there is a sudden increase in oxygen levels in the tissue. This triggers excessive production of reactive oxygen species (ROS) by causing electron leakage in the mitochondrial electron transport chain.

Primary sources of ROS production:

Mitochondrial complexes I and III

Activation of NADPH oxidase

Xanthine oxidase system

During this process, powerful oxidants such as superoxide (O_2^-), hydrogen peroxide (H_2O_2), and hydroxyl radicals (•OH) are formed. An increase in ROS leads to lipid peroxidation, protein oxidation, and DNA damage (Granger & Kvietys, 2015).

3. Activation of the Inflammatory Response

Reperfusion triggers not only oxidative stress but also a strong inflammatory response. Endothelial cells become activated following reperfusion, and the expression of the following molecules increases:

- ICAM-1 (Intercellular Adhesion Molecule-1)
- VCAM-1
- Selectins

These molecules enhance the adhesion of neutrophils to the endothelium and facilitate their migration into the tissue.

- Activated neutrophils:
- Release myeloperoxidase
- Produce proteases
- Generate additional ROS

Thus, inflammation and oxidative stress create a self-perpetuating “vicious cycle” (Eltzschig & Eckle, 2011).

4. Cytokine Response and Cellular Damage

Pro-inflammatory cytokines play a significant role in I/R injury:

- TNF-α
- IL-1β
- IL-6

These cytokines:

- Increase endothelial permeability
- Accelerate neutrophil infiltration
- Trigger apoptosis

In contrast, anti-inflammatory cytokines such as IL-10 attempt to suppress this response, but are often insufficient (Frangogiannis, 2015).

5. Oxidative Stress–Inflammation Interaction

The most critical aspect of ischemia-reperfusion injury is the mutual amplification of oxidative stress and inflammation:

- ROS → NF-κB activation
- NF-κB → TNF-α, IL-6 production
- Cytokines → increased ROS production

This cycle leads to progressive damage in the ovarian tissue (Halliwell & Gutteridge, 2015).

6. Tissue Damage Specific to Ovarian Torsion

In ovarian torsion, these mechanisms lead to the following outcomes:

- Loss of follicular cells
- Stromal edema
- Vascular congestion
- Hemorrhage
- Necrosis and apoptosis

The ischemia-reperfusion process that develops in ovarian torsion is characterized by follicular cell loss, stromal edema, vascular congestion, hemorrhage, and progressive necrosis/apoptosis. Prolonged torsion increases the risk of irreversible ischemic damage to ovarian tissue, which may result in a decrease in ovarian reserve and subsequent loss of fertility (Huchon & Fauconnier, 2010; Houry & Abbott, 2001).

CONCLUSION AND DISCUSSION

Ovarian torsion is not merely a mechanical twisting of the adnexa; it is a serious gynecological emergency triggered by ischemia-reperfusion-based cellular and molecular mechanisms, which can progress rapidly and lead to irreversible tissue loss. Current literature clearly demonstrates that the primary damage in this pathology is not limited to ischemia alone; rather, the main destructive effect is associated with reactive oxygen species (ROS), the inflammatory response, and microvascular dysfunction that emerge during the reperfusion phase (Kalogeris et al., 2012; Granger & Kvietys, 2015).

During the ischemic process, the decrease in ATP production leads to ion pump dysfunction, the development of cellular edema, and metabolic acidosis, rendering cells structurally fragile. However, the oxidative stress that arises with the onset of reperfusion exponentially increases cellular damage through mitochondrial dysfunction and lipid peroxidation. In this process, the increase in oxidative stress markers such as malondialdehyde (MDA) and the inadequacy of antioxidant defense systems form the biochemical basis of tissue damage (Halliwell & Gutteridge, 2015).

However, it is known that damage in ovarian torsion is not limited to oxidative mechanisms alone; the inflammatory response also plays a critical role. Post-reperfusion endothelial activation, neutrophil migration, and the release of proinflammatory cytokines (TNF-α, IL-1β, IL-6) are significant factors that exacerbate tissue damage. The reciprocal interaction between oxidative stress and inflammation creates a progressive cycle of cellular destruction, thereby deepening the damage to ovarian tissue (Eltzschig & Eckle, 2011).

From a clinical perspective, prolonged torsion duration increases the risk of irreversible ischemic necrosis in ovarian tissue, which can result in loss of fertility. Therefore, early diagnosis and prompt surgical intervention are critical for preserving ovarian function (Houry & Abbott, 2001).

In conclusion, the pathophysiology of testicular torsion should be viewed as a complex, mutually reinforcing interaction involving ischemia, reperfusion, oxidative stress, and inflammation. A better understanding of these mechanisms may pave the way for the development of antioxidant- and anti-inflammatory-targeted treatment strategies in the future. In particular, agents that suppress ROS formation and modulate the inflammatory response have shown promising results in experimental studies, and translational research aimed at clinical application needs to be increased.

Ovarian torsion is a significant clinical condition that threatens fertility, and ischemia-reperfusion injury forms the basis of this process. Oxidative stress and inflammation emerge as the primary determinants of tissue damage.

The combined targeting of antioxidant and anti-inflammatory agents offers an effective approach for protecting ovarian tissue. Future clinical studies may support the integration of these agents into routine treatment.

REFERENCES

Baron, S. L., & Mathai, J. K. (2023). Ovarian torsion. StatPearls Publishing.

Huang, C., Hong, M. K., & Ding, D. C. (2017). A review of ovary torsion. Tzu Chi Medical Journal, 29(3), 143–147.

Kalogeris, T., Baines, C. P., Krenz, M., & Korthuis, R. J. (2012). Cell biology of ischemia/reperfusion injury. International Review of Cell and Molecular Biology, 298, 229–317.

Granger, D. N., & Kvietys, P. R. (2015). Reperfusion injury and reactive oxygen species: The evolution of a concept. Redox Biology, 6, 524–551.

Betteridge, D. J. (2000). What is oxidative stress? Metabolism, 49(2 Suppl 1), 3–8.

Halliwell, B., & Gutteridge, J. M. C. (2015). Free Radicals in Biology and Medicine (5th ed.). Oxford University Press.

Siti, H. N., Kamisah, Y., & Kamsiah, J. (2015). The role of oxidative stress, antioxidants and vascular inflammation in cardiovascular disease. Vascular Pharmacology, 71, 40–56.

Kalogeris, T., Baines, C. P., Krenz, M., & Korthuis, R. J. (2012). Cell biology of ischemia/reperfusion injury. International Review of Cell and Molecular Biology, 298, 229–317.

Chouchani, E. T., Pell, V. R., James, A. M., et al. (2014). Ischaemic accumulation of succinate controls reperfusion injury through mitochondrial ROS. Nature, 515(7527), 431–435.

Murphy, E., & Steenbergen, C. (2008). Mechanisms underlying acute protection from cardiac ischemia–reperfusion injury. Physiological Reviews, 88(2), 581–609.

Eltzschig, H. K., & Eckle, T. (2011). Ischemia and reperfusion—from mechanism to translation. Nature Medicine, 17(11), 1391–1401.

Granger, D. N., & Kvietys, P. R. (2015). Reperfusion injury and reactive oxygen species. Redox Biology, 6, 524–551.

Murphy, E., & Steenbergen, C. (2008). Mechanisms of ischemia-reperfusion injury. Physiological Reviews, 88(2), 581–609.

Huchon, C., & Fauconnier, A. (2010). Adnexal torsion: a literature review. The Lancet, 376(9745), 1034–1044.

Houry, D., & Abbott, J. T. (2001). Ovarian torsion: a fifteen-year review. Annals of Emergency Medicine, 38(2), 156–159.

USING GAMIFICATION TO IMPROVE GUINEAN PRIMARY PUPILS' ORAL COMMUNICATION

SALAMI Amadou
University of Kindia, Republic of Guinea

MANSARE Aly Nènè
University of Kindia, Republic of Guinea

Mr. BARRY Thierno Souleymane
University of Kindia, Republic of Guinea

SAGNO David Antoine
University of Kindia, Republic of Guinea

ABSTRACT

The development of oral communication skills remains a major challenge among primary school pupils in Guinea, particularly in English as a Foreign Language (EFL) contexts where opportunities for authentic speaking practice are limited. This study explores the effectiveness of gamification as a pedagogical approach to enhance pupils' oral communication skills. Grounded in communicative language teaching and motivational learning theories, the research investigates how game-based elements such as points, rewards, competition, and interactive tasks can foster engagement and reduce learners' anxiety in speaking activities. A mixed-methods approach was adopted, involving classroom observations, oral performance assessments, and questionnaires administered to primary school pupils and teachers. The findings reveal that gamification significantly increases learners' participation, motivation, and confidence in oral expression. Pupils exposed to gamified activities demonstrated improved pronunciation, fluency, and willingness to communicate compared to those taught through traditional methods. The study concludes that integrating gamification into primary EFL classrooms in Guinea can serve as an effective strategy to create a dynamic and supportive learning environment. It recommends the incorporation of structured game-based techniques in curriculum design and teacher training programs to enhance oral proficiency at the foundational level.

Keywords: Gamification, oral communication, primary education, motivation, language learning

INTRODUCTION

Speaking is the most natural way to communicate. Without speaking, people remain in almost total isolation from any kind of society. For most people, the ability to speak a language is the same as knowing a language since the speech is the most basic means of human communication.

But, it is more complicated when two people who speak different languages want to interact with each other. Thus, they will necessary use a language that both of them can understand. Then, there is a need to have a language that can be used by everybody around the world. English has become the most spoken language around the world. Everybody is urged to learn it. Abbaspour Faezah (2016) supports this statement when he states that ‘’English’’ is the most popular language compared to other languages and it is one of the common languages that many people can understand ". This led to the introduction of English language in the educational system in foreign language country. In the Republic of Guinea, English study is accepted as foreign language in the educational system because of its immeasurable importance. It is also learned everywhere for literally purposes and many of foreign learned want to learn this language appropriately.

The main goal of teaching/learning a foreign language does not require the acquisition of academic knowledge, but to teach learners to communicate and act appropriately in different communication situations. To master a language as an instrument of communication is to acquire the communicative competence of this language. To achieve this goal, the teacher is called upon to install in the learner skills, either oral or written, so that the latter becomes able to communicate easily in any situation of daily life. Among the essential skills in the EFL classroom is oral proficiency, it represents the basis of language acquisition which allows the learner to access other language and communication skills. But it remains the black beast for learners. We notice that a good number of learners encounter enormous difficulty in speaking, they are unable to express themselves orally or even to participate in the various exchanges in class (limited linguistic background, linguistic insecurity, psychological barriers : fear, shyness, etc.), and this negatively influences the course of the language class session.

To remedy this, the teacher must create a favorable climate through methods and new strategies that could help the learner overcome this blockage. Among these strategies, Games represent a suitable solution to meet the needs of learners and to achieve the objectives of the teacher in the classroom. The integration of these games in the EFL classroom is considered as an ideal teaching support which will make the teaching/learning of a foreign language attractive and motivating, and will make the acquisition of skills easy.

With the appearance of the communicative approach, the status of the oral has evolved, it takes a primordial place in the educational context, and it has become the object of study with the aim of communicating in one way or another. Also it is an approach that is interested in the needs of the learners on the one hand, and it is not in the rigor of the other previous methodologies, so there is a certain flexibility concerning the practice of teaching on the other.

The fun aspect of the games will create in the learner the desire to learn, and allow the teacher to install language skills in his learners through play, which is a fun and educational means at the service of learning. So there is an essential link between play and learning as Azizah Ismi. (2016). says: “*the child learns through play from birth. It is then the most natural way to learn.”*

I- IDENTIFICATION OF THE STUDY

1.1 Problem Statement

In order to promote success in the EFL class, and facilitate the teaching and learning a foreign language, the teacher is asked to change his teaching practices to achieve his objectives. Game is one of the important strategies, it is an essential activity for child, the latter will explore his universe without having any constraints. It also allows, in a pedagogical way, to transform a serious activity into the form of a game. The games have potential in teaching foreign and second languages such as to enhance oral competences which are the ability to express ideas

and reflections clearly, to make contact with people quickly, to provide opportune feedback and finally to be tolerant to people's different point of view. This competence turns visible when the sender is able to look for, find and transfer different information decoding the message and providing correct feedback. However, these advantages can only be considered within the framework of studies taking into account the learners who use these teaching tools. It also invokes the exposure of the English as a foreign language, the learning of new vocabularies in formal or informal situations, the opportunity to develop oral comprehension, the interest of games, the commitment and the pleasure aroused in learners.

1.2 Purpose of the Study

The general objective of this study is to investigate the effects of game on pupils' oral communication. This study has the following specific objectives:

-to examine if involving in games activities significantly improves pupils' oral communication

-to explore if the use of game can motivate EFL pupils to speak English fluently without fear of making mistake.

1.3 Research Questions

In order to reach my goals, some questions have been raised:

1- What kind of games can be used in Guinean primary schools?

2- How can the use of games impact learners' oral communication in Guinean primary schools?

3- How can these games be implemented by EFL teachers to improve learners' speaking skills in Guinean primary schools?

1.4 Significance of the Study

This study is significant to identify if fun activities or games can significantly improve oral expression of learners in EFL classes; if playful activities could be a factor of motivation and pleasure in learning English as a foreign language and if it would create a favorable climate and an interactive relationship between the partners of class. And it is also useful to show if games could develop creative spirit and enrich vocabulary in learners, and finally, it would be useful as arising point to facilitate the task of the teacher and motivate learners to communicate in English through these playful activities and to integrate fun practices into classes.

1.5 Scope of the Study

In the view of showing the importance of games in teaching and learning English as foreign language process, this study is limited to teachers and learners of Guinean primary schools. The private bilingual primary school named "G.S KEGNIN SYLLA" in Kindia region is the field chosen for the investigation and to collect information from pupils and teachers. To extend this study, personal experience was not sufficient; It has go to search for other authors who have talked about the same topic.

II- RESEARCH METHODOLOGY

2.1 Target Population and Sampling

A sample of four (04) teachers and fifty-seven (57) learners were chosen to fulfill my objective. Among private primary schools in Porto-Novo area, the choice has been made on private bilingual primary school named "G.S KEGNIN SYLLA" in Kindia region.

2.2 Research Instruments

The main instruments which were used for the achievement of this report are: questionnaire to EFL pupils, questionnaire to EFL teachers, direct classroom observation and interview.

2.2.1 Questionnaire (Teachers' Questionnaires)

Teachers are the most concerned with teaching English as foreign language, regarding their methods and strategies used while teaching it. It is for their benefit that this study is carried out. Thus, they were provided with six (06) questions described as followed:

Questions one and two are designed to know long they have been teaching and their grade. The question three help to know how teachers' belief on pupils' ability to speak English. Question four designed to know how often teachers tell their pupils to practice the language learning. Question five checks to know the motivational strategies teachers used to make their pupils to practice the language learning through game activities. Through question six, the purpose is willing to know if the EFL teachers agree that the fun activities in EFL pupils' schools can lead to better improvement of pupils' oral communication.

2.2.2 Classroom Observation

After using questionnaires so as to get information about the way English teachers teach in their different classes to help learners be interested in speaking, it was drawn the conclusion that it is very useful for conducting a research work of this genre. But, since wisdom has nothing to do with age, it was judged interesting to make also use of classroom observation. Within this framework two teachers of English at "G.S KEGNIN SYLLA" bilingual school were observed. That classroom observation helps to observe carefully and with great interest the effectiveness of game activities in the development of pupils' oral communication.

2.2.3 Interview

Apart from the questionnaires and classroom observation, some EFL teachers were also interviewed in order to obtain information about the implementation of game activities in EFL classes to improve pupils' oral communication. Appropriate questions related to the topic were sent to teachers to be prepared in advance before the interview day. Just two teachers have accepted to cooperate for the interview.

III- PRESENTATION AND DISCUSSION OF THE FINDINDS

3.1 Presentation of Results

3.1.1 Teachers' Responses

The questionnaire to EFL teachers is to have an idea about the strategies they use to improve their pupils' oral communication as so as to motivate them to participate during speaking activities. The statistical table and figure below is the recapitulation of the collected data as far as teachers' answer is concerned.

3.1.1.1 Presentation and Analysis of Teachers' Questionnaire

3.1.1.1.1 Teachers' Length of Teaching Domain

Table 1: Length of Service

Length of service	Lengh	Frequency	Percentage (%)
Teachers' lengh of teaching domain	Less than five years	00	0
	Five years	03	75
	More than five year	01	25
	Total	04	100

From the results of table 1, no teacher is teaching less than five years; seventy-five percent (75%) have been teaching since five years while twenty-five percent (25%) of them have been teaching for more than five years. Teachers at "G.S KEGNIN SYLLA" bilingual school have more experience in teaching field.

3.1.1.1.2 Teachers' Perception on Pupils' Abilities to speak English

Table 2: Teachers ' Perception on Students' Abilities to speak English

Teachers ' Perception on Students' Abilities to speak English	Frequency	Percentage (%)
Good abilities	01	25
Bad abilities	03	75
Total	04	100

From the results of table 2, only one (01) teacher that is about twenty-five percent (25%) accepted that their pupils have a good ability in speaking English whereas three (03) of them that is about seventy-five percent clearly shows that the objective expected from the students has not yet achieved.

3.1.1.1.3 Teachers' responses about the use of game in the teaching/learning process

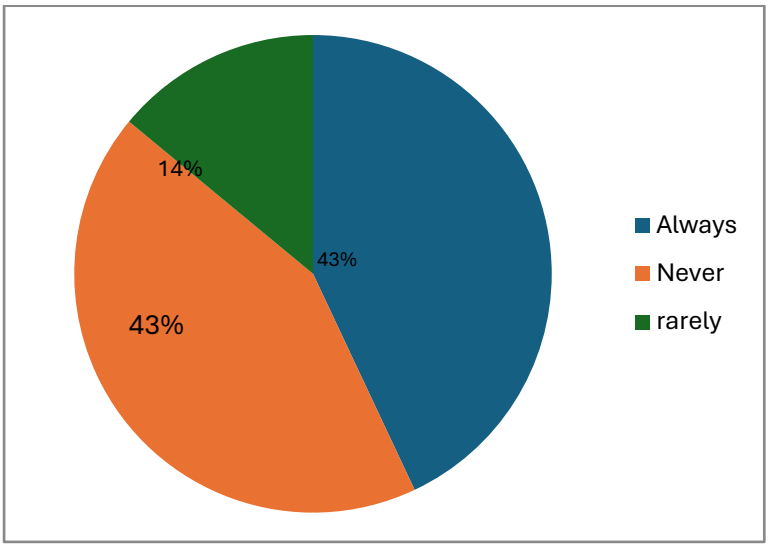


Figure 1: Teachers' responses about the use of game in the teaching/learning process

According to figure 1, forty-three percent (43%) of the teachers said that they always use fun activities whereas forty-three percent (43%) of them said that they rarely practice English speaking through games and fourteen percent (14%) of them said that they never use it.

3.1.1.1.4 Teachers' responses about the motivational strategies they use to make their pupils participate in English speaking

Table 3: Motivational strategies that used to make pupils participate in English speaking

Strategies	Frequency	Percentage (%)
By teaching them songs	02	50
Spelling bee	01	25
By using game	01	25
Total	04	100

Table 3 reveals that out the four (04) teachers questioned, fifty percent (50%) of them teach to their pupils songs in order to make them participate in English speaking, twenty-five percent (25%) of them use spelling bee as strategy to make their pupils speak English and twenty-five (25%) other use game.

3.1.1.1.5 Teachers' responses about if they agreed that the use of game in EFL classes can lead to better performance of speaking ability.

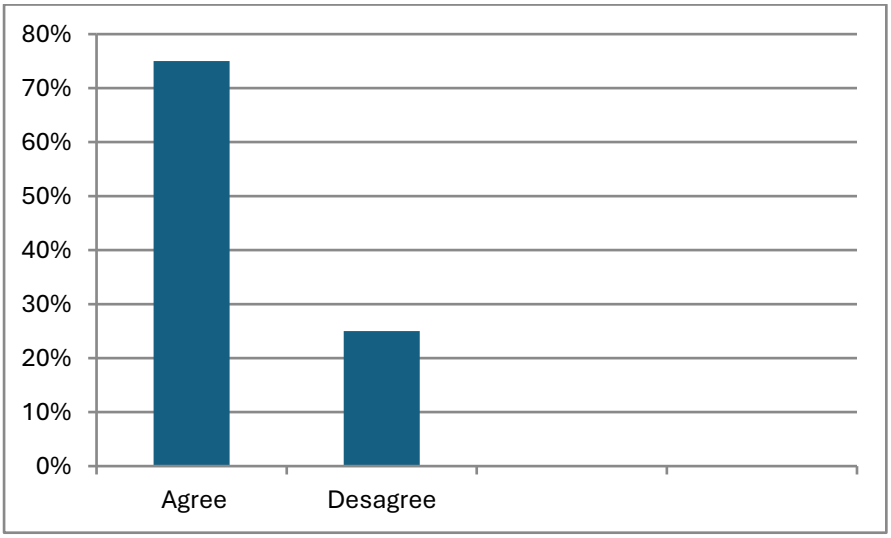


Figure 2: Teachers' agreement on the use of game in EFL classes to better perform pupils speaking ability.

The findings of figure 2 advocate that seventy-five percent (75%) of the teachers agreed that the use of game in EFL classes can lead to better improvement of learners speaking skills, none of them strongly disagreed it and twenty-five percent (25%) of them disagreed. So, teachers in general think that the use of games in EFL classes can lead to better improvement of learners speaking skills.

Here are the results of the questionnaires addressed to the selected learners in "G.S KEGNIN SYLLA" bilingual school.

3.1.2 Pupils' Responses

3.1.2.1 Pupils' responses about if they appreciate English language

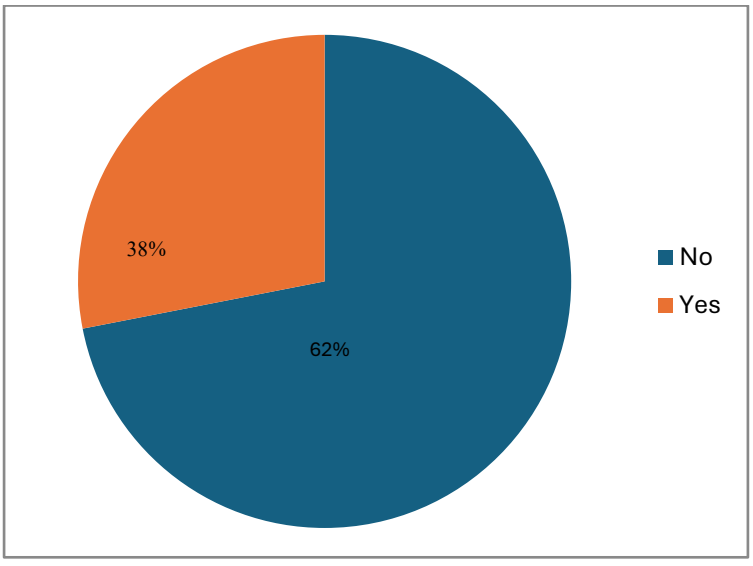


Figure 3: Pupils' appreciation of English language

The results of figure 3 shows that most of respondents, that is about sixty-two percent (62%) do not appreciate English language whereas only thirty-eight percent (38%) of them do.

3.1.2.2 Pupils' Responses about the difficulties they encounter when they want to speak

Table 4: Pupils' difficulties when they want to speak English

The difficulties Students Encounter when they want to speak English	Frequency	Percentage (%)
Lack of vocabulary	38	78
Incapacity to pronounce English words	11	22
Total	49	100

Table 4 reveals that seventy-eight percent (78%) of the pupils confessed that if they have difficulties to speak in English, it is because they lacked in vocabulary and twenty-two percent (22%) of them declared they are incapable to pronounce English words.

3.1.2.3 Pupils' responses about the reason why they want to perform their speaking ability through game

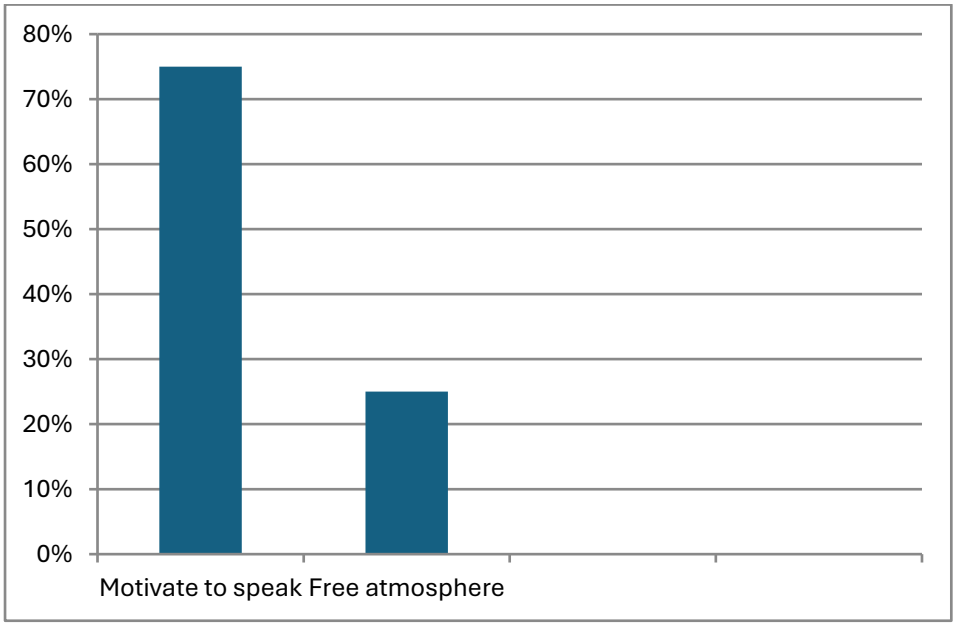
Table 5: Pupils' reason they want to perform their speaking ability through game

Reason why Students want to perform their speaking ability through game	Frequency	Percentage (%)
Communication purposes	23	47
To enrich their vocabulary	12	25
To have good mark in class	04	8
To better pronounce the English words	10	20
Total	49	100

Table 5 shows that most of the respondents that is about forty-seven percent (47%) declared that if they want to perform their speaking ability through fun activities it is for communication purposes. Whereas twenty-five percent (25%) of them said that if they want to perform their speaking ability through game it is to enrich their vocabulary, eight (8%) percent said that it is to have a good mark in class and twenty percent (20%) of them declared that if they want to perform their speaking ability through game it is just to have better pronunciation of the words.

3.1.2.4 Pupils' responses about their feeling at game sessions

Figure 4: Pupils' feeling at game sessions



From figure 4, seventy-five percent (72%) of pupils have declared that they are more motivated to speak English at game session whereas twenty-five percent (28%) of them declared that they feel in free and safe atmosphere at game sessions.

3.1.3 Interview Report

The purpose of the interview was to know if it is necessary to introduce game in EFL classes before they improve their speaking ability. Though those interviews, it was got as information that game is very important for all pupils in the process of their success. Games help learners to get lot of words in order to enrich their knowledge in vocabulary and in real life situations. So, students must refer to the practice of the language that they learn through games in order to succeed because more they practice the language more they will perform it.

3.1.4 Classroom Observation Report

English speaking skill is the major problem for EFL learners, especially for pupils of "G.S KEGNIN SYLLA" bilingual school. Through the questionnaires to collect data, they are not sufficient to reach one's goal. That is the reason why for this topic, direct classroom has been provided to perfect this investigation.

3.2 Discussion of the Findings

3.2.1 Kind of games that can be used in Guinean primary schools

In primary schools, Charade, forbidden game and guessing game are games that can be used to improve learners' oral expression. Through the experience it was found that learners especially like Charade and forbidden games. It motivates them more to communicate in English and to enrich their vocabulary.

3.2.2 Impacts of Games on EFL Learners' Performance

Through the indirect classroom observation (game session) and questionnaire addressed to EFL learners, It was noticed that game has positive impact not only on teaching and learning process but also on pupils' communication performance. In fact, from the figure 4, the majority of students (72%) involved in this work confessed that they are more motivated to speak English;

they are also always active in the class. They are always happy and more impressed by the teachers in all what they have been teaching. However, in direct classroom, those that not used to participate fun activities thought that what their entire teacher is teaching them is always strange.

Furthermore, from the table 4, it is noticed that the learners that used to participate fun activities do not only participate for oral communication activities but they also developed others language skills such as listening, writing and reading . This confirms the teachers' opinion on the use of English fun activities in EFL students' classes. Mistar Junaidi and Umamah Atik. (2014) stated that fun class is real place where the learning of English is more practical.

3.2.3 Techniques EFL Teachers can use to integrate Games in their Classes

Teacher should have many strategies in order to motivate his or her pupils to be active in the teaching and learning process. In this research work, it is noticed that some teachers used to make their pupils practise the language through fun activities by using Charade, Guess head game and Forbidden words game. These enable pupils always challenge themselves by practicing the language. But number of the teachers failed to use motivational strategies in order to make their students practise the language through fun activities, the pupils of those teachers are confronted with the problem of speaking because their teachers are not professional qualified.

Teachers should always encourage students to participate in game activities, by showing them the importance of game. Direct classrooms are not always sufficient for improving the students language skills required to become a complete English students. There are a lot of speaking, listening and reading activities that are carried out in game session. Explaining all this to pupils, they will surely impress to speak English. Some suggestions have been made in the next chapter for both educational authorities, EFL teachers and learners.

The discussion be summarized around two essential points: the didactic contributions of games to the learning of oral comprehension, and autonomy and its relationship with teachers' mediation.

In addition to what has been developed, didactic inputs can be adopted. They are classified at several levels in learning of language:

- Learning oral comprehension

In addition to the acquisition of new vocabulary, training in pronunciation, the games allowed the students to expose themselves to a communication situation where they identify the linguistic behaviors preparatory to speaking and they learn a speech in situation. (Setyarini Sri and Bukhori M, Ahmad (2018).). However, the practice of games promotes the development of other strategies facilitating the oral comprehension of documents such as, for example, the search for meaning of the word through the use of dictionaries, the acquisition of speech formulas through repetition to better understand the meaning and functions of language because comprehension "is not a simple activity of receiving a message that needs to be decoded, but the recognition of the meaning of a discourse and the identification of communicative functions" (Ibid, p. 27). Games have a double benefit. First, they are adaptable, that is, they may relate to overall as well as detailed oral comprehension. Secondly, they are measurable since there is no ambiguity in the answer.

- The playful attitude

The appearance of a playful attitude defined as the intimate conviction of the player by relationship to the meaning of his actions (Novita Aswary, Devi 2014) was visible in pupils who were conscious of playing. The fun activity was practiced for the pleasure it provides, that is to say that they designed the games by attaching their meaning to their acts of learning oral comprehension. Also, some pupils were gamblers; they were responsible for access to the senses by mobilizing their general and language skills

Although the use of this type of games required a lot of effort from some learners, according to their levels, to play them, their practice has preserved the playful springs specific to these games. This conclusion leads us to say that the appearance or not of a playful attitude depends largely on the player and his intention to play and the place he reserves for playful activity in learning. Its playful attitude can be supported by a mediation of the teacher organizing and contextualizing his play activity. Teacher autonomy and mediation.

The use of games led to conclusions regarding autonomy. Firstly, the needs to take into account the relationship between the learner, the teacher and the learning of foreign languages in a given context because this relationship influences autonomy. The learner, finding himself in a context transmitting knowledge and which does not place him at the center of learning, is strongly guided by the teacher. He has less the ability to have an autonomous attitude in the realization of games. Secondly, it is essentially the motivation of the learner and his responsibility in learning that contributes to empowerment in the practice of games. These two elements confirm that autonomy in the practice of games is not perceived in the same way by all learners. The majority of the pupils said they made an effort to be able to make the games, but others showed an attitude dependent, less autonomous when they said they weren't able to make the games on their own.

In our opinion, to achieve the goal of being independent in language learning and to have more hours of contact with the language, the second answer seems to us more within reason. An answer by affirmation to the first question risks leading learners to work in a much guided environment, contradicting the principles of autonomous learning. We believe that the difficulties encountered in language learning are related to the dependent attitude of learners towards the teacher. They can be reduced by getting learners used to working independently.

In addition, the mediation that the teacher can do on the mediatized activities of the games (instructions, explanation of the instructions, etc.) risks transforming the playful activity into an activity unattractive and playful forms if other details are added. At the end of this study, we can say that the didactic contributions of the use of autonomous games for learning oral communication are recognized at the levels linguistic and playful. But, an adequate integration of these tools requires thinking about the specificities of the contexts of use and the profiles of the learners and their needs. Indeed, the choice of this device had an impact on the variety of processes mobilized, the diversity of activities, practices, knowledge and skills implemented by the learner-players to develop this learning. These choices showed the importance of confront authentic and more contextualized communication situations. But, if the game can modify the vision of the subject taught as underlined by Yuliandasari, Aida and Kusriandi, Wendi. (2015), the challenge of their integration in a language class is major. The teacher must know how to open a pedagogical mediation within playful environments developing learner autonomy. The boundaries of mediation must also be established in such a way as to maintain a playful attitude among learners without erasing it by play. These conclusions should lead to reflection on the training of language teachers in the pedagogy of games.

IV- SUGGESTIONS

The purpose of this part is to draw, the attention of authorities, teachers and learners on some approaches that can help the teaching/ learning of English as foreign language in Guinean primary schools. Some suggestions would be addressed to authorities and education body about this research topic.

4.1 Suggestions to Educational Authorities

- Schools administrators and managers should always encourage the implementation of game in teaching/learning process.
- They must organize some training course to the teachers in order to bring their attention back on the importance of game in English classes on the pupils' success.
- They must help the teachers to have all the materials that they need to work with game.

4.2 Suggestions to EFL Teachers

Teachers must try to inform their pupils about the importance of English language, motivate their pupils to participate effectively in the learning, always practice with their students some fun activities that must oblige them to join English speaking time. They must also themselves like game sessions and create some strategies that must push their pupils follow them to participate in the speaking. Teachers must inform and encourage their pupils about the benefit of game in the teaching process.

There are four elements which should be taken into consideration when playing games in English class.

Time: The amount of teaching time devoted to games depends on the individual teaching content, but it will probably be a relatively small proportion of the total teaching time. They can be used to open or close a lesson in a stimulation way, to punctuate a lesson, to relieve tension after a test or concentrated practice session, or at any time that the teacher feels appropriate. It is important that they are used positively, to give pupils enjoyment and useful practice.

Choice: In each category of game mentioned above, there are different kinds of games. So the teacher must take many factors into account when deciding which game would be most appropriate and most successful with his or her pupils at any time. He or she should consider the level of the students, the main aim of having a game, the interest of the pupils, the appropriate time to use a game and the availability of aids and materials.

Preparation: Games may be good fun but they need to be carefully prepared and organized. Firstly, the teacher should find a good game in a book or invent one. Then he or she must be sure that the necessary facilities are available. An overhead projector can be very useful if one is available. If not, a type writer and cards and the objects needed should be prepared in advance. Also, the teacher should ensure clear handwriting on paper or cards so that the pupils will take the teacher's intentions seriously. Finally, the teacher must work out how the game is to proceed, what the pupils will need to do and how they will be instructed in what to do. It is important to try to anticipate any linguistic problems that may occur in order to be able to deal with them effectively.

Management: The teacher must decide in advance how to organize the pupils and the classroom so that the setting up of a game can be carried out as quickly and smoothly as possible. It is advisable to encourage pair and group work where possible, as this will increase pupils' participation and the amount of language practice offered to each pupils will be much greater. While the pupils are working, it is useful for the teacher to keep a close eye on pairs or groups to help, correct or stimulate less active pupils. The teacher should stop a game and

change to something else before the pupils become tired of it. In this way, their willingness and concentration are retained.

CONCLUSION

Teaching English as a foreign language is not an easy job unlike teaching itself. To achieve this goal, teachers must create most of the time a good atmosphere that will help learners to be involved in teaching in order to develop their speaking ability. For this to be affective, teachers should find various ways to make students communicate in the foreign language through classroom activities and even outside of the class. One of these ways is to create English fun activities in EFL primary classes to improve learners speaking skill. This is the topic of this investigation. In order to achieve the goal, this research work went through different steps which are described as follow:

The first part of this research work dealt with the introduction section. This part provides information about the background knowledge of Gamification and stated clearly the purpose of the study. A general idea of how the research paper will be conducted was given. Secondly, it was chosen a sample from the population of teachers and pupils as the main human resources involved in the pedagogical system. In fact, to obtain reliable data, it was distributed questionnaires to four teachers and to fifty-seven pupils from “G.S KEGNIN SYLLA” bilingual school. Classroom observations and interviews have also been carried out. This methodology helped to collect data about the topic.

After collecting information, It was discovered some difficulties that teachers and learners encounter in teaching and learning process. It has been mentioned some remark on learners' oral communication and their capacity to overcome the fear. It shows that learners did not love English language because they see it as the stressful one and perhaps difficult to understand and practice. As far as teachers are concerned, they lack to the strategy they can use to make pupils practice the language. They do not develop fun activities in their classes in order to make pupils practice the language. Regarding those problem, It was made some suggestions towards all head involved in educational system which well implementation will stand some intention to hold a crucial eye one the creation of fun activities guide in EFL pupils schools because considering the results obtained, It was observed the effect of playful activity on pupils in learning situations. It represents excellent factor of motivation, it can make the learner more active and makes it possible to place him at the center of his learning. So this teaching aid makes learning easier and efficient.

In addition, it was noticed that game helps the learner to express himself freely in front of his comrades and to confront the obstacles that prevented them from speaking, which has created an exchange and interaction between learners. Also, the activity fun is an effective strategy for the enrichment of vocabulary; it allows the learner to develop his linguistic baggage and his creative spirit throughout learning.

For further research it was suggested to follow researchers to find information that are still hidden which can allow the designed population to be informed and actually see the importance of game in EFL primary schools. The study is not yet enough but represents a contribution to school education in Guinean primary schools; it can serve teachers in fostering, promoting the importance of creating games in EFL pupils school in order to improve learners’ performance especially in oral communication.

REFERENCES

1. Abbaspour, Faezah. (2016). Speaking Competence and its Components: *A Review of Literature. Amol Iran: International Journal of Research in Linguistic, Language Teaching and Testing*. 1(4), 148-175.
2. Agung Wijaya, Surya. (2016). The Use of Teaching British Parliamentary Debate through Android Application, Video, and Powerpoint Presentation to improve the Students' Speaking Skills. *Salatiga: Register Journal.* 9(2), 128-146.
3. Azizah, Ismi. (2016). *An Analysis of Student Difficulties in Speaking English:* A Case Study at Eleventh Grade Students of MA Al-Muslimun NW in Tegal Academic Year 2015-2016. Mataram: University of Mataram.
4. Baihaqi, Ahmad. (2016). *The Influence of Speaking Club in Improving Students Speaking Ability*. Banda Aceh: Ar-Raniry State Islamic University.
5. Fitri Anggreni, Selvia. (2016). *The Effect of English Club on Students' Speaking Ability at Smpn 2 Lembah Gumanti*. Sumatra Barat: English Departement, Stkip Sumbar.
6. Halliday, Hasan et al. (1984). *Spoken and written Mode of Meaning*. New York: Academic Press
7. Novita Aswary, Devi (2014). *A Study of Students Problem in Learning Speaking English at the Second Grade of SMP Negeri 1 Talaga.* Cirebon: Nurjati State Institute for Islamic Studies.
8. Mistar, Junaidi and Umamah Atik. (2014). Strategies of Learning Speaking Skill by Indonesia Learners of English and Their Contribution to Speaking Proficiency. *Malang: TEFLIN Journal*. 25(2), 41-62.
9. Setyarini, Sri and Bukhori M, Ahmad (2018). Thinking Critically While Storytelling: Improving Childrens' HOTS and English Oral Competence. Bandung: *Indonesian Journal of Applied Linguistics*. 8(1), 71-97.
10. Tsou, Wenli Spring (2005). Improving Speaking Skills through Instructions in Oral Classroom Participation. Taiwan: National University of Tainan. *Foreign Language Annals*. 3(8), 1-17.
11. Wahyuni, Basri, Hasan and Mashuri. (2014). The Influence of English Day Towards Students' Speaking Skill at The Eighth Graders. *Palu:E-Journal of English Language Teaching Society (ELTS).* 2(4), 34-67.
12. Yuliandasari, Aida and Kusriandi, Wendi. (2015). *Students' Perception on Game in Speaking Practices at Madrasah*. Unswagati Cirebon: Departement of English Education. ELT Perspective.
13. Zuhriyah, Mukminatus, Dkk. (2018). The Influence of Students' Creativity to Construct Sentences toward their Speaking Skill. Salatiga: *Register Journal.* 11(1), 72-101.

APPENDICES

A- Teachers' Questionnaire

Dear teachers, you are addressed this questionnaire based on my research work entitle "Using Gamification to improve Guinean primary learners' oral communication" The current questionnaire is elaborated in order to collect some trustworthy information from you about the topic. Your collaboration would be very useful for me in gathering illustrative data for my investigation.

1- How long have you been teaching English?

a) Less than five years ☐ b) Five years ☐

c) More than five years ☐

2-What is your grade?

a) Baccalaureate ☐ b) Bachelor ☐ c) other

3- What are your perceptions on your pupil's ability to speak English?

a) Good ability ☐ b) Bad ability ☐

3- How often did you tell to your students to go to practice English language through game?

a) Never ☐ b) Rarely ☐ Always ☐

4-What are the strategies did you use to make you students go to practice English language through game?

a) By teaching them songs ☐

b) By Using Drama techniques ☐

c) Spelling Bee ☐

d) None of them ☐

5- Do you agree that game can lead to better improvement of learners speaking skill?

a) Strongly agree ☐ b) Strongly disagree ☐

c) Agree ☐ d) Disagree ☐

Thanks for your collaboration dear teachers

B- Classroom Observation Checklist

School's Name….....

Form……..…….

Class Size…….……

Kinds of activities performed.....

Kind of pictures used …….……

The duration of the lesson.....

The learners' reactions.....

The atmosphere in the class.....

C- Interviews

What challenges do learners encounter for speaking?

Do you use fun activities for teaching speaking in primary classes?

What are its main advantages?

RULED SURFACES GENERATED BY THE LINEAR COMBINATION OF FRENET VECTORS ALONG THE N-PEDAL CURVE

Asst. Prof. Süleyman ŞENYURT

Faculty of Arts and Sciences, Department of Mathematics, Ordu University, Ordu,Türkiye

Orcid : 0000-0003-1097-5541

Selinay GÜNSEVER

Faculty of Arts and Sciences, Department of Mathematics, Ordu University, Ordu,Türkiye

Orcid : 0009-0000-6258-6965

ABSTRACT

In this study, a new ruled surface is defined via the motion of a vector obtained as a linear combination of the Frenet frame vectors along the pedal curve, which is the locus of the orthogonal projections onto the principal normal vector of a differentiable curve. Subsequently, the first, second and third fundamental forms of the resulting surfaces, together with their Gaussian and mean curvatures, distribution parameters and striction curves, are computed explicitly and the obtained results are expressed in terms of the invariants of the base curve. In contrast to classical approaches that rely on standard base curves, the use of pedal curves derived from the principal normal vector provides a new perspective in surface geometry. Finally, the theoretical results are illustrated graphically.

Keywords: Pedal Curve, Ruled Surface, Gaussian Curvature, Fundamental Forms, Distribution Parameter, Striction Curve

1.INTRODUCTION AND PRELIMINARIES

In the literature of differential geometry, the relationship between the intrinsic properties of curves and the surfaces constructed from them has long been a central topic of research. In particular, ruled surfaces, generated by the motion of a straight line (ruling) along a base curve, play a significant role in both theoretical modeling and practical applications such as modern architectural and engineering design. The geometric characterization of such surfaces is carried out analytically through differential invariants, including the first, second and third fundamental forms, as well as Gaussian and mean curvatures. Numerous studies in the literature have focused on ruled surfaces constructed using the Frenet–Serret frame (T, N, B) of a given curve. However, replacing classical base curves with derived curves, such as pedal, involute–evolute or Smarandache curves, introduces new perspectives in surface geometry. A pedal curve is defined as the locus of the foot of the perpendiculars drawn from a fixed point to the tangents of a given curve (Kaya, 2025; Şenyurt et al, 2024). In this study, the pedal curve, specifically, the principal normal pedal curve is chosen as the base curve, while the ruling is defined as a linear combination of the Frenet frame vectors. The main objective of this work is to investigate the differential geometric properties of the resulting family of ruled surfaces, including the

striction curve, distribution parameter and Gaussian and mean curvatures and to express these quantities analytically in terms of the invariants of the original curve. The obtained results not only encompass previously studied special cases based on single-direction rulings (such as tangent or binormal-based constructions), but also provide a more general and unified geometric framework.

Let α be a differentiable curve. The Frenet frame vectors, curvatures and Frenet–Serret formulas of α are given, respectively, by

$$T=\frac{\alpha'}{\|\alpha'\|}, N=B\wedge T,\ \ B=\frac{\alpha'\wedge\alpha''}{\|\alpha'\wedge\alpha''\|}, \tag{1.1}$$

$$\kappa=\frac{\|\alpha'\wedge\alpha''\|}{\|\alpha'\|^3},\ \ \tau=\frac{\det(\alpha',\alpha'',\alpha''')}{\|\alpha'\wedge\alpha''\|^2} \tag{1.2}$$

$$T'=\eta\kappa N, N'=\eta(-\kappa T+\tau B),\ \ B'=-\eta\tau N,\ \ \eta=\|\alpha'\| \tag{1.3}$$

See (Gray,1997). In E^3 the locus of the orthogonal projections of a point $P\in E^3$, not lying on the curve α, onto the tangent, normal and binormal directions of α are called the $T-pedal$, $N-pedal$ and $B-pedal$ curves, respectively. Their parametric representations are given by

$$\begin{aligned}
&\alpha_T(t)=\alpha(t)+u(t)T(t),\quad u(t)=\langle P-\alpha(t),T(t)\rangle,\\
&\alpha_N(t)=\alpha(t)+q(t)N(t),\quad q(t)=\langle P-\alpha(t),N(t)\rangle,\\
&\alpha_B(t)=\alpha(t)+\varepsilon(t)B(t),\quad \varepsilon(t)=\langle P-\alpha(t),B(t)\rangle
\end{aligned} \tag{1.4}$$

See (Elsharkawy et al, 2025; Elsharkawy et al, 2026). A surface generated by a straight line moving along a base curve is called a ruled surface, and its parametric representation is given by

$$X(t,v)=\alpha(t)+vr(t) \tag{1.5}$$

See (do-Carmo,1976). The first, second and third fundamental forms of a ruled surface are expressed, respectively, as

$$\begin{aligned}
&I=Edt^2+2Fdtdv+Gdv^2,\\
&II=edt^2+2fdtdv+gdv^2,\\
&III=ldt^2+2mdtdv+ndv^2
\end{aligned} \tag{1.6}$$

See (Elsharkawy et al, 2025; Elsharkawy et al, 2026). Here, the coefficients of the fundamental forms, the surface normal N_X, the Gaussian curvature K and the mean curvature H are given as follows (Struik,1961):

$$
\begin{aligned}
&E=\langle X_t, X_t\rangle,\ F=\langle X_t, X_v\rangle,\ \ G=\langle X_v, X_v\rangle,\\
&e=\langle X_{tt}, N_X\rangle,\ f=\langle X_{tv}, N_X\rangle,\ \mathrm{g}=\langle X_{vv}, N_X\rangle,\\
&l=\langle (N_X)_t, (N_X)_t\rangle,\ m=\langle (N_X)_t, (N_X)_v\rangle,\ \mathrm{n}=\langle (N_X)_v, (N_X)_v\rangle,\\
&\mathrm{N}_X=\frac{X_t\wedge X_v}{\|X_t\wedge X_v\|}.
\end{aligned}
\tag{1.7}
$$

$$
K=\frac{eg-f^2}{EG-F^2},\ \ H=\frac{Eg+eG-2fF}{2\left(EG-F^2\right)}.
\tag{1.8}
$$

2. MATERIALS AND METHODS

Ruled Surfaces Generated by the Motion of the Vector $\Gamma=aT+bN+cB$ Along the $N-pedal$

Definition 2.1 Let α_N be the $N-pedal$ curve. The ruled surface generated by the motion of the vector $\Gamma=aT+bN+cB$ along the $N-pedal$ curve is defined by

$$
\psi_N^{\Gamma}(t,v)=\alpha_N+v\Gamma=\alpha+(av)T+(u+bv)N+cvB
\tag{2.1}
$$

Here α_N is the base curve of the surface and Γ is the ruling vector.

Theorem 2.1 The first fundamental form of the ruled surface $\psi_N^{\Gamma}(t,v)$ is given by

$$
I=\left(x_1^2+y_1^2+z_1^2\right)dt^2+2\left(ax_1+by_1+cz_1\right)dtdv+\left(a^2+b^2+c^2\right)dv^2
\tag{2.2}
$$

where $x_1(t,v)=\eta\left(1-(u+bv)\kappa\right),\ \ y_1(t,v)=u'+\eta v\left(a\kappa-c\tau\right),\ \ z_1(t,v)=\eta(u+vb)\tau.$

Proof: Taking the partial derivatives of the surface $\psi_N^{\Gamma}(t,v)$ and using (1.3), we obtain

$$
\left(\psi_N^{\Gamma}\right)_t=x_1T+y_1N+z_1B,\ \ \left(\psi_N^{\Gamma}\right)_v=aT+bN+cB
\tag{2.3}
$$

From the definition of the first fundamental form, the coefficients are given by

$$
\begin{aligned}
&E=x_1^2+y_1^2+z_1^2,\\
&F=ax_1+by_1+cz_1,\\
&G=a^2+b^2+c^2
\end{aligned}
\tag{2.4}
$$

Substituting these expressions into (1.6) the proof is completed.

Theorem 2.2 The second fundamental form of the ruled surface $\psi_N^{\Gamma}(t,v)$ is given by

$$II = \frac{x_2x_3 + y_2y_3 + z_2z_3}{\sqrt{x_3^2 + y_3^2 + z_3^2}}dt^2 + \frac{x_{1v}x_3 + y_{1v}y_3 + z_{1v}z_3}{\sqrt{x_3^2 + y_3^2 + z_3^2}}dtdv \tag{2.5}$$

where

$$x_2 = x_{1t} - \eta y_1\kappa = \eta' + u'' - bv(\eta\kappa)' - \eta^2\left(\kappa^2 u + v\kappa(a\kappa - c\tau)\right),$$

$$y_2 = y_{1t} + \eta\kappa x_1 - \eta\tau z_1 = (\eta u\kappa)' + v\eta(\eta a\kappa - \eta c\tau)' + \eta\kappa(\eta + u') - \eta^2 bv(\kappa^2 + \tau^2)$$

$$z_2 = z_{1t} + \eta y_1\tau = \eta vb\tau + \eta^2\tau\left(\kappa u + v(a\kappa - c\tau)\right),$$

$$x_3 = cy_1 - bz_1 = \kappa\eta c(u + av) - \tau v\eta(c^2 + b^2),$$

$$y_3 = az_1 - cx_1 = \eta bv(a\tau + c\kappa) - c(\eta + u'),$$

$$z_3 = bx_1 - ay_1 = b(\eta + u') - \eta v\kappa(b^2 + a^2) + a\eta(vc\tau - \kappa u).$$

Proof: From (2.3), taking the second-order partial derivatives, we obtain

$$(\psi_N^{\Gamma})_{tt} = x_2T + y_2N + z_2B, \quad (\psi_N^{\Gamma})_{tv} = x_{1v}T + y_{1v}N + z_{1v}B, \quad (\psi_N^{\Gamma})_{vv} = 0$$

Let the surface normal be denoted by N_N^{Γ}. From (1.7),we have

$$N_N^{\Gamma} = \frac{x_3T + y_3N + z_3B}{\sqrt{x_3^2 + y_3^2 + z_3^2}} \tag{2.6}$$

Accordingly, the coefficients e, f, g of the second fundamental form are given by

$$e = \frac{x_2x_3 + y_2y_3 + z_2z_3}{\sqrt{x_3^2 + y_3^2 + z_3^2}}, \quad f = \frac{x_{1v}x_3 + y_{1v}y_3 + z_{1v}z_3}{\sqrt{x_3^2 + y_3^2 + z_3^2}}, \quad \mathrm{g} = 0 \tag{2.7}$$

Substituting these expressions into (1.6), the proof is completed.

Theorem 2.3 Let the Gaussian and mean curvatures of the ruled surface $\psi_N^{\Gamma}(t,v)$ be denoted by K_N^{Γ} and H_N^{Γ} respectively. Then, these curvatures are given by

$$K_T^{\Gamma} = -\frac{(x_{1v}x_3 + y_{1v}y_3 + z_{1v}z_3)^2}{(x_3^2 + y_3^2 + z_3^2)\left((x_1^2 + y_1^2 + z_1^2)(a^2 + b^2 + c^2) - (ax_1 + by_1 + cz_1)^2\right)},$$

$$H_T^{\Gamma} = \frac{(x_2x_3 + y_2y_3 + z_2z_3)(a^2 + b^2 + c^2) - 2(x_{1v}x_3 + y_{1v}y_3 + z_{1v}z_3)(ax_1 + by_1 + cz_1)}{2\left((x_1^2 + y_1^2 + z_1^2)(a^2 + b^2 + c^2) - (ax_1 + by_1 + cz_1)^2\right)\sqrt{x_3^2 + y_3^2 + z_3^2}}$$

Proof: From equations (2.4) and (2.7)

$$EG-F^2=\left(x_1^2+y_1^2+z_1^2\right)\left(a^2+b^2+c^2\right)-\left(ax_1+by_1+cz_1\right)^2,$$

$$eg-f^2=-\frac{\left(x_{1v}x_3+y_{1v}y_3+z_{1v}z_3\right)^2}{x_3^2+y_3^2+z_3^2},$$

$$Eg+eG-2fF=\frac{\left(x_2x_3+y_2y_3+z_2z_3\right)\left(a^2+b^2+c^2\right)-2\left(x_{1v}x_3+y_{1v}y_3+z_{1v}z_3\right)\left(ax_1+by_1+cz_1\right)}{\sqrt{x_3^2+y_3^2+z_3^2}}$$

Substituting these expressions into (1.8), the proof is completed

Theorem 2.4 Let the striction curve of the ruled surface $\psi_N^{\Gamma}(t,v)$ be denoted by $\beta_N(t)$ Then, its parametrization is given by

$$\beta_N(t)=\alpha_N+\frac{-\kappa b\left(\eta-\eta u\kappa\right)+u'\left(a\kappa-c\tau\right)+b\eta u\tau^2}{\left(\left(a\kappa-c\tau\right)^2+b^2\left(\kappa^2+\tau^2\right)\right)\sqrt{\left(\eta-\eta u\kappa\right)^2+\left(\eta u\tau\right)^2+u'^2}}\Gamma$$

Proof: From the definition of the striction curve, the striction curve corresponding to the surface $\psi_N^{\Gamma}(t,v)$ can be written as

$$\beta_N(t)=\alpha_N-\frac{\langle T_1,\Gamma'\rangle}{\|\Gamma'\|^2}\Gamma\,.$$

See (Elsharkawy, 2025). From (1.3) and (2.3), the tangent vector of the curve $\alpha_N(t)$

$$T_1=\frac{\alpha_N'}{\|\alpha_N'\|}=\frac{\left(\eta-\eta u\kappa\right)T+u'N+\eta u\tau B}{\sqrt{\left(\eta-\eta u\kappa\right)^2+\left(\eta u\tau\right)^2+u'^2}}$$

Moreover,

$$\Gamma'=-\eta\kappa bT+\eta\left(a\kappa-c\tau\right)N+\eta\tau bB,\ \|\Gamma'\|^2=\eta^2\left(b^2\left(\kappa^2+\tau^2\right)+\left(a\kappa-c\tau\right)^2\right).$$

Theorem 2.5 Let the distribution parameter of the ruled surface $\psi_N^{\Gamma}(t,v)$ be denoted by μ_N Then, it is given by

$$\mu_N=\frac{-\kappa b\left(u'c-\eta bu\tau\right)+\left(a\kappa-c\tau\right)\left(\eta ua\tau+\eta uc\kappa-c\eta\right)+\tau b\left(b\eta-b\eta u\kappa-u'a\right)}{\eta\left(b^2\left(\kappa^2+\tau^2\right)+\left(a\kappa-c\tau\right)^2\right)\sqrt{\left(\eta-\eta u\kappa\right)^2+\left(\eta u\tau\right)^2+u'^2}}$$

Proof: From the definition of the distribution parameter, we have

$$\mu_N=\frac{\det\left(T_1,\Gamma,\Gamma'\right)}{\|\Gamma'\|^2}\,.$$

See (Elsharkawy, 2025). From this, it follows that

$$\det\left(T_1,\Gamma,\Gamma'\right)=\frac{-\eta\kappa b\left(u'c-\eta bu\tau\right)+\eta\left(a\kappa-c\tau\right)\left(\eta ua\tau+\eta uc\kappa-c\eta\right)+\eta\tau b\left(b\eta-b\eta u\kappa-u'a\right)}{\sqrt{\left(\eta-\eta u\kappa\right)^2+\left(\eta u\tau\right)^2+u'^2}}$$

Substituting these expressions into the definition of μ_N, the desired result is obtained.

Theorem 2.6 The third fundamental form of the ruled surface $\psi_N^{\Gamma}(t,v)$ is given by

$$III=\left(x_5^2+y_5^2+z_5^2\right)dt^2-2\left(x_5x_{4v}+y_5y_{4v}+z_5z_{4v}\right)dtdv+\left(x_{4v}^2+y_{4v}^2+z_{4v}^2\right)dv^2$$

where

$$x_4=\frac{x_3}{\sqrt{x_3^2+y_3^2+z_3^2}},\ y_4=\frac{y_3}{\sqrt{x_3^2+y_3^2+z_3^2}},\ z_4=\frac{z_3}{\sqrt{x_3^2+y_3^2+z_3^2}},$$

$$x_5=x_{4t}-\eta y_4\kappa,\ y_5=y_{4t}+\eta x_4\kappa-\eta z_4\tau,\ z_5=z_{4t}+\eta y_4\tau$$

Proof: From (2.6), taking the partial derivatives of N_N^{Γ} we obtain

$$\left(N_T^{\Gamma}\right)_t=x_5T+y_5N+z_5B,\ \left(N_T^{\Gamma}\right)_v=x_{4v}T+y_{4v}N+z_{4v}B$$

From (1.7) the coefficients of the third fundamental form are computed as

$$l=x_5^2+y_5^2+z_5^2,\ m=x_5x_{4v}+y_5y_{4v}+z_5z_{4v},\ \mathrm{n}=x_{4v}^2+y_{4v}^2+z_{4v}^2 \qquad (2.8)$$

Substituting these expressions into (1.6), the proof is completed.

Corallary 2.1 If $a=1,\ b=c=0$, $\psi_N^{\Gamma}\left(t,v\right)=\psi_N^{T}\left(t,v\right)$ is obtained. The study presented in (Elsharkawy, 2026) is a special case of the present work.

Corallary 2.2 If $a=0,\ b=1,c=0$, $\psi_N^{\Gamma}\left(t,v\right)=\psi_N^{N}\left(t,v\right)$ is obtained. The study presented in (Elsharkawy, 2026) is a special case of the present work.

Corallary 2.3 If $a=0,\ b=0,c=1$, $\psi_N^{\Gamma}\left(t,v\right)=\psi_N^{B}\left(t,v\right)$ is obtained. The study presented in (Elsharkawy, 2026) is a special case of the present work.

Example 1. Let $\alpha\left(t\right)=\left(\cos t,\sin t,2t\right)$ be a helix. The Frenet frame vectors and curvatures of $\alpha(t)$ are given by

$$T=\frac{1}{\sqrt{5}}\left(-\sin t,\cos t,2\right),N=\left(-\cos t,-\sin t,0\right),B=\frac{1}{\sqrt{5}}\left(2\sin t,-2\cos t,1\right),\kappa=\frac{1}{5},\tau=\frac{2}{5}.$$

With respect to the point $P(1,1,0)$, the $N-\boldsymbol{pedal}$ curve, α_N, is obtained as

$$\alpha_N\left(t\right)=\alpha+\left\langle P-\alpha,N\right\rangle N=\left(\cos t,\sin t,2t\right)+\left(1-\cos t-\sin t\right)\left(-\cos t,-\sin t,0\right)$$
$$=\left(\cos^2 t+\cos t\sin t,\sin^2 t+\cos t\sin t,2t\right)$$

The vector Γ is given by

$$\Gamma=\frac{1}{\sqrt{5}}\left(-a\sin t-\sqrt{5}b\cos t+2c\sin t, a\cos t-\sqrt{5}b\sin t-2c\cos t, 2a+c\right).$$

Accordingly, the ruled surface $\psi_N^{\Gamma}(t,v)$ is obtained as

$$\psi_N^{\Gamma}(t,v)=\alpha_N+v\Gamma=\begin{pmatrix}\cos^2 t+\cos t\sin t,\\ \sin^2 t+\cos t\sin t,\\ 2t\end{pmatrix}+\frac{v}{\sqrt{5}}\begin{pmatrix}-a\sin t-\sqrt{5}b\cos t+2c\sin t,\\ a\cos t-\sqrt{5}b\sin t-2c\cos t,\\ 2a+c\end{pmatrix}.$$

Special Case 1. If $a=1, b=c=0$, then $\psi_N^{\Gamma}(t,v)=\psi_N^{T}(t,v)$. In this case, the equation of the ruled surface is given by $\psi_N^{T}(t,v)$.

$$\psi_N^{T}(t,v)=\left(\cos^2 t+\cos t\sin t, \sin^2 t+\cos t\sin t, 2t\right)+\frac{v}{\sqrt{5}}\left(-\sin t,\cos t,2\right)$$

as illustrated in Figure 1.

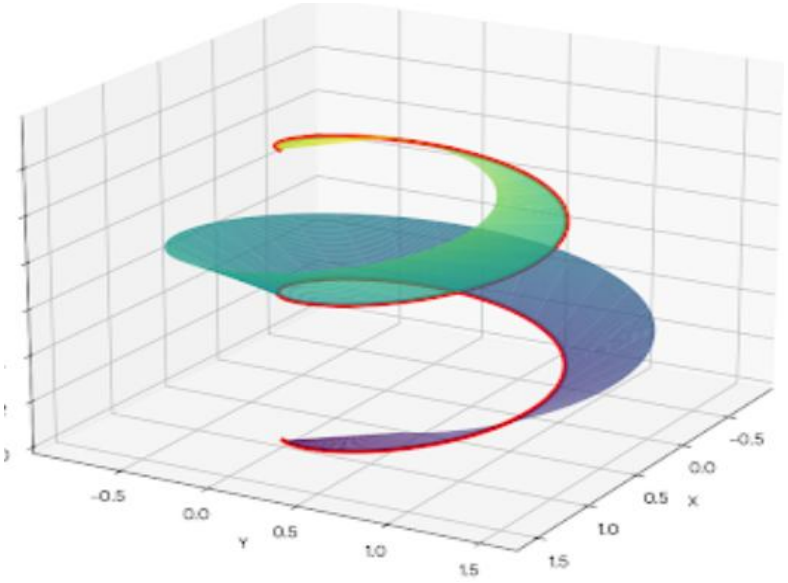


Figure 1. For $t\in(0,2\pi)$, $v\in(0,1.5)$ the base curve α_N (red curve), and the ruled surface ψ_N^{T} is depicted.

Special Case 2. If $b=6, a=c=0$, then $\psi_N^{\Gamma}(t,v)=\psi_N^{N}(t,v)$. In this case, the equation of the ruled surface is given by $\psi_N^{N}(t,v)$.

$$\psi_N^{N}(t,v)=\left(\cos^2 t+\cos t\sin t, \sin^2 t+\cos t\sin t, 2t\right)-v\left(3\cos t, 3\sin t, 0\right)$$

as illustrated in Figure 2.

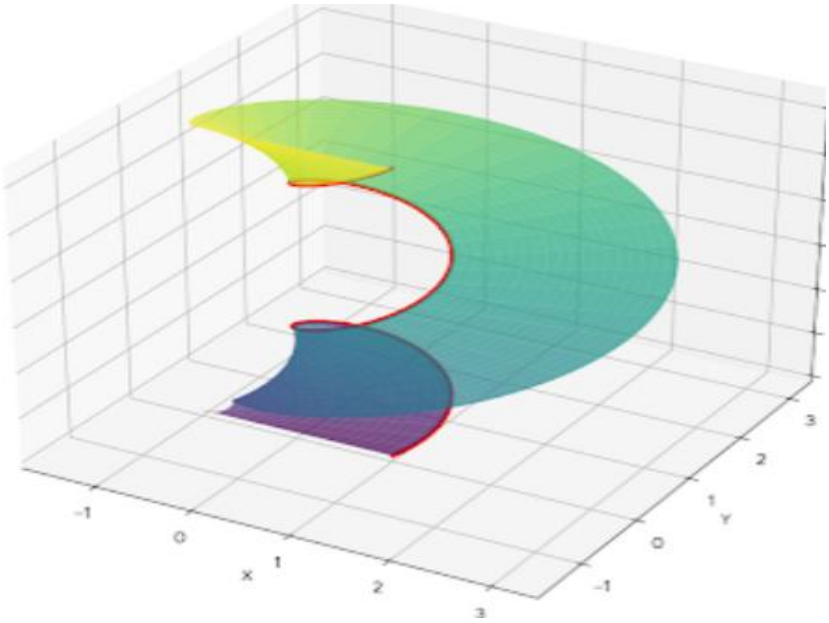


Figure 2. For $t \in (0,2\pi)$, $v \in (0,2)$ the base curve α_N (red curve) and the ruled surface ψ_N^N are depicted.

Special Case 3. If $a = b = 0, c = 3$ then $\psi_N^{\Gamma}(t,v) = \psi_N^B(t,v)$. In this case, the equation of the ruled surface is given by $\psi_N^B(t,v)$

$$\psi_N^B(t,v) = \left(\cos^2 t + \cos t \sin t, \sin^2 t + \cos t \sin t, 2t\right) + \frac{3v}{\sqrt{5}}\left(2\sin t, -2\cos t, 1\right)$$

as illustrated in Figure 3.

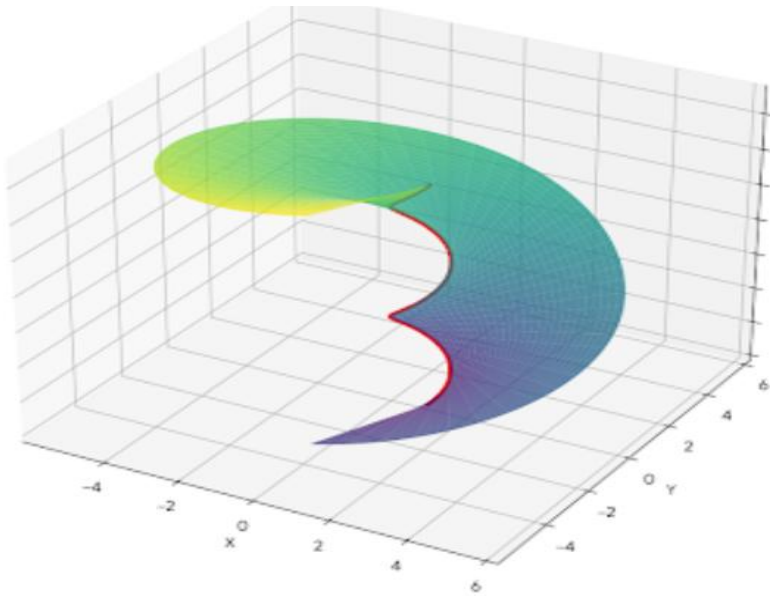


Figure 3. For $t \in (0,2\pi)$, $v \in (0,2)$ the base curve α_N (red curve) and the ruled surface ψ_N^B are depicted.

Special Case 4. If $a = 0.5, b = 0.3, c = 0.2$ then the equation of ruled surface $\psi_N^\Gamma(t,v)$ is given by

$$\psi_N^\Gamma(t,v) = \begin{pmatrix} \cos^2 t + \cos t \sin t, \\ \sin^2 t + \cos t \sin t, 2t \end{pmatrix} + \frac{v}{\sqrt{5}} \begin{pmatrix} -\frac{1}{2}\sin t - \frac{3\sqrt{5}}{10}\cos t + \frac{2}{5}\sin t, \\ \frac{1}{2}\cos t - \frac{3\sqrt{5}}{10}\sin t - \frac{2}{5}\cos t, \frac{7}{5} \end{pmatrix}$$

as illustrated in Figure 4.

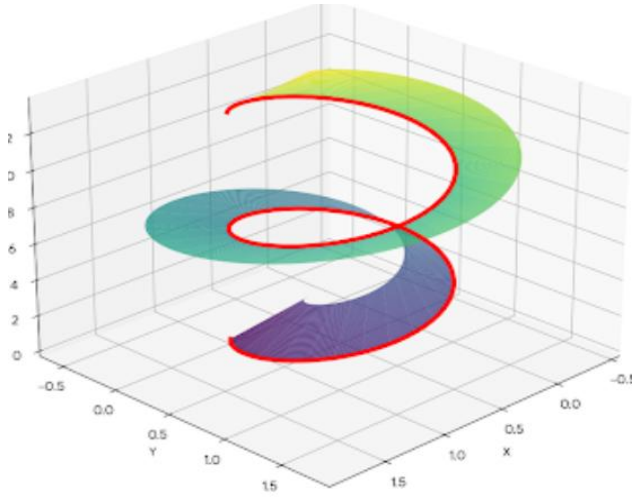


Figure 4. For $t \in (0,2\pi)$, $v \in (0,2)$ the base curve α_N (red curve) and the ruled surface ψ_N^Γ are depicted .

Special Case 5. If $a = 0.6, b = 1.2, c = 0$ then the equation of ruled surface $\psi_N^\Gamma(t,v)$ is given by

$$\psi_N^\Gamma(t,v) = \left(\cos^2 t + \cos t \sin t, \sin^2 t + \cos t \sin t, 2t\right) + \frac{v}{\sqrt{5}}\left(-\frac{3}{5}\sin t - \frac{6\sqrt{5}}{5}\cos t, \frac{3}{5}\cos t - \frac{6\sqrt{5}}{5}\sin t, \frac{6}{5}\right)$$

as illustrated in Figure 5.

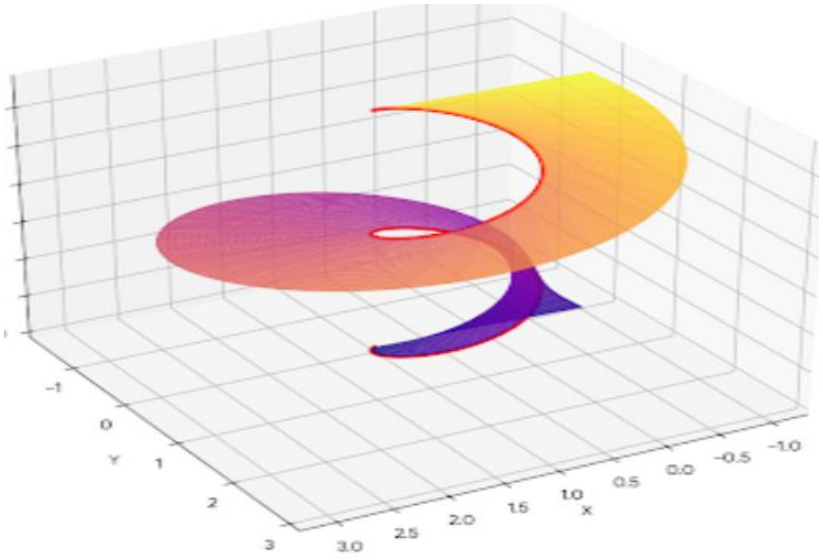


Figure 5. If $t \in (0,2\pi)$, $v \in (0,2)$ the base curve α_N (red curve) and the ruled surface ψ_N^{Γ} are depicted.

Special Case 6. If $a = 0, b = 1.2, c = 0.6$ then the equation of ruled surface $\psi_N^{\Gamma}(t,v)$ is given by

$$\psi_N^{\Gamma}(t,v) = \begin{pmatrix} \cos^2 t + \cos t \sin t, \\ \sin^2 t + \cos t \sin t, 2t \end{pmatrix} + \frac{3v}{5\sqrt{5}}\left(-2\sqrt{5}\cos t + 2\sin t, -2\sqrt{5}\sin t - 2\cos t, 1\right)$$

as illustrated in Figure 6.

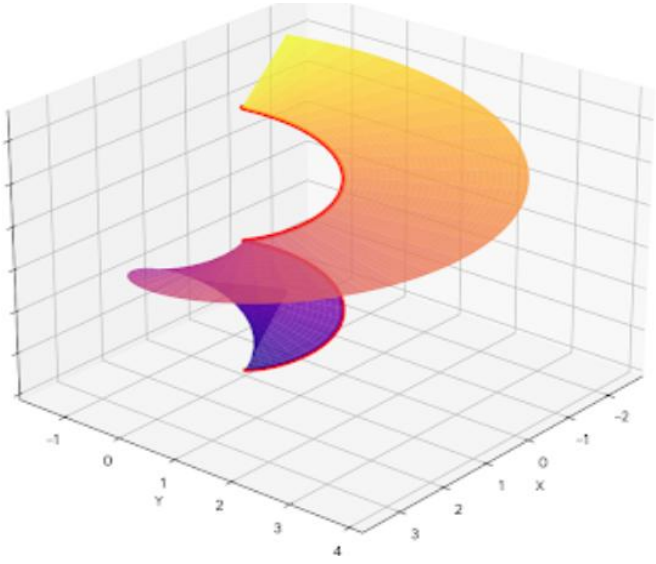


Figure 6. For $t \in [0,2\pi]$, $v \in [0,2]$ the base curve α_N (red curve) and the ruled surface ψ_N^{Γ} are depicted.

Special Case 7. If $a = 0.8, b = 0, c = 1.2$ then the equation of ruled surface $\psi_N^{\Gamma}(t,v)$ is given by

$$\psi_N^{\Gamma}(t,v)=\left(\cos^2 t+\cos t\sin t,\sin^2 t+\cos t\sin t,2t\right)+\frac{2v}{5\sqrt{5}}\left(-2\sin t+2\sin t,2\cos t-2\cos t,7\right)$$

as illustrated in Figure 7.

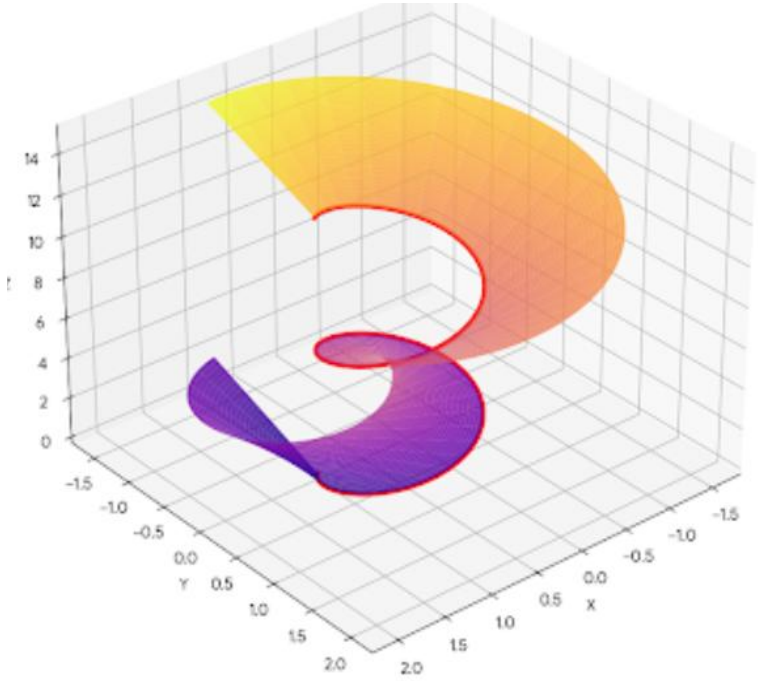


Figure 7. For $t\in(0,2\pi)$, $v\in(0,2)$ the base curve α_N (red curve) and the ruled surface ψ_N^{Γ} are depicted

3. CONCLUSION

In this study, the N-pedal curve, defined as the locus of the orthogonal projections onto the principal normal vector of a space curve, has been employed as the base curve of a new family of ruled surfaces. Unlike classical constructions based on a single direction, the ruling of the surface is defined as a general linear combination of the Frenet frame vectors, $\Gamma=aT+bN+cB$ which provides a more comprehensive geometric framework. The first, second, and third fundamental forms of the constructed ruled surfaces, together with their Gaussian and mean curvatures, have been obtained explicitly and expressed in terms of the invariants of the original curve. Furthermore, the striction curve and the distribution parameter have been derived, revealing the functional dependence of the surface geometry on both the curvature of the base curve and the direction parameters (a,b,c). It has been shown that the vanishing of the distribution parameter characterizes the developable nature of the surface, while singular behavior is concentrated along the striction curve where the normal vector is not well-defined. The theoretical results have been supported by examples based on the helix and illustrated graphically for different parameter configurations. Overall, the proposed construction unifies previously studied ruled surfaces associated with the Frenet directions and extends them to a general setting. Future work may focus on extending this framework to alternative moving frames, such as the Bishop or Darboux frames, as well as investigating analogous constructions in non-Euclidean spaces.

REFERENCES

Do-Carmo,P.M., Differential geometry of curvesand surfaces. IMPA, 1976.

Elsharkawy A., Elsayied H.K., Desouky M.E. and Cesarano C., T-pedal ruled surface with the Frenet frame of the original curve in E^3, AIMS Mathematics, 10(11): 25606–25623, 2025.

Elsharkawy A., Elsayied H., Desouky M., Cesarano C., and Gasymov A., A Geometric Study of Ruled Surfaces Generated by Frenet Vectors via N-Pedal Curves in E^3, Azerbaijan Journal of Mathematics, 16(1), 2026, https://doi.org/10.59849/2218-6816.2026.1.3

Gray A., Modern differential geometry of curves and surfaces with Mathematica, 1997.

Kaya F.E., Gaussian and Mean Curvatures of the Surface Obtained Along T-Pedal Curve of A Given Curve, Turkish Journal Of Science Volume 10 (2), 105–120, 2025.

Struik D. J., Lectures on classical differential geometry, Addison-Wesley Pub. Co., 1961.

Şenyurt S., Kaya F.E., Canlı D., Pedal curves obtained from Frenet vector of a space curve and Smarandache curves belonging to these curves, AIMS Mathematics,9(8),20136-20162, 2024.

UNEXPECTED DIFFICULT AIRWAY: TRULY UNEXPECTED OR SIMPLY OVERLOOKED?

Nilay TAŞ

Ordu University, School of Medicine, Department of Anesthesiology and Reanimation, Ordu, Türkiye

ORCID ID: https://orcid.org/0000-0003-0472-2206

Ebru ÇANAKÇI

Ordu University, School of Medicine, Department of Anesthesiology and Reanimation, Ordu, Türkiye

ORCID ID: https://orcid.org/0000-0003-2093-9229

Eylem Işıl BAYDOĞAN

Ordu University, School of Medicine, Department of Anesthesiology and Reanimation, Ordu, Türkiye

ORCID ID: https://orcid.org/0009-0008-6234-0170

Zübeyir CEBECİ

Ordu University, School of Medicine, Department of Anesthesiology and Reanimation, Ordu, Türkiye

ORCID ID: https://orcid.org/0000-0001-7862-4268

Anıl KILINÇ

Ordu University, School of Medicine, Department of Anesthesiology and Reanimation, Ordu, Türkiye

ORCID ID: https://orcid.org/0000-0003-4892-1266

ABSTRACT

Introduction and Purpose: Difficult airway is defined as failure experienced by an experienced anesthesiologist during mask ventilation, supraglottic airway ventilation, laryngoscopy, tracheal intubation, invasive airway management. The incidence of unexpected difficult intubation ranges from 1.9% to 8.5%.

Materials and Methods: Anesthesiologists and all physicians required to intervene in airway management attempt to predict difficulty by performing certain measurements and physical assessments. However, this may not always provide a clear guide. Key factors predictive of a difficult airway include advanced age, obesity, obstructive sleep apnea, edentulism, MP Grade 3–4, short thyromental distance, wide neck circumference, an interinsisor distance of less than

4 cm, and limited neck mobility. Preoperative bedside assessments alone are insufficient screening tools. Even if these tests do not definitively predict it, difficult intubation is always a possibility, and the practitioner must be prepared for this scenario. If a predicted difficulty in intubation exists, awake tracheal intubation should be considered. The presence of obstructive sleep apnea, a history of snoring, and the upper lip bite test are more reliable indicators of difficult intubation.

Discussion and Conclusion: Ensuring the proper placement of intubation devices is critical for preventing serious complications such as esophageal intubation, hypoxia, and cardiac arrest. Successful airway management requires a physical examination before anesthesia, continuous oxygen administration throughout airway management, capnography confirmation of intubation, adherence to the algorithm in case of failure and multidisciplinary teamwork. The Difficult Airway Society (DAS) guidelines, published in 2025, propose four plans for managing difficult airway: Plan A; tracheal intubation, Plan B; supraglottic airway ventilation, Plan C; face mask ventilation and Plan D; emergency proximal airway placement (e-FONA). Despite the preoperative assessment, the anesthesiologist must always consider the possibility of unexpected difficult airway management and have all the necessary equipment ready to manage any unexpected airway situations. Effective communication and calling for help are crucial aspects of managing difficult situations.

Key words: Difficult airway, preoperative evaluation, airway plans, oxygenation

INTRODUCTION

The continuity of life is ensured by the uninterrupted flow of oxygen to the tissues. Effective oxygenation, however, is only possible when the airway is open. Insufficient oxygen, or hypoxia, can lead to serious complications such as organ failure, brain damage, and cardiac arrest (1). Situations where airway patency is compromised encompass many clinical scenarios occurring both prehospital and in-hospital. Indications for airway management include respiratory failure, altered consciousness, and surgical procedures requiring controlled ventilation (2). While the need for airway management in the prehospital setting typically arises due to cardiopulmonary arrest, within the hospital this situation occurs for various other reasons. Just as in patients requiring prehospital medical care, cardiopulmonary arrest can also develop in hospitalized patients. This is an emergency requiring immediate intervention to ensure oxygenation. In contrast to this scenario, the primary situations requiring airway management include procedures performed for anesthetic purposes. All forms of anesthesia including general anesthesia, regional anesthesia, and sedoanalgesia have the property of suppressing respiration. In particular, general anesthesia induction and the administration of neuromuscular blockers can lead to difficulties in unexpected difficult airway cases due to the loss of spontaneous breathing and decreased upper airway tone (3). All physicians must be well-versed in airway management techniques; however, the responsibility for airway management falls primarily on anesthesiologists. In a scenario where time is severely limited particularly after the administration of respiratory depressant anesthetics and neuromuscular blockers difficult airway management can become extremely dangerous. Airway management is a challenging process ranging from simple face mask ventilation to invasive methods of securing an airway, such as endotracheal intubation, cricothyrotomy, and tracheostomy, and in some cases involves encountering significant obstacles. This review will discuss difficult airway management in light of current literature and the recommendations of the Difficult Airway Society 2025 guidelines (4).

DISCUSSION

Difficult airway management is one of the most critical patient safety topics in perioperative anesthesia practice. The concept of a difficult airway does not refer solely to difficult tracheal intubation; it also encompasses difficulties that may arise during all airway management maneuvers. Therefore, it is not a single procedure, but rather all methods used for airway management that should be evaluated under this heading. For this reason, modern airway guidelines generally focus on a "successful airway strategy" (4). Managing a difficult airway is one of the most critical aspects of patient care in operating rooms and intensive care units. Unexpected airway difficulties can result in hypoxia, brain injury, and death. The epidemiological significance of the difficult airway has also been recognized for a long time. The Fourth National Audit Project (NAP4) demonstrated that major airway complications can result in death, brain injury, emergency surgical airway management, and unplanned intensive care unit admission (5). Anesthesiologists attempt to predict difficulty using certain measurements and physical scoring systems, but these may not always provide a clear guide. Despite thorough preoperative assessment and examination, difficulty during airway management is always a possibility. A difficult airway is defined as "the difficulty experienced by an experienced/trained anesthesiologist during the stages of mask ventilation, supraglottic airway device (SGA) placement, laryngoscopy, tracheal intubation, invasive airway management, and tracheal extubation" (6). The incidence of unexpected difficult airway cases has been reported to range from 1.4% to 5% for difficult mask ventilation, 1.5% to 10% for difficult laryngoscopy, 1.9% to 8.5% for difficult intubation, and 0.13% to 0.35% for failed intubation (7). Undoubtedly, the stress, anxiety, and confusion caused by unexpected difficulties can turn into a chaotic situation that an anesthesiologist would prefer to avoid in their daily perioperative practice. Airway difficulty can be predicted in advance using various examination and measurement methods, but these may not always provide clear guidance. Factors predictive of mask ventilation and SGA placement difficulties include: advanced age, male gender, obesity, obstructive sleep apnea, edentulism, presence of a beard, Mallampati (MP) Class 3–4, retrognathia, short tiromental (TM) distance, small mouth opening, glottic, hypopharyngeal, and subglottic pathologies, abnormal neck anatomy, and a large neck circumference. Indicators of difficult tracheal intubation include: a history of previous difficult intubation, an interinsizor distance of less than 4 cm, a TM distance of less than 6 cm, a sternomental (SM) distance of less than 12 cm (difficulty with laryngoscopy), limited head-neck extension, MP Grade 3–4, and difficulty with direct laryngoscopy (8,9,10). Preoperative airway assessment is one of the fundamental steps in anesthetic practice, and the first step in this process is obtaining a detailed medical history. The medical history should include inquiries regarding a history of previous difficult intubation, prior head and neck surgery, a history of head and neck radiation therapy, the presence of rheumatological diseases, the presence of congenital craniofacial anomalies, past or recent trauma, obesity, and pregnancy. Additionally, the airway can be assessed not only through physical examination but also via ultrasound. The upper lip bite test performed during the physical examination is a practical test that evaluates mandibular protrusion and dental structure together and serves as an important parameter indicating airway difficulty. In the evaluation: TM distance < 6 cm, SM distance < 12.5 cm, neck circumference > 40 cm, and interincisor distance less than 3.5–4 cm, the patient is unable to bite the upper lip with the lower incisors, and there are vertebral diseases such as ankylosing spondylitis causing restricted neck extension; the likelihood of "difficult intubation" is very high, and the anesthesiologist must be prepared for any scenario, including invasive airway management techniques (9,10). Bedside assessments alone are insufficient screening tools for airway assessment decisions. Combining tests increases the sensitivity of difficulty prediction; for this purpose, combined scoring systems have been developed. The El-Ganzouri Risk Index consists of a combination of

components including mouth opening, TM distance, Mallampati class, neck mobility, mandibular protrusion, body weight, and a history of difficult intubation. The Wilson Risk Score is calculated based on weight, head-neck mobility, jaw structure, and dental structure (11,12). Administering anesthesia to a patient without performing an airway assessment is a major cause of mortality and morbidity. Therefore, preoperative assessment is mandatory; furthermore, immediately before administering anesthesia, the anesthesiologist must quickly review the patient one last time while the patient is on the operating table and make preparations accordingly if any difficulties are anticipated. Patients scheduled for anesthesia undergo routine preoperative evaluation at the anesthesia clinic at least twenty-four hours in advance. This evaluation ensures the assessment of all the patient's systems and the determination of anesthesia risk, as well as the prediction of airway characteristics and difficulty. However, despite all preoperative evaluations and examinations, a difficult airway remains a possibility. A review of the literature reveals studies examining the predictive power of difficult airway predictors in estimating difficulty (13,14,15). Even if the patient has been evaluated preoperatively, the anesthesiologist who will be managing the patient should perform a final assessment while the patient is on the operating table. The American Society of Anesthesiologists (ASA) 2022 guidelines recommend a multifaceted approach in this regard and clearly state that a single test is insufficient for patient safety. The ASA guidelines recommend paying particular attention to conditions affecting facial and upper airway anatomy (obesity, pregnancy, facial anomalies, dental structure, macroglossia, etc.) and conducting further evaluations if necessary. Additionally, the guidelines recommend a structured approach that integrates the history, physical examination, and contingency plans (3). The Difficult Airway Society 2025 guidelines particularly emphasize maximizing preoperative assessment and the success of airway management on the first attempt. Furthermore, the DAS guidelines place importance on the concept of a "physiological difficult airway," which refers to situations where difficulties may arise not only due to anatomical factors but also due to physiological factors (4). This concept can be defined as a state of instability arising not from the patient's airway anatomy but from their physiological condition. The development of rapid respiratory and hemodynamic instability during airway management not only complicates an already challenging procedure but also poses significant physiological challenges. In such situations, assigning a team member other than the primary airway manager to monitor the hemodynamic status, manage the patient independently in this regard, and ensure the airway manager can focus on tracheal intubation is of critical importance. This is particularly dangerous when combined with an anatomically and physiologically difficult airway, as sudden peri-intubation arrest may occur. In patients where both airway difficulty is anticipated and general anesthesia must be administered with a full stomach, "Rapid Sequential Induction and Intubation (RSI)" is required. This induction method is preferred in patients at high risk of pulmonary aspiration, and the applied cricoid pressure aims to reduce the risk of aspiration (10). Current guidelines for managing difficult airways include four plans: Plan A (Tracheal intubation), Plan B (Placement or ventilation of an SGA), Plan C (Face mask ventilation), and Plan D (Front of anterior neck airway: e-FONA). If any difficulty is anticipated with Plans A, B, C, or D, awake tracheal intubation (ATI) should be planned during the preoperative period before anesthetics are administered (4). When it comes to difficult airway management, certain specific patient groups among adults require special consideration. The highest-risk groups include patients with cervical trauma, pregnant women, intensive care patients, and obese patients. Intensive care patients are relatively easier to manage compared to other patients because they are under monitored care and there are generally fewer issues regarding access to equipment; however, it should be kept in mind that these patients are also in a high-risk group, their coagulation status may be unclear, and they may have infectious respiratory diseases. In trauma patients, challenges are more frequent due to time constraints and operational necessities. Particularly in

patients with cervical trauma, it is crucial to minimize cervical movement, use the chin-thrust maneuver instead of the chin-lift maneuver, utilize a video laryngoscope, stylet, and bougie if possible, and stabilize the neck during intubation. Pregnant patients may be the group with the most unique profile, as airway failure is one of the catastrophic scenarios carrying a risk of mortality for both the mother and the baby. In pregnant patients, if airway patency cannot be established, all available resources must be mobilized, advanced maternal life support should be initiated, a perimortem cesarean section should be considered, and the neonatal team should be informed of the failed intubation (4). Another aspect of a difficult airway is undoubtedly failed extubation. It is defined as the inability to maintain an open airway after the tracheal tube has been removed from a patient known to have a difficult airway. Current guidelines recommend the following for successful extubation: ensuring the patient is ready for extubation, having an experienced assistant present, selecting an appropriate time and location, planning for potential re-intubation, considering the possibility of elective tracheostomy, administering oxygen throughout the extubation process, and performing extubation using an airway exchange catheter or SGA (3). Managing a patient with a difficult airway is an emotionally draining situation for both the anesthesiologist and all healthcare personnel involved. Emotional support should be provided to the team after the patient's management is complete. Additionally, a debriefing meeting should be held as a team following cases involving such patients and difficult airway situations.

CONCLUSION

An unexpected difficult airway is not a predictive diagnostic problem; it is a problem of being unprepared. An unexpected difficult airway carries a high risk of morbidity and mortality, and the tests used in preoperative assessment are not sufficient on their own for this patient group. A multimodal approach should be preferred over a single predictor. Furthermore, every patient should be considered a potential difficult airway. Early recognition of a difficult airway enhances patient safety and reduces morbidity and mortality. Despite all technological advancements, the key to success in managing a difficult airway lies in thorough preparation, combined preoperative assessment techniques, experienced teamwork, and adherence to guideline algorithms.

REFERENCES

1. Weekley MS, Lobo CM, Bland LE. Oxygen Administration. [Updated 2025 Jan 22]. In: StatPearls [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2026 Jan-.Available from: https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK551617/

2. Avva U, Lata JM, Hendrix JM, et al. Airway Management. [Updated 2025 Jan 19]. In: StatPearls [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2026 Jan-.Available from: https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK470403/

3. Apfelbaum, Jeffrey L. M.D. Et al. 2022 American Society of Anesthesiologists Practice Guidelines for Management of the Difficult Airway*. Anesthesiology 2022;136(1):p 31-81. doi: 10.1097/ALN.0000000000004002

4. Imran Ahmad et al. Difficult Airway Society 2025 guidelines for management of unanticipated difficult tracheal intubation in adults, British Journal of Anaesthesia, 2026;136(1):283-307, ISSN 0007-0912, https://doi.org/10.1016/j.bja.2025.10.006

5. Cook TM, Woodall N, Frerk C; Fourth National Audit Project. Major complications of airway management in the UK: results of the Fourth National Audit Project of the Royal College

of Anaesthetists and the Difficult Airway Society. Part 1: Anaesthesia. Br J Anaesth. 2011;106(5):617-631. doi:10.1093/bja/aer058

6. Chen, H., Zheng, Y., Fu, Q. *et al.* A review of the current status and progress in difficult airway assessment research. Eur J Med Res 2024; 29:172

7. Rosenblatt WH, Artime C. Management of the anatomically difficult airway for general anesthesia in adults. UpToDate, Hadberg GA (Ed) Access date: 10/02/2026

8. Xia M. Et al. Expert consensus on difficult airway assessment. HepatoBiliary Surg Nutr 2023;12(4):545-566

9. Kandemir T, Şavlı S, Ünver S, Kandemir E. Sensitivity of the Combination of Mallampati Scores with Anthropometric Measurements and the Presence of Malignancy to Predict Difficult Intubation. Turk J Anaesthesiol Reanim. 2015 Feb;43(1):7-12. doi: 10.5152/TJAR.2014.24993.

10. Berkow LC. Rapid sequence induction and intubation-rsii-for-anesthesia. UpToDate, , Hadberg GA (Ed) Access date: 01/03/2026

11. Gupta R, Gupta N, Kumar V, Garg R, Bharati SJ, Mishra S, Bhatnagar S. El-Ganzouri multivariate risk index based airway management in head and neck cancer patients: A retrospective analysis of 1000 patients in a tertiary care center. J Anaesthesiol Clin Pharmacol. 2022 Jan-Mar;38(1):97-103. doi: 10.4103/joacp.JOACP_176_20.

12. Siddiqui KM, Hameed F, Ali MA. Diagnostic Accuracy of Combined Mallampati and Wilson Score to Predict Difficult Intubation in Obese Patients: A Descriptive Cross-sectional Study. Anesth Pain Med. 2022;11(6):e118626. doi: 10.5812/aapm.118626.

13. Wang Z, Jin Y, Zheng Y, Chen H, Feng J, Sun J. Evaluation of preoperative difficult airway prediction methods for adult patients without obvious airway abnormalities: a systematic review and meta-analysis. BMC Anesthesiol. 2024;24(1):242. doi: 10.1186/s12871-024-02627-1.

14. Shah PJ, Dubey KP, Yadav JP. Predictive value of upper lip bite test and ratio of height to thyromental distance compared to other multivariate airway assessment tests for difficult laryngoscopy in apparently normal patients. J Anaesthesiol Clin Pharmacol. 2013;29(2):191-5. doi: 10.4103/0970-9185.111700.

15. Ashebir Z, Fentie F, Mohammed Z. Assessment of predictive value of thyromental height in predicting difficult laryngoscopy compared with Mallampati, and thyromental distance among surgical patient who will take general anesthesia at selected governmental hospital cross-sectional study: Ethiopia, 2022. Ann Med Surg (Lond). 2024;86(9):5112-5119. doi: 10.1097/MS9.0000000000002388.

ENVIRONMENTAL EFFECTS OF INHALATIONAL ANESTHETICS AND SUSTAINABLE ANESTHESIA PRACTICES

Nilay TAŞ
Ordu University, School of Medicine, Department of Anesthesiology and Reanimation, Ordu, Türkiye
ORCID ID: https://orcid.org/0000-0003-0472-2206

Ümit Can OK
Ordu University, School of Medicine, Department of Anesthesiology and Reanimation, Ordu, Türkiye
ORCID ID: https://0000-0002-6363-6124

Merve UMUT SEVEN
Ordu University, School of Medicine, Department of Anesthesiology and Reanimation, Ordu, Türkiye
ORCID ID: https://orcid.org/0009-0009-8092-9701

İlker COŞKUN
Ordu University, School of Medicine, Department of Anesthesiology and Reanimation, Ordu, Türkiye
ORCID ID: https://orcid.org/0000-0001-6781-3522

Yasir İLYAS
Ordu University, School of Medicine, Department of Anesthesiology and Reanimation, Ordu, Türkiye
ORCID ID: https://orcid.org/0000-0001-7387-3396

ABSTRACT

Introduction and Purpose: The healthcare sector is responsible for a significant portion of global greenhouse gas emissions, with energy-intensive areas like operating rooms being key contributors. Inhalation anesthetics, particularly desflurane and nitrous oxide, are major greenhouse gases that deplete the ozone layer. As in the rest of the world, the consequences of global warming in our country will manifest as adverse climate changes such as drought or excessive rainfall. Global warming will also alter the flora in different regions. Therefore, adopting sustainable approaches in anesthesia practice has become increasingly important.

Materials and Methods: This review is based on current literature data regarding the environmental impacts of inhalation anesthetics, occupational exposure, and sustainable anesthesia practices. The aim is to summarize the negative environmental impacts of inhalation anesthetics and highlight feasible mitigation strategies.

Discussion and Conclusion: Although the contribution of inhalation anesthetics to total greenhouse gas emissions appears small (0.1%) compared to other CO_2 sources, their long-term cumulative impact on climate change should be considered. Literature shows that desflurane has the highest carbon footprint among inhalation agents, generating significantly more greenhouse gas emissions than sevoflurane. Nitrous oxide should also be carefully evaluated due to its negative effects on the ozone layer and climate. The increasingly preferred "low-flow anesthesia" practices reduce waste anesthetic gas emissions. Furthermore, the use of waste gas capture systems and, where appropriate, the preference for total intravenous anesthesia or regional techniques can significantly reduce the environmental burden. Moving towards sustainable anesthesia practices without compromising patient safety is necessary both to reduce the occupational exposure of healthcare workers to these gases and to protect the environment. Especially in the context of protecting the natural ecosystem of our Black Sea region, we should support and give more importance to the widespread adoption of environmentally friendly anesthesia policies.

Key Words: Inhalational Anesthetics; Environmental Sustainability; Desflurane; Low-Flow Anesthesia; Carbon Footprint

INTRODUCTION

Climate change remains one of the most significant challenges of our time. Climate changes caused by global warming lead to undesirable environmental, economic, and social impacts. Due to global warming, the world's average surface temperature has been measured as higher than during the pre-industrial period (1850–1900), reflecting the significant contribution of human-induced greenhouse gas emissions. This warming trend has become more pronounced in recent years, and the warming measured in 2023, exceeding 1.45°C, indicates a record-breaking increase in temperature (1). The healthcare sector is responsible for a significant portion of global greenhouse gas emissions, with energy-intensive departments such as operating rooms being the primary contributors. Operating rooms consume 3 to 6 times more energy than the rest of the hospital, and they are also the areas where inhalation anesthetics are used (2). The contribution of inhalation anesthetics used in general anesthesia to global warming is undeniable. Nitrous oxide (N_2O) and fluorinated inhalation agents (such as isoflurane, desflurane, and sevoflurane) are major greenhouse gases that deplete the ozone layer. This adverse environmental impact of inhalation anesthetics has become one of the most significant topics of discussion in anesthetic practice in recent years (3). The primary reason for this mechanism is that the majority of inhalation anesthetics are not metabolized by the patient and are exhaled into the atmosphere unchanged. Only 5% of inhalation anesthetics are excreted after metabolism, while the remaining 95% are released into the atmosphere via the anesthesia machine's exhaust gas collection system without undergoing any further processing (4). Today, reducing the contribution of inhalation anesthetics to global warming has begun to gain greater importance. Research in this area indicates that the contribution of inhalation anesthetics to the carbon footprint may be more significant than previously thought. Consequently, the adoption of sustainable approaches in anesthetic practice has become increasingly important. This review was prepared based on current literature data regarding the environmental impacts of inhalation anesthetics and sustainable anesthetic practices. The aim is to summarize the negative environmental effects of inhalation anesthetics and highlight feasible reduction strategies

DISCUSSION

Worldwide, more than 300 million patients undergo surgical procedures requiring anesthesia each year. There are two standard options for general anesthesia: inhalation anesthesia and total intravenous anesthesia (TIVA) (5). Halogenated inhalation anesthetics are potent greenhouse gases (6). From an environmental impact perspective, it has been determined that inhalation anesthetics contribute to the carbon footprint by generating 5,000 tons of CO2 (7). Although the contribution of inhalation anesthetics to total greenhouse gas emissions may seem small (0.1%) compared to other CO2 sources, it is essential to recognize the long-term, cumulative impact of inhalation anesthetics on climate change (8). Only a very small portion of inhalation anesthetics is metabolized and excreted by the body, while the remaining large portion (95%) is released into the atmosphere without further processing via the anesthetic machine's exhaust gas collection system. The troposphere is the lowest layer of the atmosphere where the greenhouse gas effect occurs. It is known that sevoflurane and desflurane remain in the troposphere for 1.1 years and 14 years, respectively. The Global Warming Potential 100 (GWP100) is a number indicating how much greenhouse gas effect a specific gas causes compared to CO2 over a 100-year period. Desflurane has the highest GWP100 value at 2,540, followed by isoflurane at 510, N_2O at 298, and sevoflurane at 130. It has become clear how important environmentally sustainable practices are for reducing carbon emissions from inhalation anesthetics. Environmental concerns, particularly global warming, have spurred efforts to reduce greenhouse gas emissions (4). Studies conducted in the United States, the United Kingdom, Canada, and Australia have demonstrated that desflurane contributes disproportionately to carbon emissions compared to other inhalation anesthetics. Desflurane is responsible for the largest greenhouse gas impact among anesthetic gases; when administered in an O_2/air mixture, it has an effect 20 times greater than sevoflurane on a MAC/hour basis (9). A U.S.-based study demonstrated that one hour of desflurane anesthesia has a Global Warming Potential (GWP) equivalent to automobile emissions from driving 235–470 miles, whereas one hour of sevoflurane anesthesia has a GWP equivalent to driving 18 miles (10). A study conducted in Australia between 2016 and 2021 also examined measures such as staff training on desflurane safety protocols, recommendations for low-flow anesthesia (LFA), distribution of informational posters, and the phased removal of desflurane from operating rooms; it was reported that these measures resulted in an 87. 88% in desflurane and sevoflurane emissions (11). Measures to reduce desflurane use can significantly limit contributions to environmental waste.In a study, which included five different anesthetic agents (sevoflurane, desflurane, isoflurane, nitrous oxide, and propofol), Sherman et al. used a life-cycle assessment to examine the effects of these agents on climate change and observed that, among all the agents, desflurane and nitrous oxide had the highest greenhouse gas potential (9). Under comparable and common clinical conditions, desflurane's potential impact on global warming is greater than that of isoflurane or sevoflurane. Additionally, combining 60% N_2O with potent inhalation anesthetics to achieve a 1 MAC anesthetic dose significantly increases the environmental impact of sevoflurane and isoflurane (10). The use of desflurane and nitrous oxide should be limited to situations where they may reduce morbidity and mortality compared to alternative medications. Clinicians should avoid unnecessarily high fresh gas flow rates for all inhalation medications. Their use should be carefully evaluated even before the implementation of waste anesthetic gas capture systems and recycled gas applications (9). The first measures to be taken based on current data to reduce the harm caused by inhalation anesthetics regarding global warming are to avoid desflurane as much as possible and to use low-flow anesthesia techniques. Anesthetic waste gas recovery systems can capture approximately half of the inhalation anesthetics used in the operating room. Studies suggest that recycling captured inhalation anesthetics can reduce global warming potential. However, there is still a need for comprehensive and high-quality

research in this area (12). Even small changes in the use of anesthetic gases can have a significant environmental impact. These changes include avoiding nitrous oxide whenever possible, avoiding desflurane, using low-flow anesthesia during maintenance, using the TIVA technique instead of inhalation anesthesia when clinically appropriate, and using central nerve blocks or regional anesthesia instead of general anesthesia whenever possible (6). Today, in general anesthesia practices based on inhalation anesthesia, low-flow anesthesia (LFA) is increasingly preferred and recommended to both reduce the environmental impact of anesthetic gases and lower costs. LFA is the most important method for minimizing the excessive emission of anesthetic gases and providing the benefits associated with improved delivery of respiratory gases. Here, the term "low-flow" refers to a fresh gas flow rate that is significantly lower than the patient's minute ventilation. With LFA, the ecological impacts of inhalation anesthetics are reduced, economic benefits are achieved, and clinical advantages are obtained. In summary, the use of DAA can reduce anesthetic gas consumption and minimize contamination of the operating room air. In this context, the reduction of potential occupational diseases (abortion, oxidative damage, malignant diseases, liver damage, etc.) and associated harms among operating room staff can also be considered within the scope of DAA. It is well known that low fresh gas flow rates reduce the cost of inhalation anesthetics. The cost of sevoflurane and desflurane also decreases at low fresh gas flow rates. Therefore, low fresh gas flow rates should be used whenever possible with sevoflurane and desflurane (13). Research indicates that techniques commonly used in daily anesthetic practicesuch as total intravenous anesthesia (TIVA), neuroaxial, or peripheral nerve blocksare the least harmful to the environment. Studies have shown that establishing sustainable anesthesia groups and conducting awareness campaigns could lead to a significant reduction in the carbon footprint. The establishment of sustainable anesthesia groups has been associated with a significant reduction in the carbon footprint associated with halogenated anesthetics. These findings should encourage healthcare institutions to conduct awareness campaigns targeting anesthesia providers, thereby ensuring that environmental impact is also considered in the selection of anesthetic agents (14). The Global Working Group on Environmental Sustainability in Anesthesia (WFSA); the World Federation of Societies of Anesthesiologists, Global Working Group on Environmental Sustainability in Anesthesia; is a group working on principles of environmentally sustainable anesthesia worldwide. Regarding sustainable anesthesia, the WFSA makes recommendations including: ensuring patient safety is not compromised; empowering healthcare systems to reduce their contribution to global warming; selecting medications and equipment; minimizing waste and the overuse of resources; and designating a sustainability lead in every anesthesia department. (15).

CONCLUSION

In anesthetic practice, avoiding high fresh gas flow rates, ensuring the use of anesthetic gas recovery systems, and limiting the use of desflurane and N_2O to cases where they may reduce morbidity and mortality compared to alternative agents (rather than avoiding them or using them freely), in accordance with cost analyses and appropriate indications; TIVA, neuroaxial blocks, or peripheral nerve blocks can be listed as the most appropriate approaches under current conditions. In this regard, using environmentally preferred medications and equipment, minimizing the excessive use or waste of energy and water, incorporating principles of environmental sustainability into formal anesthesia education, anesthesia research, and quality improvement programs, and collaborating with the industry to advance environmental sustainability will help bring the principle of sustainability in anesthesia to life. As newer and better evidence emerges in this area, anesthesiologists and industry representatives must also

keep themselves updated. The healthcare sector must also fulfill its responsibilities with a strong sense of accountability to promote environmental awareness and mitigate global warming.

Acknowledgements: The authors declare no conflicts of interest and no financial ties to any pharmaceutical company related to the subject of this manuscript.

REFERENCES

1. Romanello M, Walawender M, Hsu SC, Moskeland A, Palmeiro-Silva Y, et al. The 2024 report of the Lancet Countdown on health and climate change: facing record-breaking threats from delayed action. Lancet. 2024 Nov 9;404(10465):1847-1896. doi: 10.1016/S0140-6736(24)01822-1.
2. Rizan C, Steinbach I, Nicholson R, Lillywhite R, Reed M, Bhutta MF. The Carbon Footprint of Surgical Operations: A Systematic Review. Ann Surg. 2020 Dec;272(6):986-995. doi: 10.1097/SLA.0000000000003951.
3. Kalmar AF, Coburn M, Rex S. Anesthesia and climate protection: the role of volatile anesthetics. Anaesthesiologie. 2026 Jan 13. English. doi: 10.1007/s00101-025-01635-1.
4. Park EJ, Bae J, Kim J, Yoon JU, Do W, Yoon JP, Shon HS, Kang Y, Kim HY, Cho AR. Reducing the carbon footprint of operating rooms through education on the effects of inhalation anesthetics on global warming: A retrospective study. Medicine (Baltimore). 2024 Mar 1;103(9):e37256. doi: 10.1097/MD.0000000000037256.
5. Hu X, Pennington BRT, Avidan MS, Kheterpal S, deBourbon NG, Politi MC. Description of the Content and Quality of Publicly Available Information on the Internet About Inhaled Volatile Anesthesia and Total Intravenous Anesthesia: Descriptive Study. JMIR Perioper Med. 2023 Nov 2;6:e47714. doi: 10.2196/47714.
6. Talbot A, Holländer HC, Bentzer P. Greenhouse gas impact from medical emissions of halogenated anaesthetic agents: a sales-based estimate. Lancet Planet Health. 2025 Mar;9(3):e227-e235. doi: 10.1016/S2542-5196(25)00027-0.
7. Lindén-Søndersø A, Nielsen N, Bentzer P. Klimateffekterna från anestesin kan minska [Climate footprint of halogenated inhalation anesthetics]. Lakartidningen. 2019 Oct 10;116:FR9L. Swedish.
8. Varughese S, Ahmed R. Environmental and Occupational Considerations of Anesthesia: A Narrative Review and Update. Anesth Analg. 2021 Oct 1;133(4):826-835. doi: 10.1213/ANE.0000000000005504.
9. Sherman J, Le C, Lamers V, Eckelman M. Life cycle greenhouse gas emissions of anesthetic drugs. Anesth Analg. 2012 May;114(5):1086-90. doi: 10.1213/ANE.0b013e31824f6940.
10. Ryan SM, Nielsen CJ. Global warming potential of inhaled anesthetics: application to clinical use. Anesth Analg. 2010 Jul;111(1):92-8. doi: 10.1213/ANE.0b013e3181e058d7.
11. Wyssusek K, Chan KL, Eames G, Whately Y. Greenhouse gas reduction in anaesthesia practice: a departmental environmental strategy. BMJ Open Qual. 2022 Aug;11(3):e001867. doi: 10.1136/bmjoq-2022-001867.
12. Müller-Wirtz LM, Volk T, Meiser A. Towards sustainability of volatile anaesthetics: capture and beyond. Br J Anaesth. 2024 Dec;133(6):1363-1366. doi: 10.1016/j.bja.2024.08.022.
13. Moody AE, Beutler BD, Moody CE. Predicting cost of inhalational anesthesia at low fresh gas flows: impact of a new generation carbon dioxide absorbent. Med Gas Res. 2020 Apr-Jun;10(2):64-66. doi: 10.4103/2045-9912.285558.

14. Chambrin C, de Souza S, Gariel C, Chassard D, Bouvet L. Association Between Anesthesia Provider Education and Carbon Footprint Related to the Use of Inhaled Halogenated Anesthetics. Anesth Analg. 2023 Jan 1;136(1):101-110. doi: 10.1213/ANE.0000000000006172.
15. White SM, Shelton CL, Gelb AW, Lawson C, McGain F, Muret J, Sherman JD; representing the World Federation of Societies of Anaesthesiologists Global Working Group on Environmental Sustainability in Anaesthesia. Principles of environmentally-sustainable anaesthesia: a global consensus statement from the World Federation of Societies of Anaesthesiologists. Anaesthesia. 2022 Feb;77(2):201-212. doi: 10.1111/anae.15598.

OCCULT SEVERE CEREBRAL ARTERIAL DISEASE PRESENTING AS POSTOPERATIVE HEMIPARESIS AFTER TOTAL LARYNGECTOMY

Başar ERDİVANLI

Recep Tayyip Erdoğan University, Faculty of Medicine, Department of Anesthesiology and Reanimation, Rize, Turkey

ORCID ID: https://orcid.org/0000-0002-3955-8242

ABSTRACT

Introduction and Purpose: Major head and neck oncologic surgery in elderly patients carries substantial perioperative neurological risk, particularly when occult cerebrovascular disease is present. We report a patient who developed postoperative hemiparesis after total laryngectomy and was subsequently found to have severe previously unrecognized cervicocerebral arterial stenotic-occlusive disease. This case highlights the value of close postoperative observation, rapid imaging, and multidisciplinary management.

Materials and Methods: A 79-year-old man presented with dysphagia and hoarseness and was diagnosed with laryngeal squamous cell carcinoma. Total laryngectomy with bilateral neck dissection was planned after tumor board evaluation. His medical history included diabetes mellitus, hypertension, prior cerebrovascular event, benign prostatic hyperplasia, and remote leukemia in complete remission. Surgery lasted approximately 8 hours. In the early postoperative period, the patient couldn't be mobilized and left-sided weakness became apparent. Because urgent neurological assessment was required, non-contrast brain computed tomography (CT) was first obtained to exclude hemorrhage and major acute intracranial pathology, followed by contrast-enhanced CT angiography for vascular evaluation.

Results: Non-contrast brain CT showed no hemorrhage. CT angiography demonstrated critical multifocal vascular disease, including near-occlusive right internal carotid artery pathology, severe vertebral artery involvement, marked basilar artery stenosis, and significant atherosclerotic disease at the left carotid bifurcation. Management was coordinated among neurology, cardiology, cardiovascular surgery, interventional radiology, physical medicine and rehabilitation, internal medicine, nutrition, psychiatry, and anesthesia teams. Antithrombotic and supportive treatment were revised according to serial neurological and cardiac findings. By postoperative day 8, the patient was able to mobilize with family assistance and perform rehabilitation exercises. He was discharged on postoperative day 21.

Discussion and Conclusion: Failure to mobilize after prolonged major surgery should prompt immediate neurological evaluation. Stepwise imaging with initial non-contrast CT followed by CT angiography enabled diagnosis of severe occult cerebrovascular disease in this patient. Early recognition and multidisciplinary management contributed to functional recovery despite a serious postoperative neurological complication.

Key Words: Total Laryngectomy, Postoperative Hemiparesis, Carotid Artery Stenosis, Cerebrovascular Disease, Multidisciplinary Management

INTRODUCTION

Perioperative stroke is an uncommon but potentially devastating complication of noncardiac, non-neurologic surgery. Contemporary statements and reviews place its incidence broadly in the range of 0.1% to 1.9%, with markedly worse outcomes when it occurs in older patients and in those with pre-existing cerebrovascular disease. Advanced age, previous stroke or transient ischemic attack, diabetes mellitus, hypertension, renal dysfunction, atrial fibrillation, smoking exposure, and major vascular or prolonged surgery are among the most consistently recognized risk factors (Benesch, 2021).

Head and neck oncologic surgery introduces an additional layer of cerebrovascular vulnerability. Neck dissection may involve prolonged cervical extension and rotation, traction around the carotid sheath, postoperative hemodynamic fluctuation, and a physiologic stress response in patients who are often elderly and vasculopathic. Although postoperative stroke after neck dissection remains rare, its consequences are substantial. In a large head and neck surgery cohort, postoperative stroke was strongly associated with increased 30-day mortality, and among patients with multiple carotid stenosis risk factors, bilateral neck dissection was associated with higher stroke rates than comparable surgery without neck dissection (Cramer, 2017).

The preoperative identification of asymptomatic carotid disease remains challenging. Current guidance does not support routine population screening for asymptomatic carotid stenosis, yet selective screening may be considered in patients with multiple vascular risk factors, chiefly to optimize medical therapy and risk-factor control rather than simply to identify candidates for intervention (Meschia, 2024).

Equally important is the postoperative phase. Perioperative stroke may initially present not with dramatic aphasia or coma, but with delayed failure to mobilize, new limb weakness, or subtle asymmetry during routine ward assessment. Guidelines for acute ischemic stroke continue to emphasize rapid neurological evaluation and early brain imaging, with non-contrast cranial computed tomography (CT) as the first-line modality to exclude intracranial hemorrhage, followed by vascular imaging such as CT angiography (CTA) when large-vessel or cervicocerebral arterial pathology is suspected (Prabhakaran, 2026).

We present a patient who underwent total laryngectomy with bilateral neck dissection for laryngeal squamous cell carcinoma and developed postoperative left-sided weakness. Stepwise imaging disclosed severe, previously unrecognized cervicocerebral arterial disease, and the patient was managed through close postoperative surveillance and coordinated multidisciplinary care. The case underscores three practical lessons: first, occult severe carotid and vertebrobasilar disease may remain clinically silent until postoperative stress unmasks it; second, inability to mobilize after major surgery should trigger urgent neurological reassessment rather than being attributed to pain, fatigue, or deconditioning alone; and third, functional improvement may still be achieved despite major neurological deterioration when diagnosis and care coordination are timely.

CASE PRESENTATION

A 79-year-old man presented with a sensation of food sticking in the throat and progressive hoarseness. Direct laryngoscopic biopsy demonstrated squamous cell carcinoma. He was discussed at the head and neck tumor board, where total laryngectomy with bilateral neck disection and adjuvant treatment planning was recommended. After counseling, he elected to undergo surgery.

His past medical history was notable for diabetes mellitus, hypertension, and benign prostatic hyperplasia. He also had a history of leukemia in complete remission. He had no known allergy history. He was a former smoker with long-term tobacco exposure and did not consume alcohol. Chronic medications included antidiabetic and antihypertensive therapy. Previous operations included inguinal hernia repair, hip fixation with metallic implant, and direct laryngoscopic biopsy.

The patient was admitted for further evaluation and definitive treatment. On the day of operation, he underwent total laryngectomy with bilateral neck dissection. The procedure lasted approximately eight hours, from 08:00 to 16:00. In the immediate postoperative period, he was monitored closely on the ward. On postoperative day 1, his general condition was moderate but stable. He was followed with supplemental oxygen at 8 L/min, had a nasogastric tube and Foley catheter in place, and required frequent deep tracheal aspiration. The surgical site showed no hematoma or significant edema, and the cannula was patent. However, he could not be mobilized. At that stage, this was not yet clearly attributable to a focal neurological event, and supportive postoperative management continued.

By postoperative day 2, persistent inability to mobilize and clinically evident left-sided weakness prompted neurology consultation. Bedside neurological evaluation documented an awake and cooperative tracheostomized patient with preserved cranial nerve findings but reduced motor strength in the left upper and lower extremities. Because urgent differentiation between hemorrhagic and ischemic intracranial pathology was necessary, and because a rapid first-line evaluation was needed in the early postoperative setting, non-contrast brain CT was obtained. This initial study showed no intracranial hemorrhage and reported atrophic changes with a hypodense appearance in the left cerebellar hemisphere, interpreted as possibly chronic encephalomalacic change rather than definite acute hemorrhagic pathology. This result was clinically important: it excluded hemorrhage and permitted escalation to vascular imaging and antithrombotic decision-making under specialty guidance. Current stroke guidance supports non-contrast CT as the initial imaging modality in suspected acute stroke precisely for this purpose (Prabhakaran, 2026).

MRI diffusion imaging, which might otherwise have improved sensitivity for acute ischemia, could not be performed because of the patient’s prior hip metallic implant. Neurology therefore recommended contrast-enhanced carotid and cerebral CT angiography. This study, interpreted on postoperative day 3, revealed advanced multifocal arterial disease: near-occlusive right internal carotid artery pathology, severe vertebral artery involvement, marked bilateral basilar artery stenosis, and significant atherosclerotic disease at the left carotid bifurcation, with additional suspicion of dissection on the left side. The imaging report suggested further evaluation with digital subtraction angiography.

At this point, the postoperative focal deficit was understood in the context of previously unrecognized severe cervicocerebral vascular disease. Although definitive MRI confirmation of an acute ischemic lesion was not available, the overall clinical picture was highly consistent with postoperative ischemic neurological deterioration superimposed on chronic cerebrovascular disease. Neurology revised the treatment accordingly, initially with aspirin, low-molecular-weight heparin, and subsequent changes that included clopidogrel and statin therapy; later antithrombotic adjustments were made again as rhythm disturbances and bleeding-thrombotic balance evolved.

Because the problem was no longer purely neurological, management became multidisciplinary. Cardiology, cardiovascular surgery, interventional radiology, physical medicine and rehabilitation, internal medicine, psychiatry, and nutrition were all involved. Transthoracic echocardiography on postoperative day 4 was technically limited by positioning

constraints but showed preserved left ventricular systolic function, concentric hypertrophy, and grade I diastolic dysfunction. Cardiology recommended rhythm evaluation. During follow-up, the patient developed atrial fibrillation and intermittent tachyarrhythmia, further increasing the complexity of antithrombotic management. The literature now recognizes postoperative atrial fibrillation after noncardiac surgery as an important signal for later stroke risk, reinforcing the need for careful cardiovascular assessment in such patients (Donati, 2025).

Internal medicine also became involved because of postoperative hyperglycemia, with glucose values in the 250–260 mg/dL range, and insulin treatment was intensified. Meanwhile, airway care, nutrition, wound surveillance, and secretion management continued. The tracheal cannula required repeated assessment and replacement for obstruction. Despite these issues, oxygenation remained acceptable on room air after the first few postoperative days.

A repeat non-contrast brain CT on postoperative day 7 again showed no hemorrhage and no major mass effect. The report described chronic ischemic and atrophic changes, while the neurology interpretation referred to a hypodense lesion compatible with infarct in the right posterior parietal region and caudate head. In practical terms, serial imaging and serial examinations supported ongoing ischemic neurological injury without hemorrhagic transformation.

Rehabilitation began early, but consdering the fitness of the patient. Stroke rehabilitation guidance emphasizes organized interdisciplinary care and cautions against indiscriminate high-dose mobilization within the first 24 hours; however, timely functional assessment and structured rehabilitation planning are recommended for patients with residual deficits (Winstein, 2016). In this patient, rehabilitation was not treated as a late afterthought. Passive and then progressive exercises were introduced in coordination with physical medicine and rehabilitation specialists and ward staff, while the family was brought into the care process.

A clinically meaningful turning point occurred on postoperative day 8, when the patient became able to mobilize with assistance from a family member and could participate in physical therapy exercises. This did not represent full neurological recovery; rather, it marked the transition from complete functional dependence in bed to assisted ambulation and purposeful rehabilitation. Nutritional progress followed, with enteral feeding tolerance, later oral methylene blue testing showing no leak, and gradual oral intake progression from water to soft foods.

Subsequent days were marked by continued multidisciplinary titration rather than a single dramatic intervention. Holter monitoring was completed. Cardiology later recommended warfarin, but supratherapeutic international normalized ratio values led to repeated dose modifications and temporary interruption. By the third postoperative week, the patient remained hemodynamically stable, was tolerating oral intake, continued rehabilitation exercises, and was mobilizing with assistance. On postoperative day 21, he was discharged with ongoing follow-up plans. Later notes indicated continued neurological, cardiological, psychiatric, oncological, and interventional radiology planning, with eventual transition toward apixaban-based long-term antithrombotic strategy.

CONCLUSION AND DISCUSSION

This case illustrates a clinically important but easily underrecognized perioperative scenario: postoperative focal neurological deterioration after major head and neck cancer surgery in a patient with occult, severe, diffuse cervicocerebral arterial disease. Several features merit emphasis.

First, the patient had a dense cluster of vascular risk factors even before surgery: advanced age, diabetes, hypertension, smoking history, and prior cerebrovascular disease. These variables are repeatedly identified in perioperative stroke statements and reviews as major determinants of postoperative neurological risk (Benesch, 2021) (Lindberg, 2020). In hindsight, the patient was not a low-risk surgical candidate from a cerebrovascular standpoint, even though the degree of carotid and vertebrobasilar disease was unknown preoperatively.

Second, the surgical setting itself may have amplified risk. Neck dissection is distinct from many other noncardiac operations because the cervical vessels are anatomically central to the operative field. Prior literature has proposed several mechanisms for stroke in this context, including altered cerebral perfusion, plaque destabilization, intimal injury, embolization related to traction or manipulation, and hemodynamic vulnerability in patients with pre-existing stenotic disease. Modern cohort data suggest that although overall stroke after neck dissection is rare, the risk is not uniform; patients with multiple carotid stenosis risk factors appear to constitute a particularly vulnerable subgroup, especially when bilateral neck dissection is performed (Cramer, 2017) (Sukegawa, 2016).

Third, the case reinforces the practical diagnostic value of “failure to mobilize” as a neurological warning sign. In older postoperative patients, weakness is often mistakenly attributed to pain, sedation, sleep deprivation, frailty, or generalized deconditioning. Yet perioperative stroke may present subtly and may be recognized late unless mobilization, limb symmetry, and bedside function are specifically reassessed. The AHA perioperative stroke statement explicitly emphasizes postoperative neurological assessment and timely recognition strategies to minimize permanent dysfunction (Benesch, 2021). In our patient, close observation after an eight-hour operation made it clear that immobility was not merely nonspecific postoperative fatigue.

Fourth, the stepwise imaging strategy deserves comment. Non-contrast cranial CT was obtained first. This was appropriate because intracranial hemorrhage needed to be excluded rapidly before decisions regarding antithrombotic treatment and further vascular imaging could safely proceed. After hemorrhage was excluded, CTA identified the actual scale of the problem: near-occlusive carotid disease together with vertebrobasilar pathology. Acute stroke guidance continues to support this sequence, with non-contrast CT as the first-line imaging study and vascular imaging thereafter when indicated (Prabhakaran, 2026) (Shafaat, 2023). In our case, MRI was not available because of the patient’s metallic implant, making CT-based decision-making even more central.

Fifth, the case raises the question of whether preoperative carotid screening should have been performed. Here, nuance is essential. Current guidelines do not recommend routine screening of asymptomatic individuals for carotid stenosis, and selective screening is considered mainly in higher-risk groups to optimize risk-factor modification and medical therapy (Naylor, 2023) (Meschia, 2024). This means that the absence of preoperative carotid imaging is not, by itself, evidence of improper care. However, this patient’s combination of prior cerebrovascular disease and multiple vascular risk factors suggests that selective vascular assessment might have been reasonable to consider, particularly before a long bilateral neck operation in which peri-carotid manipulation was expected. This case therefore supports individualized rather than routine screening logic.

Sixth, the management course underscores the importance of multidisciplinary decision-making. The patient did not simply have a stroke. He had a new permanent airway, nutritional needs, postoperative wound care requirements, difficult secretion management, hyperglycemia, atrial fibrillation, conflicting thrombotic and bleeding risks, and a potential need for later vascular intervention. No single specialty could safely solve all of these issues in isolation.

Neurology guided the cerebrovascular work-up and antithrombotic changes; cardiology addressed arrhythmia and anticoagulation strategy; interventional radiology and cardiovascular surgery assessed revascularization options; internal medicine optimized glycemic control; physical medicine and rehabilitation coordinated functional recovery; nutrition supported healing and feeding progression; psychiatry addressed postoperative distress; and anesthesia assessed whether ICU transfer was necessary. Such coordination is consistent with contemporary perioperative stroke guidance, which recommends multidisciplinary discussion for patients at elevated risk and for those who develop perioperative neurological events (Pranaat, 2025).

Finally, the patient's course highlights that meaningful functional recovery is still possible even when the neurological insult is serious and the vascular anatomy is unfavorable. By postoperative day 8 he was again participating in mobilization with assistance, and by postoperative day 21 he was fit for discharge. That outcome should not obscure the seriousness of the event, but it does show that early recognition, repeated reassessment, and rehabilitation-oriented care can convert a potentially catastrophic decline into a trajectory of partial recovery.

Conclusion

This case demonstrates that severe occult cervicocerebral arterial disease may first become clinically evident in the postoperative period after major head and neck cancer surgery. In an elderly patient with vascular comorbidities, inability to mobilize after prolonged total laryngectomy and bilateral neck dissection was the critical bedside clue that triggered urgent neurological evaluation. Initial non-contrast brain CT rapidly excluded hemorrhage, and subsequent CT angiography disclosed near-occlusive carotid and extensive vertebrobasilar disease. Coordinated multidisciplinary management, including serial neurological assessment, antithrombotic revision, cardiovascular evaluation, rehabilitation, metabolic optimization, and supportive postoperative care, was followed by progressive functional improvement and discharge.

The practical message is straightforward: when a postoperative head and neck surgery patient cannot mobilize as expected, clinicians should actively search for focal neurological causes rather than attributing the finding to routine postoperative weakness alone. Early stepwise imaging and multidisciplinary management can materially influence outcome.

REFERENCES

Benesch, C., Glance, L. G., Derdeyn, C. P., Fleisher, L. A., Holloway, R. G., Messé, S. R., Mijalski, C., Nelson, M. T., Power, M., Welch, B. G., & American Heart Association Stroke Council; Council on Arteriosclerosis, Thrombosis and Vascular Biology; Council on Cardiovascular and Stroke Nursing; Council on Clinical Cardiology; and Council on Epidemiology and Prevention (2021). Perioperative Neurological Evaluation and Management to Lower the Risk of Acute Stroke in Patients Undergoing Noncardiac, Nonneurological Surgery: A Scientific Statement From the American Heart Association/American Stroke Association. Circulation, 143(19), e923–e946. https://doi.org/10.1161/CIR.0000000000000968

Cramer, J. D., Patel, U. A., Maas, M. B., Samant, S., & Smith, S. S. (2017). Is Neck Dissection Associated with an Increased Risk of Postoperative Stroke?. *Otolaryngology--head and neck surgery : official journal of American Academy of Otolaryngology-Head and Neck Surgery*, *157*(2), 226–232. https://doi.org/10.1177/0194599817698414

Donati, J., Morrone, D., Verheugt, F. W. A., & De Caterina, R. (2025). Post-operative atrial fibrillation and stroke after non-cardiac surgery: a systematic review and meta-analysis. *European heart journal. Cardiovascular pharmacotherapy*, *11*(8), 682–697. https://doi.org/10.1093/ehjcvp/pvaf056

Lindberg AP, Flexman AM. Perioperative stroke after non-cardiac, non-neurological surgery. BJA Educ. 2021 Feb;21(2):59-65. doi: 10.1016/j.bjae.2020.09.003. Epub 2020 Nov 5. PMID: 33889431; PMCID: PMC7810781.

Meschia JF. William M. Feinberg Lecture: Asymptomatic Carotid Stenosis: Current and Future Considerations. Stroke. 2024 Aug;55(8):2184-2192. doi: 10.1161/STROKEAHA.124.046956. Epub 2024 Jun 26. PMID: 38920049; PMCID: PMC11331494.

Naylor, R., Rantner, B., Ancetti, S., de Borst, G. J., De Carlo, M., Halliday, A., Kakkos, S. K., Markus, H. S., McCabe, D. J. H., Sillesen, H., van den Berg, J. C., Vega de Ceniga, M., Venermo, M. A., Vermassen, F. E. G., Esvs Guidelines Committee, Antoniou, G. A., Bastos Goncalves, F., Bjorck, M., Chakfe, N., Coscas, R., … Stone, D. H. (2023). Editor's Choice - European Society for Vascular Surgery (ESVS) 2023 Clinical Practice Guidelines on the Management of Atherosclerotic Carotid and Vertebral Artery Disease. European journal of vascular and endovascular surgery : the official journal of the European Society for Vascular Surgery, 65(1), 7–111. https://doi.org/10.1016/j.ejvs.2022.04.011

Prabhakaran, S., Gonzalez, N. R., Zachrison, K. S., Adeoye, O., Alexandrov, A. W., Ansari, S. A., Chapman, S., Czap, A. L., Dumitrascu, O. M., Ishida, K., Jadhav, A. P., Johnson, B., Johnston, K. C., Khatri, P., Kimberly, W. T., Lee, V. H., Leslie-Mazwi, T. M., Mac Grory, B., Madsen, T. E., Menon, B., … Peer Review Committee (2026). 2026 Guideline for the Early Management of Patients With Acute Ischemic Stroke: A Guideline From the American Heart Association/American Stroke Association. *Stroke*, 10.1161/STR.0000000000000513. Advance online publication. https://doi.org/10.1161/STR.0000000000000513

Pranaat, R., Nadler, J.W. (2025). Perioperative Stroke Prevention: A Review of Recent Guidelines for Noncardiac and Nonneurologic Surgery. APSF Newsletter, 40(2), 60–62.

Shafaat O, Sotoudeh H. Stroke Imaging. [Updated 2023 May 1]. In: StatPearls [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2026 Jan-. Available from: https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK546635

Sukegawa, S., Kanno, T., Kanai, K., Mandai, T., Shibata, A., Takahashi, Y., Hirata, Y., & Furuki, Y. (2016). Perioperative stroke in a patient undergoing surgery for oral cancer: A case report. Oncology letters, 12(4), 2660–2663. https://doi.org/10.3892/ol.2016.5031

Winstein, C. J., Stein, J., Arena, R., Bates, B., Cherney, L. R., Cramer, S. C., Deruyter, F., Eng, J. J., Fisher, B., Harvey, R. L., Lang, C. E., MacKay-Lyons, M., Ottenbacher, K. J., Pugh, S., Reeves, M. J., Richards, L. G., Stiers, W., Zorowitz, R. D., & American Heart Association Stroke Council, Council on Cardiovascular and Stroke Nursing, Council on Clinical Cardiology, and Council on Quality of Care and Outcomes Research (2016). Guidelines for Adult Stroke Rehabilitation and Recovery: A Guideline for Healthcare Professionals From the American Heart Association/American Stroke Association. *Stroke*, *47*(6), e98–e169. https://doi.org/10.1161/STR.0000000000000098

MAGIC REALISM AND SYMBOLISM IN *IVY* AND "THE RIME OF THE ANCIENT MARINER"

SARMAŞIK VE "YAŞLI GEMİCİ"DE BÜYÜLÜ GERÇEKÇİLİK VE SEMBOLİZM

Doç. Dr. Cansu Özge ÖZMEN

Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi, Fen-Edebiyat Fakültesi, İngiliz Dili ve Edebiyatı Bölümü

ORCID: 0000-0002-7242-3884

ABSTRACT

This article provides a comparative analysis of the archetypal imagery in Tolga Karaçelik's second movie Ivy (2015) and "The Rime of the Ancient Mariner" by Samuel Taylor Coleridge one of the authors whom the movie is dedicated to. It examines these works through Carl Jung's theories of the unconscious, dreams, and symbolism by exposing the parallels between the recurring motifs in the movie and poem such as the sea, ship, marine life, storytelling, and death. The study demonstrates how the symbolism in both works is reinforced by magical realism, and how this technique liberates the reader and the viewer from the limiting effects of symbolism. The film has been analyzed from various perspectives but its connection to the literary work it quotes or in other words, its intermedial and/or intertextual nature remains one its least studied aspects. Intermediality refers to how a narrative or the aesthetic form changes when it is transmitted into another medium, how specific media interact with one another, and how one art work consists of features of more than one media. The allegorical function, despite its undeniable strength, has not been analyzed the way it deserves to be. By taking into account the reinforcement that magical realist techniques bring to symbolism, this analysis aims to open up the film to multiple interpretations.

Keywords: Marine life, Jung, archetype, magic realism, symbolism, Tolga Karaçelik, Coleridge, Turkish cinema.

ÖZET

Bu makale, Tolga Karaçelik'in 2015 yılında gösterilen ikinci filmi *Sarmaşık*'taki arketipsel imgeleri filmin adandığı yazarlardan biri olan Samuel Taylor Coleridge'in "Yaşlı Gemici" adlı uzun şiirinden alıntıların filmi üç bölüme ayırmasından yola çıkarak, karşılaştırmalı bir şekilde inceler. Filmin ve şiirin izleklerindeki deniz, gemi, deniz canlıları, hikâye anlatıcılığı, ölüm gibi imgelerin paralelliklerini ortaya koyarak Carl Jung'un bilinçdışı, rüya ve sembolizm analizlerine bağlı kalarak eserlerdeki birçok ortaklık üzerinde durur. Eserlerdeki sembolizmin büyülü gerçekçi tekniklerle nasıl zenginleştirildiğini ve sembolizmin okur veya izleyici için sınırlandırıcı etkisinden eserleri nasıl kurtardığını ortaya koyar. Film, bugüne dek farklı açılardan incelenmesine rağmen en az değinilen yönü, alıntıladığı edebi eserle bağlantısı ya da medyalararasılıktır. Medyalararasılık bir anlatının ya da estetik yapının başka bir medyumda nasıl değişiklik gösterdiğini, bir medyumdan diğerine geçerken hangi özellikleri kaybettiğini ve farklı medyumların birbirini nasıl etkilediğini açığa çıkarır. Filmin metninde şiirin

alıntılanması ya da şiire referans yapılması metinlerarasılık olarak incelenirken, görsel bir sanatta yani filmin kendisinde şiire yer verilmesi medyalararasılık olarak sınıflandırılır. Filmin alegorik işlevi çok güçlü ve yadsınamaz olmasına rağmen, analizlerde olduğundan çok daha sınırlı bir biçimde işlenmiştir. Bu okuma, filmin büyülü gerçekçi tekniklerinin sembolizme kattığı zenginliği göz önünde bulundurarak filmi farklı yorumlara açmayı amaçlar.

Anahtar Kelimeler: Deniz, Gemi, Jung, Arketip, Büyülü Gerçekçilik, Sembolizm, Tolga Karaçelik, Coleridge, *Sarmaşık*, Türk Sineması.

GİRİŞ

Deniz, deniz kazaları, gemi enkazları, ıssız adalar, deniz canavarları, büyülü deniz yaratıkları, keşifler, denizin ulaşılamayan derinlikleri, sanatın, özellikle de edebiyatın en sık karşımıza çıkan arketipsel ögelerindendir. Bazen yaradılışın primordiyal kaosunu ve insanın çaresizliğini, özgürlüğü, sınırsızlığı ve macerayı, değişimi, büyümeyi ve dönüşümü, yalnızlığı, soyutlanmayı ve korkuyu, dişiliği, doğurganlığı ve yaşamı, bazen de gönüllü bir sürgünü ve kaçışı temsil ederler. Bununla birlikte deniz, rüyaların da en çok karşımıza çıkan imgelerindendir. Bilinçdışımızın kurguları olan rüyalarda da sanatta kullandığımız arketipsel sembolleri kullanmamız şaşırtıcı değildir. İnsanın iç dünyasını denizle olan ilişkisi üzerinden anlatan çok sayıda eser temel sembol olarak denizi kullanır. *Yaşlı Adam ve Deniz* (1952), *Moby Dick* (1851), *Deniz Feneri* (1927) gibi edebiyat eserleri; *Titanic* (1997), *Kusursuz Fırtına* (2000), *Gemide* (1999) gibi filmler mekân olarak deniz ve gemi, tematik öge olarak yolculuk, deniz canlılarıyla ve doğa olaylarıyla mücadeleyi kullanarak insanın psikolojik durumlarını irdelerler.

Carl Jung'a göre deniz, bilinçdışının en sevdiği semboldür. Yaşayan her şeyin anasıdır (1980, 192). Deniz gereğinden fazla uyarılan psişenin sonsuz huzur ve ferahlığı sayesinde dinlenmeye gittiği yerdir (1989, 351). Deniz müzik gibidir, ruhun tüm hayallerine sahiptir. Güzelliği ve görkemi bizi psişemizin verimli çökeklerine inmeye, kendimizle yüzleşip kendimizi tekrar yaratmaya zorlamasında yatar (352). Medeniyetin kirlettiği insanlar arınmak için doğaya sığınırlar. Denize girmek de bu temizlenme yöntemlerinden biridir. Bilinçdışına yani denize girmek, doğanın insana dokunmasının içsel bir yoludur (1984, 142). Fakat birçok insanın yaşamın kişiyi sınırlandıran kalıplarından kaçmak için başvurduğu deniz ve onun temsil ettiği özgürlük, gerçek bir içsel özgürlüğün yerini tutamaz (1988, 151). Bilinçdışına yapılan yolculuğu ve devamında kendiyle yüzleşmeyi gerçek hayata dönüş takip etmelidir. Kişinin kendini tekrar yaratması, eve dönüşle ve geçirdiği dönüşümle temsil edilir.

Karadan ayrılmak da kişinin toplumsal kimliğini geride bırakmasını, günlük hayattaki kısıtlamalardan uzaklaşmasını, kendini bir nevi yeniden üretmesini temsil eden bir eylem haline gelebilir. Gemi, farklı sınıfların, etnisitelerin, geçmişlerin ve kaçınılmaz olarak çatışmaların yaşandığı küçük bir evrendir. Bu yüzden de edebiyatta ve farklı kurgusal türlerde gemi ve deniz iktidar mücadelelerinin, sınıf çatışmalarının, bireysel düzeyde de kişinin kendi karanlığıyla yüzleşmesinin ve içsel hesaplaşmasının sahnesi olarak temsil edilir. Deniz ne kadar bilinçaltına ve özgürlüğe işaret ediyorsa, gemi de hapsolmuşluğu, sıkışmışlığı ve çözümsüzlüğü görünür kılar. Sonsuzluk ve sınırlar arasında ideal bir dramatik yapı oluşturur.

Kurgusal tahayyüllerde rüyaları, sembolleri, bilinçdışının ve gerçekliğin sınırlarını işlemede en çok kullanılan tür ya da anlatı tekniği büyülü gerçekçiliktir. Görsel sanatlarda sürrealizmi ve yeni romantizmi çağrıştıran teknik, aynı rüyalarda olduğu gibi gerçeküstü ögeleri sıradanlığın içine yerleştirir. Doğal ve doğaüstünü bir arada barındıran anlatılar gerçekliğin çok katmanlı ve karmaşık oluşunu, gerçeğin ve insanın tecrübesinin öznel karakterini vurgular. Anlatıdaki büyülü ögeler sembollere, bazen de alegorilere işaret eder ve sıradan görünen bir olay örgüsünü

bir kırılma yaratarak okurda ya da izleyicide hayret ve merak uyandırır. Karşımıza arketiplerin çıktığı rüyalarda da olayın gerçekçilikle ifade edilemeyeceği anlatılarda da benzer kırılma noktaları vardır. Bu kırılma noktalarını ulusal bir alegorinin içine ve deniz arketipini anlatının merkezine yerleştiren, aynı zamanda anlatıyı benzer özellikler taşıyan bir edebi eserle paralel olarak aktaran bir örnek de *Sarmaşık* filmidir.

Tolga Karaçelik'in *Gişe Memuru*'ndan sonra yazıp yönettiği ikinci uzun metrajlı filmi *Sarmaşık* dünya prömiyerini 2015 yılında Sundance Film Festivali'nde, Türkiye prömiyerini Altın Koza Film Festivali'nde yapmış, yerli ve yabancı birçok ödül kazanmıştı. Psikolojik gerilim türündeki film, 19 günde haciz altındaki bir gemide çekilmişti. *Sarmaşık*, Mısır'ın Afar limanı açıklarında demirlemek zorunda kalan bir geminin mürettebatının 120 gününü anlatır. Açılış sahnelerinde gemide kalacak altı kişinin gemiye gelmeden önceki görüntüleriyle karşılaşırız. 7. sahnede ise taşları sarmaşık kaplı eski bir mezarlık görürüz. Görüntülerden mevcut durumlarından mutlu olmadıkları anlaşılan mürettebat için gemi seferi, birçok kurgusal eserde tanık olduğumuz üzere bir kaçıştır. Karakterlerin kaçış rüyaları, haciz altındaki gemide hiçbir iş yapmadan paralarını alma hayalleri kısa sürede bir kabusa dönüşür. Rüyadan kabusa dönüş de anlatıyı büyülü gerçekçilik için uygun hale getirir. *Sarmaşık* kabusuna eşlik eden paralel diğer kâbus yazarı filmin ithaf edildiği üç yazardan biri olan "Yaşlı Gemici"dir. Film, yönetmeni çıkardıkları yolculuklar adına Joseph Conrad, Herman Melville ve Samuel Taylor Coleridge'e ithaf edilmiştir. Bu yazarların en ünlü eserleri düşünüldüğünde filmin ilhamını karanlık ve tehlikeli yolculuklardan, ölümcül mücadelelerden aldığı söylenebilir.

ANALİZ

Bugüne kadar *Sarmaşık* üzerine yazılan çalışmalar, "hapsedilmişlik kavramı" (Gün, 2016), "erkeklik ve iktidar ilişkisi" (Şener, 2016), "anlamını yitiren otorite" ve "ulusal alegori" (Akmeşe&Parsa, 2016), "fantastik anlatının özellikleri" (Erdoğan Turan, 2019) gibi konular üzerinde durmuştur. Hepsi geçerli savlar etrafında ortaya konan bu çalışmalar çoğunlukla yönetmenin röportajlarındaki beyanlarıyla da örtüşmektedir. *Sarmaşık*'ta tüm bu kavramlar özgün bir biçimde görselleştirilir. Çok güçlü bir sembolizm etrafında kurgulanan izlek, izleyicinin içini sıradan arketipsel imgelerle rahatlatırken, büyülü gerçekçilikle hayal gücünü zorlar. Büyülü gerçekçilik ve arketipsel imgeleri paylaştığı kült bir edebi eser de filmin izleğine eşlik eder. *Sarmaşık*'a bir bakıma, "Yaşlı Gemici"nin modern, yerelleştirilmiş ve görsel bir adaptasyonu diyebiliriz.

"Yaşlı Gemici," Coleridge'in 1798 yılında *Lirik Baladlar* içinde yayımlanan uzun şiiridir. Şiire adını veren isimsiz yaşlı gemici tehlikeli ve trajik bir seferden dönmeyi başarmış fakat başından geçen ibretlik olayları ömrü boyunca insanlara anlatma dürtüsüyle lanetlenmiştir. Şiir yaşlı gemicinin onu dinlemek istemeyen genç bir düğün davetlisine hikayesini zorla anlatmasıyla başlar. Sefer sırasında onları takip eden bir albatrosu nedensizce öldürmüş ve albatrosun ölümünden sonra değişen hava koşulları mürettebatın ona cephe almasına neden olmuştur. Albatrosu üzerlerine çöken lanetin bir nişanı olarak yaşlı gemicinin boynuna asarlar. Suyla çevrili gemide susuz kalan mürettebat onlara yaklaşan bir hayalet geminin görünüşüyle rahatlamışken, hayalet gemide Ölüm ve Ölüm'deki Yaşam ya da Canlı Ölüm'ün mürettebatın ve yaşlı gemicinin hayatıyla ilgili pazarlık yaptığı anlaşılır. Ölüm mürettebatın, Canlı Ölüm ise yaşlı gemicinin hayatını kazanır. Mürettebatın ölümünden sonra yaşlı gemici yedi gün boyunca karayı görene kadar onların cansız bedenleriyle baş başa kalır. "Yalnızdım, yalnızdım, yapayalnızdım/Uçsuz bucaksız bir denizde/Ve işkence içindeki ruhuma/Merhamet etmedi çıkıp bir aziz de" (2008, 68). Hem karadan hem de insanlardan kopuk bir şekilde boynunda albatrosun kendisi ve üzerinde işlediği cinayetin lanetiyle yapayalnız kalır. Ne Tanrı ne de yardım istediği azizler ona yanıt verir.

Önce küçük gördüğü, sümüklü dediği deniz canlıları zaman içinde gözünde güzelleşir. Bu, Tanrı'nın yarattıkları ve sevdiklerini kabulünün ilk adımıdır. "Ah o mutlu canlılar!/Hangi dil anlatabilirdi bu güzelliği gerçekten?/Kalbimden fışkırdı derin bir sevgi,/Kutsadım onları fark etmeden/Ve kalbinin derinliklerinde onları kutsar/Merhamet etmişti ki koruyucu azizim,/Kutsadım onları fark etmeden./Ve dua edebildim o anda" (82). Onları kabul ettikten ve kutsadıktan sonra albatros boynundan denize düşer. Fakat Canlı Ölüm yaşlı gemicinin peşini bırakmaz. Yaşlı gemici ölemeyecek, ibretlik hikâyesini unutamayacak ve onu tekrar etmeye mahkûm olacaktır. Acısını geçici olarak dindirmesinin tek yolu hikâyesini anlatmaya devam etmektir.

"Yaşlı Gemici" yedi bölümden oluşurken, *Sarmaşık* üç bölümden oluşur ve her bölümü şiirden bir alıntıyla açılır. Şiirdeki gibi *Sarmaşık*'taki gemi de güneye doğru seyredecektir fakat mürettebat değişiminden sonra armatörün iflas ettiği öğrenilir ve gemi Mısır açıklarında demirler. Yine şiirdeki gemi gibi, *Sarmaşık*'taki karakterler de karadaki hayatta onları bekleyen tehlikelerden ve yaşamlarından kaçmaya çalışırlar. Gemiye yeni gelen Cenk polisin onu aradığından endişe eder, Alper'in kendi deyimiyle işleri karışmıştır, İsmail'in borcu vardır, Nadir ise kendinden kaçmayı başaramadığı gemide sık sık kendine zarar vermeye devam eder. Arketipsel deniz sembolünün yorumlamasının işaret ettiği gibi hepsinin kendisiyle yüzleşmeye ve dönüşmeye ihtiyacı vardır. Karakterler karadan, yani köklerinden, kimliklerinden kopmuş, kendilerini yeniden yaratmaya hazır hale gelmişlerdir. İlk bölümde Cenk, Alper'e hayatından hikayeler anlatır. "Sen hikâye iste birader, ben sana hikâye yazarım yani, bak dinle" der anlattıklarından etkilenen Alper'e. Fakat film boyunca Cenk giderek ürkütücü bir hal almaya başlar. "Yaşlı Gemici"de hikâyeyi dinleyen düğün davetlisi de giderek dehşete kapılır. Şiirde albatrosun hayra alamet mi yoksa kötüye delalet mi olduğuna karar verilemez. Albatros ölümünün getirdiği lanet kesinleşinceye kadar belirsiz bir sembol olarak kalır. Filmde Kürt adı verilen karakter de işini düzgün yapan, kendi halinde, sessiz bir adamdır. Açılış sahnesinden onu bir pavyon koruması olarak tanırız. Uzun boyu, iri cüssesi, asık suratı ve yüzündeki derinleşmiş çizgiler onu ürkütücü kılarken aynı zamanda izleyiciye güven veren, Cenk ve İsmail'in kavgalarını bedeniyle ayıran koruyucu bir melek gibidir. Cenk'le güvertede dururken birden yok olduktan sonra da birçok kişiye görünecek ve aynı ikircikli, sembolik işlevi sürecektir. Kürt albatrosa ek olarak yaşlı gemicinin kendisiyle de ortak bir özellik taşır. Kürt ortadan kaybolur fakat yok olmaz. Karakterlere görünmeye ve arkasında ıslak ayak izleri bırakmaya devam eder. Kürt, yaşlı gemici gibi lanetlenmez fakat geminin mürettebatı için lanetin kendisi haline gelir. Kürt tam olarak ölmez. Canlı Ölüm'e dönüşür. Böylece "Yaşlı Gemici"de olduğu gibi ölüler gemiyi terk etmez.

Filmin ikinci bölümünün başında kaptanın üst güverteden gemide kalan mürettebatı izlediğini görürüz. Onlarla iletişime geçmez, sadece onlara yukardan bakar. Zaman geçtikçe, giderek azalan erzak ve kaptana duyulan güvensizlik nedeniyle Cenk, Alper ve Nadir onunla iletişime geçtiğinde de onları küçümseyecek, mecazi anlamda da onlara yukardan bakacaktır. Filmin üçüncü ve son bölümü Coleridge'in şu dizeleriyle açılır: "Nasıl ıssız bir yolda yürürken birisi/Adımlarını korku ve dehşetle atar/Ve dönüp bir kez ardına baktıktan sonra/Çevirip de başını bakmazsa hiç tekrar/Çünkü bilirse bir adım gerisinde/Kendisini izleyen korkunç bir şeytan var" (2008, 106). Geminin şeytanı, isminin anlamından da anlaşılacağı üzere sürekli kendisiyle, İsmail'le ve kaptanla savaş halinde olan Cenk'tir. İsmail'le geçerliliğini kaybeden otorite konusundaki anlaşmazlıkları sık sık Cenk'in tehditleriyle sonlanır. Bu dizelerin ardından İsmail'in gece birden uyandığını ve korkudan yatağını ıslatmış olduğunu görürüz. Ancak filmin sonunda, İsmail'in de öfkesini Cenk gibi dolaysız bir biçimde otoritenin kendisine yöneltme ihtimaline dair bir ipucuyla karşılaşırız. Yaşlı gemici gibi, İsmail de kaçınılmaz kaderinin önüne geçemez. İnançlı bir Müslüman olduğunu gördüğümüz İsmail, korktuğu anda Tanrı'ya dönmek yerine gemide Kürt'ü, yani Canlı Ölüm'ü aramaya başlar. Çünkü Cenk'in hiddetinden onu

sadece Kürt'ün koruyabileceğini bilir. "Neredesin? Kürt! Kürt!" diyen sesi boş ambarda yankılanır ve haykırışına yanıt gelmez. Benzer bir arayış filmin sonuna doğru tekrar karşımıza çıkar. Alper, Nadir'in kollarının kesildiğini, İsmail'in saldırıya uğradığını fark ettiğinde, mürettebattan korkup kendini kamarasına kilitleyen kaptana haykırır. "Çıksana. Neredesin lan? Çıksana. Lan çıksana, duymuyor musun? Neredesin? Duymuyor musun bizi? [….] Duysana lan." Kaptan, nam-ı diğer Beybaba, olanları duyar, fakat hem mürettebat gibi karşılaştıkları fantastik olaylardan hem de mürettebattan korktuğu için yardım çığlıklarına duyarsız kalır. Aslı Tekinay'a göre Coleridge'in şiirindeki yaşlı gemicinin özgürlük sanrısı kendisinden alınmış ve gemici çaresiz kalmıştır. Gemici, gotik bir kâbus atmosferinde gün ışığında yüzleşmek istemediklerini kabul etmek zorunda kalır: bir düzenin ve iyicil bir gücün yokluğunu. Evren kaotiktir (2000, 188). *Sarmaşık*'taki mürettebatın yardımına da kimse gelmeyecektir.

SONUÇ

Karaçelik, Coleridge'in şiirindeki bazı ögeleri büyülü gerçekçi sembollere dönüştürür. Bunlardan biri de film boyunca kıyıda köşede ve bağlamdan kopuk bir şekilde karşılaştığımız, filmin sonunda da gemiyi saran salyangozlardır. Yaşlı gemicinin bulunduğu gemideki mürettebat öldükten sonra gemici, deniz canlılarının ve kendisinin hâlâ hayatta oluşuna hayıflanır; bin sümüklü yaratığın ve kendisinin yaşamaya devam ettiğini söyler (2008, 71). Deniz canlılarından sümüklü yaratıklar diye söz ettiği sürece dua edemez, Tanrı'ya yaklaşamaz. Bir röportajında Karaçelik de filmde kullanılan salyangozların sayısının bin olduğunu belirtir (2016, para. 25). Gemicinin deniz canlılarına yaklaşımının aksine Cenk, salyangozlarla iletişim kurar, onlara ne kadar güzel olduklarını söyler, ağlar ve dans etmeye başlar. Cenk kurtuluşun kendisinde olduğunu anlamıştır ama karşılığında aklını yitirmiş görünür.

İki eser de denizin, deniz canlılarının ve geminin arketipsel imgelerini sıradan bir biçimde kullansalar da onları aynı zamanda alegorik çerçevelere yerleştirip büyülü gerçekçi ögelerle zenginleştirdikleri için okura ve izleyiciye eserleri yorumlamak için geniş bir alan bırakırlar. Özellikle *Sarmaşık*, çoğunlukla ulusal bir alegori olarak okunmasına rağmen izleyiciyi büyülü gerçekçi sembolleriyle hem şaşırtır hem de özgürleştirirken şiirden alıntılarla sağladığı referansları izlek olarak kullanmaya devam eder. Ancak, okur şiirdeki sembollere aşina olmadığı sürece bu alegorilerdeki paralellikleri fark edemez ve izleği takip etmesi zorlaşır. İzleğin takip edilememesi izleyicinin analizinde tümüyle farklı bir sonuca ulaşmasına yol açmasa da yaşananların zamandan bağımsız, evrensel doğasına yapılan vurguyu kaçırabilir. Nitekim yönetmen, izleyiciye gemi ve denizin ötesinde şiirde de yer alan birçok sembol sunar.

Sarmaşık, siyasî bir yapının alegorisi olarak da okunabilir. Ancak, sınırlı bir mekânda insan psişenin çözülüşü, batırılmış bireysel korkuların yüzeye çıkışı ve önyargıların görünür hale gelişi açısından da incelenmesi gerekir. Açıkta bekleyen, hareket edemeyen, sınırları belli gemi, dış dünyadan tamamen kopmuştur. Dış faktörlerin yokluğunda bilinçaltının yüzeye çıktığı bir mekân haline gelir. Karakterlerin kendileriyle yüzleşme süreçleri büyücü gerçekçi sembollerle şekillenir. Yalnızlık ve varoluşsal kaygılar, suçluluk duygusu, otoritenin sorgulanışı hem ahlâkî hem de psikolojik bir karşılaşmanın sonuçları olarak temsil edilir. Coleridge'de doğaüstü semboller de benzer şekilde edebî araçlar olarak kullanılır. Karaçelik'in filminde karakterlerin kırılma ya da bir açıdan bakıldığında özgürleşme anları da bu olağanüstü sembollerle eşleştirilir. Böylece farklı tür ve anlatı biçimlerinde bireyin kendi bilinçaltıyla karşılaşması büyülü gerçekçilikle tekrar üretilmiş olur.

KAYNAKÇA

Coleridge, S. T. (2008). *Yaşlı Gemici*. İstanbul: İletişim Yayıncılık.

Gürsoy, N. (2016). “Tolga Karaçelik’le Metaforik bir Söyleşi”, https://filmhafizasi.com/tolga-karacelikle-metaforik-bir-soylesi/

Jung, C. G. (1980). Adler, G., R. F. C. Hull (eds.). *The Collected Works of Carl G. Jung: Volume 9, Part 1*. New York: Princeton University Press.

Jung, C. G. (1984). McGuire W. (ed). *Dream Analysis: Notes of the Seminar Given in 1928-1930*. New Jersey: Princeton University Press.

Jung, C. G. (1988). *Man and His Symbols*. New York: Anchor Press.

Jung, C. G. (1989). *Memories, Dreams, Reflections*. New York: Vintage Books.

Karaçelik, T. (Yönetmen). (2015). *Sarmaşık*. Cine Chromatix, Insignia Productions, Jomami Film Produktion, Kalafilm, Karaçelik Film Yapım.

Tekinay, A. (2000). “Samuel Coleridge’s ‘The Rime of the Ancient Mariner” and ‘Christabel’: Doubts about the Universal Order”, *Doğuş Üniversitesi Dergisi*, 1(1), 184-192.

APPLICATION OF QUASI-F-POWER ICREASING SEQUENCES FOR ABSOLUTE MATRIX SUMMABLITY

Prof. Dr. Şebnem YILDIZ YAR

Ordu University, Department of Mathematics, Ordu, Turkey

Çağlayan Bülür

Ordu University, Department of Mathematics, Ordu, Turkey

ABSTRACT

A positive sequence $X = (X_n)$ is said to be a quasi-f-power increasing sequence if there exists a constant $K = K(X, f) \geq 1$ such that the equality $Kf_nX_n \geq f_mX_m$, holds for $n \geq m \geq 1$, where $f = (f_n) = \{n^{\mu}(logn)^{\sigma}, \sigma \geq 0{,}0 < \mu < 1\}$ (Sulaiman, 2006). It should be noted that if we take $\sigma = 0$, then we get a quasi-μ-power increasing sequence.

Bor proved the basic theorem dealing with Riesz summability factors of infinite series using quasi-f-power increasing sequences. In this paper we extend that theorem for an absolute matrix summability method. Some results will also be obtained for basic summability methods.

Keywords: Summability factors, absolute matrix summability, infinite series, Hölder's inequality, Minkowski inequality.

INTRODUCTION

Let $\sum a_n$ be a given infinite series with the sequence of partial sums be denoted by (s_n). We denote by u_n^{α} the nth Cesàro mean of order α, with $\alpha > -1$, of the sequence (s_n), that is (Cesàro, 1890)

$$u_n^{\alpha} = \frac{1}{A_n^{\alpha}} \sum_{j=0}^{n} A_{n-j}^{\alpha-1} s_j \,, \tag{1}$$

where

$$A_n^{\alpha} = \frac{(\alpha+1)(\alpha+2)\ldots(\alpha+n)}{n!} = O(n^{\alpha}), \qquad A_{-n}^{\alpha} = 0 \quad for \quad n > 0. \tag{2}$$

A series $\sum a_n$ is said to be summable $|C, \alpha|_k$, $k \geq 1$, if (Flett, 1957)

$$\sum_{n=1}^{\infty} n^{k-1} |u_n^{\alpha} - u_{n-1}^{\alpha}|^k < \infty. \tag{3}$$

If we take $\alpha = 1$, then we get the $|C, 1|_k$ summability. Let (p_n) be a sequence of positive real numbers such that

$$P_n = \sum_{j=0}^{n} p_j \to \infty \quad as \quad n \to \infty, \qquad (P_{-i} = p_{-i} = 0, \ \ i \geq 1). \tag{4}$$

The sequence-to-sequence transformation

$$\omega_n = \frac{1}{P_n} \sum_{j=0}^{n} p_j s_j \tag{5}$$

defines the sequence (ω_n) of the weighted arithmetic mean or simply the $(\overline{N}, p_n)$ mean of the sequence (s_n), generated by the sequence of coefficients (p_n) (Hardy, 1949). The series $\sum a_n$ is called summable $\left|\overline{N}, p_n\right|_k$, $k \geq 1$, if (Bor, 1985)

$$\sum_{n=1}^{\infty} \left(\frac{P_n}{p_n}\right)^{k-1} |\omega_n - \omega_{n-1}|^k < \infty. \tag{6}$$

If we take $p_n = 1$ for all n, then we obtain $|C, 1|_k$ summability.

Let (θ_n) be any sequence of positive constants. The series $\sum a_n$ is said to be summable $\left|\overline{N}, p_n; \theta_n\right|_k$, $k \geq 1$, if (Sulaiman, 1992)

$$\sum_{n=1}^{\infty} \theta_n^{k-1} |\omega_n - \omega_{n-1}|^k < \infty. \tag{7}$$

If we take $\theta_n = \frac{P_n}{p_n}$, then $\left|\overline{N}, p_n; \theta_n\right|_k$ summability reduces to $\left|\overline{N}, p_n\right|_k$ summability. Also, if we take $\theta_n = \frac{P_n}{p_n}$ and $p_n = 1$ for all n, then we obtain $|C, 1|_k$ summability.

Let $A = (a_{nj})$ be a normal matrix, i.e., a lower triangular matrix with nonzero diagonal entries. Then A defines a sequence-to-sequence transformation, mapping of the sequence (s_n) to $As = (A_n(s))$, where

$$A_n(s) = \sum_{j=0}^{n} a_{nj} s_j \ , \qquad n = 0,1, \ldots . \tag{8}$$

The series $\sum a_n$ is said to be summable $|A, \theta_n|_k$, $k \geq 1$, if (Özarslan, 2009; Sarıgöl, 2010)

$$\sum_{n=1}^{\infty} \theta_n^{k-1} |A_n(s) - A_{n-1}(s)|^k < \infty, \tag{9}$$

where (θ_n) is a sequence of positive real numbers.

When A is the matrix of $(\overline{N}, p_n)$ mean, in which $A = (a_{nj})$ is defined as $a_{nj} = \frac{p_j}{P_n}$, where $P_n = p_0 + \cdots + p_n$, then $|A, \theta_n|_k$ summability is reduced to $\left|\overline{N}, p_n; \theta_n\right|_k$ summability.

1. KNOWN RESULTS

For any sequence (λ_n), we write $\Delta\lambda_n = \lambda_n - \lambda_{n+1}$ and $\Delta^2\lambda_n = \Delta\lambda_n - \Delta\lambda_{n+1}$. A sequence (λ_n) is said to be of bounded variation, denoted by $(\lambda_n) \in \mathcal{BV}$, if

$$\sum_{n=1}^{\infty} |\Delta\lambda_n| < \infty.$$

A positive sequence $\delta = (\delta_n)$ is said to be a quasi-μ-power increasing sequence if there exists a constant $K = K(\mu, \delta) \geq 1$ such that the equality $Kn^{\mu}\delta_n \geq m^{\mu}\delta_m$, holds for $n \geq m \geq 1$ (Leindler, 2001). A positive sequence $X = (X_n)$ is said to be a quasi-f-power increasing sequence if there exists a constant $K = K(X, f) \geq 1$ such that the equality $Kf_nX_n \geq f_mX_m$, holds for $n \geq m \geq 1$, where (Sulaiman, 2006)

$$f = (f_n) = \{n^{\mu}(logn)^{\sigma}, \sigma \geq 0, 0 < \mu < 1\}.$$

It should be emphasized that if we take $\sigma = 0$, then we get a quasi-μ-power increasing sequence.

Bor (2012a) proved the following theorem concerning $\left|\overline{N}, p_n; \theta_n\right|_k$ summability factors of infinite series using quasi-μ-power increasing sequences.

Theorem 2.1. Let $\left(\frac{\theta_n p_n}{P_n}\right)$ be a non-increasing sequence. Let $(\lambda_n) \in \mathcal{BV}$ and (X_n) be a quasi-μ-power increasing sequence for some μ $(0 < \mu < 1)$. Suppose also that there exist sequences (β_n) and (λ_n) such that

$$|\Delta\lambda_n| \leq \beta_n, \tag{10}$$

$$\beta_n \to \infty \quad as \quad n \to \infty, \tag{11}$$

$$\sum_{n=1}^{\infty} n\,|\Delta\beta_n|\,X_n < \infty, \tag{12}$$

$$|\lambda_n|\,X_n = O(1). \tag{13}$$

If

$$\sum_{j=1}^{n} \theta_j^{k-1} \frac{\left|s_j\right|^k}{j^k} = O(X_n) \quad as \quad n \to \infty \tag{14}$$

and (p_n) is a sequence such that

$$P_n = O(np_n), \tag{15}$$

$$P_n\Delta p_n = O(p_n p_{n+1}), \tag{16}$$

then the series $\sum_{n=1}^{\infty} a_n \frac{P_n\lambda_n}{np_n}$ is summable $\left|\overline{N}, p_n; \theta_n\right|_k, k \geq 1$.

The above theorem was extended by Bor (2012b) to quasi-f-power increasing sequences as follows:

Theorem 2.2. Let $\left(\frac{\theta_n p_n}{P_n}\right)$ be a non-increasing sequence. Let $(\lambda_n) \in \mathcal{BV}$ and (X_n) be a quasi-f-power increasing sequence for some μ $(0 < \mu < 1)$ and $\sigma \geq 0$. If the conditions $(10) - (16)$ are satisfied, then the series $\sum_{n=1}^{\infty} a_n \frac{P_n\lambda_n}{np_n}$ is summable $\left|\overline{N}, p_n; \theta_n\right|_k, k \geq 1$.

It should be noted that if we take $\sigma = 0$, then we obtain Theorem 2.1. The above theorem was proved by Bor (2016) under weaker conditions as follows:

Theorem 2.3. Let $\left(\frac{\theta_n p_n}{P_n}\right)$ be a non-increasing sequence. Let (X_n) be a quasi-f-power increasing sequence for some μ $(0 < \mu < 1)$ and $\sigma \geq 0$. If the conditions $(10) - (13)$, $(15) - (16)$ and

$$\sum_{j=1}^{n} \theta_j^{k-1} \frac{|s_j|^k}{j^k X_j^{k-1}} = O(X_n) \quad as \quad n \to \infty \tag{17}$$

are satisfied, then the series $\sum_{n=1}^{\infty} a_n \frac{P_n \lambda_n}{n p_n}$ is summable $\left|\overline{N}, p_n; \theta_n\right|_k, k \geq 1$.

Remark. It should be noted that condition (17) reduces to condition (14), when $k = 1$. For $k > 1$, condition (17) is weaker than condition (14), but the converse does not hold.

MAİN RESULTS

The aim of this paper is to generalize Theorems 2.2 and 2.3 concerning $\left|\overline{N}, p_n; \theta_n\right|_k$ summability to more general matrix summability method by using normal matrix instead of weighted mean matrix. Before stating the main theorem, we introduce some additional notation.

Given a normal matrix $A = (a_{nj})$, we associate two lower semimatrices $\bar{A} = (\bar{a}_{nj})$ and $\hat{A} = (\hat{a}_{nj})$ as follows:

$$\bar{a}_{nj} = \sum_{i=j}^{n} a_{ni}, \qquad n, j = 0,1, \ldots, \tag{18}$$

$$\hat{a}_{00} = \bar{a}_{00} = a_{00}, \quad \hat{a}_{nj} = \bar{a}_{nj} - \bar{a}_{n-1,j}, \qquad n = 0,1, \ldots. \tag{19}$$

It may be noted that $\bar{A}$ and $\hat{A}$ are the well-known matrices of series-to-sequence and series-to-series transformations, respectively. Then, we have

$$A_n(s) = \sum_{j=0}^{n} a_{nj} s_j = \sum_{j=0}^{n} \bar{a}_{nj} a_j \tag{20}$$

and

$$A_n(s) - A_{n-1}(s) = \sum_{j=0}^{n} \hat{a}_{nj}\, a_j. \tag{21}$$

With general matrix notations, we have the following theorems.

Theorem 3.1. Let $A = (a_{nj})$ be a positive normal matrix such that

$$\bar{a}_{n0} = 1, \qquad n = 0,1, \ldots, \tag{22}$$

$$a_{n-1,j} \geq a_{nj}, \quad for \quad n \geq j + 1, \tag{23}$$

$$a_{nn} = O\left(\frac{p_n}{P_n}\right), \tag{24}$$

$$\sum_{j=1}^{n-1} a_{jj} \left|\hat{a}_{n,j+1}\right| = O(a_{nn}). \tag{25}$$

Let $(\theta_n a_{nn})$ be a non-increasing sequence. Let (X_n) be a quasi-f-power increasing sequence for some μ $(0 < \mu < 1)$ and $\sigma \geq 0$, $(\lambda_n) \in \mathcal{BV}$. If the sequences (X_n), (β_n), (λ_n) and (p_n) satisfy all the conditions of Theorem 2.2, then the series $\sum_{n=1}^{\infty} a_n \frac{P_n \lambda_n}{n p_n}$ is summable $|A, \theta_n|_k$, $k \geq 1$.

Theorem 3.2. Let $A = (a_{nj})$ be a positive normal matrix satisfying conditions $(22) - (25)$ of Theorem 3.1. Let $(\theta_n a_{nn})$ be a non-increasing sequence. Let (X_n) be a quasi-f-power increasing sequence for some μ $(0 < \mu < 1)$ and $\sigma \geq 0$. If the sequences (X_n), (β_n), (λ_n) and (p_n) satisfy all the conditions of Theorem 2.3, then the series $\sum_{n=1}^{\infty} a_n \frac{P_n \lambda_n}{n p_n}$ is summable $|A, \theta_n|_k$, $k \geq 1$.

The following lemmas are required to prove our theorems.

Lemma 3.1 (Bor, 2012b). Under the conditions on (X_n), (β_n) and (λ_n) as expressed in the statement of Theorem 2.2, we have the following:

$$nX_n\beta_n = O(1), \tag{26}$$

$$\sum_{n=1}^{\infty} \beta_n X_n < \infty. \tag{27}$$

Lemma 3.2 (Mishra and Srivastava, 1984). If the conditions (15) and (16) of Theorem 2.1 are satisfied, then we have that $\Delta\left(\frac{P_n}{n p_n}\right) = O\left(\frac{1}{n}\right)$.

Proof of Theorems 3.1 and 3.2

Let (V_n) denotes the A-transform of the series $\sum_{n=1}^{\infty} a_n \frac{P_n \lambda_n}{n p_n}$. Then, by the definition (21), we have

$$V_n - V_{n-1} = \sum_{j=1}^{n} \hat{a}_{nj} a_j \frac{P_j \lambda_j}{j p_j}.$$

Applying Abel's transformation to this sum, we have

$$\begin{aligned} V_n - V_{n-1} &= \sum_{j=1}^{n-1} \Delta_j \left(\frac{\hat{a}_{nj} P_j \lambda_j}{j p_j}\right) \sum_{r=1}^{j} a_r + \frac{\hat{a}_{nn} P_n \lambda_n}{n p_n} \sum_{r=1}^{n} a_r \\ &= \sum_{j=1}^{n-1} \Delta_j \left(\frac{\hat{a}_{nj} P_j \lambda_j}{j p_j}\right) s_j + \frac{\hat{a}_{nn} P_n \lambda_n}{n p_n} s_n, \end{aligned}$$

by the formula for the difference of products of sequences (Hardy, 1949), we obtain

$$\begin{aligned} V_n - V_{n-1} &= \frac{a_{nn} P_n \lambda_n}{n p_n} s_n + \sum_{j=1}^{n-1} \frac{P_j \lambda_j}{j p_j} \Delta_j \left(\hat{a}_{nj}\right) s_j \\ &\quad + \sum_{j=1}^{n-1} \hat{a}_{n,j+1} \frac{P_{j+1}}{(j+1) p_{j+1}} \Delta\lambda_j \, s_j + \sum_{j=1}^{n-1} \hat{a}_{n,j+1} \lambda_j \, \Delta\left(\frac{P_j}{j p_j}\right) s_j \\ &= V_{n,1} + V_{n,2} + V_{n,3} + V_{n,4}. \end{aligned}$$

To complete the proof of Theorems 3.1 and 3.2, by Minkowski's inequality, it is sufficient to show that

$$\sum_{n=1}^{\infty} \theta_n^{k-1} \left| V_{n,r} \right|^k < \infty, \qquad for \qquad r = 1,2,3,4.$$

CONCLUSIONS

1. If we take $a_{nj} = \frac{p_j}{P_n}$ in Theorem 3.1, then we can return to Theorem 2.2 dealing with $\left|\overline{N}, p_n; \theta_n\right|_k$ summability.

2. If we take $\sigma = 0$ and $a_{nj} = \frac{p_j}{P_n}$ in Theorem 3.1, then we can return to Theorem 2.1 dealing with quasi-μ-power increasing sequence.

3. If we put $a_{nj} = \frac{p_j}{P_n}$ and $p_n = 1$ for all n in Theorem 3.1 and 3.2, then we obtain a results concerning $|C, 1; \theta_n|_k$ summability.

4. If we take $a_{nj} = \frac{p_j}{P_n}$ in Theorem 3.2, then we can return to Theorem 2.3 dealing with $\left|\overline{N}, p_n; \theta_n\right|_k$ summability.

REFERENCES

Bor, H. (1985). On two summability methods. Mathematical Proceedings of the Cambridge Philosophical Society, 97, 147-149.

Bor, H. (2012). New application of power increasing sequencs. Mathematica Aeterna, 2, 423-429.

Bor, H. (2012). A new application of generalized quasi-power increasing sequences. Ukrainian Mathematical Journal, 64, 835-843.

Bor, H. (2016). On quasi-power increasing sequences and their some applications. International Journal of Analysis and Applications, 10, 95-100.

Cesàro, E. (1890). Sur la multiplication des series. Bulletin des Sciences Mathématiques, 14, 114-120.

Flett, T. M. (1957). On an extension of absolute summability and some theorems of Littlewood and Paley, Proceedings of the London Mathematical Society, 7, 113-141.

Hardy, G. H. (1949). Divergent Series, Clarendon Press. Oxford.

Leindler, L. (2001). A new application of quasi-power increasing sequnces. Publicationes Mathematicae Debrecen, 58, 791-796.

Mishra, K. N., Srivastava, R. S. L. (1984). On $|\overline{\mathrm{N}}, \mathrm{p_n}|$ summability factors of infinite series. Indian Journal of Pure and Applied Mathematics, 15, 651-656.

Özarslan, H. S., Kandefer, T. (2009). On the relative strength of two absolute summability methods. Journal of Computational Analysis and Applications, 11, 576-583.

Sarıgöl, M. A. (2010). On the local properties of factored Fourier series. Applied Mathematics and Computation, 216, 3386–3390.

Sulaiman, W. T. (1992). On some summability factors of infinite series. Proceedings of the American Mathematical Society, 115, 313-317.

Sulaiman, W. T. (2003). Inclusion theorems for absolute matrix summability methods of an infinite series. IV. Indian Journal of Pure and Applied Mathematics, 34 (11), 1547-1557.

Sulaiman, W. T. (2006). Extension on absolute summability factors of infinite series. Journal of Mathematical Analysis and Applications, 322, 1224-1230.

Tanovič-Miller, N. (1979). On strong summability, Glasnik Matematički. Serija III, 14, 87-97

RULED SURFACES GENERATED BY THE LINEAR COMBINATION OF FRENET VECTORS ALONG THE T-PEDAL CURVE

Asst. Prof. Süleyman ŞENYURT

Faculty of Arts and Sciences, Department of Mathematics, Ordu University, Ordu,Türkiye

Orcid : 0000-0003-1097-5541

Selinay GÜNSEVER

Faculty of Arts and Sciences, Department of Mathematics, Ordu University, Ordu,Türkiye

Orcid : 0009-0000-6258-6965

ABSTRACT

In this study, a new ruled surface is defined via the motion of a vector obtained as a linear combination of the Frenet frame vectors along the pedal curve, which is the locus of the orthogonal projections onto the tangent vector of a differentiable curve. Subsequently, the first, second and third fundamental forms of the obtained surfaces, as well as their Gaussian and mean curvatures, distribution parameters, and striction curves, are computed separately, and the results are expressed in terms of the invariants of the base curve. Furthermore, it is theoretically proven that, in the special case $a = 1, b = c = 0$, the surface exhibits a developable structure and in this case, the striction curve serves as the envelope of the rulings of the surface. Finally, the theoretical results are illustrated graphically through the example of a helix.

Keywords: Pedal Curve, Ruled Surface, Gaussian Curvature, Fundamental Forms, Distribution Parameter, Striction Curve

1. INTRODUCTION AND PRELIMINARIES

In the literature of differential geometry, the relationships between the geometric properties of a curve and the surfaces constructed based on this curve have consistently attracted significant attention. In particular, ruled surfaces, which are generated by the motion of a straight line (ruling) along a curve (base curve), possess a wide range of applications in both theoretical mathematics and practical fields such as architecture and engineering design. The geometric characterization of ruled surfaces is achieved through invariants such as the first, second and third fundamental forms, as well as Gaussian and mean curvatures. In the existing literature, numerous studies have focused on ruled surfaces generated via the Frenet frame of a given curve. However, the use of special curves derived from a given curve, such as pedal curves and involute–evolute pairs, instead of classical base curves provides new perspectives in surface geometry. The pedal curve is defined as the locus of the foot of the perpendiculars drawn from a fixed point to the tangents of a given curve (Kaya, 2025; Şenyurt et al, 2024). Due to its geometric nature, the pedal curve encodes essential information about the family of tangents, making the ruled surfaces constructed along this curve natural models for kinematic and optical design applications. In this study, the pedal curve is taken as the base curve of the

ruled surface, while the ruling is defined by a vector obtained as a linear combination of the Frenet frame vectors. The main objective of this work is to investigate the differential geometric properties of the resulting family of ruled surfaces, such as the striction curve, distribution parameter, and curvatures, in detail and to express these findings in terms of the invariants of the original curve. The obtained results generalize several special cases in the literature and provide a more comprehensive geometric framework.

Let α be a differentiable curve. The Frenet frame vectors, curvatures and Frenet–Serret formulas of α are given, respectively, by

$$T=\frac{\alpha'}{\|\alpha'\|}, N=B\wedge T,\ \ B=\frac{\alpha'\wedge\alpha''}{\|\alpha'\wedge\alpha''\|}, \tag{1.1}$$

$$\kappa=\frac{\|\alpha'\wedge\alpha''\|}{\|\alpha'\|^3},\quad \tau=\frac{\det(\alpha',\alpha'',\alpha''')}{\|\alpha'\wedge\alpha''\|^2} \tag{1.2}$$

$$T'=\eta\kappa N, N'=\eta(-\kappa T+\tau B),\ \ B'=-\eta\tau N,\ \ \eta=\|\alpha'\| \tag{1.3}$$

These relations are given in (Gray,1997). In E^3, the locus of the orthogonal projections of a fixed point $P\in E^3$, not lying on the curve α, onto the tangent, normal and binormal vectors of α are called the T-pedal, N-pedal and B-pedal curves, respectively. Their parametric representations are given by

$$\begin{aligned}
&\alpha_T(t)=\alpha(t)+u(t)T(t),\quad u(t)=\langle P-\alpha(t),T(t)\rangle,\\
&\alpha_N(t)=\alpha(t)+q(t)N(t),\ \ q(t)=\langle P-\alpha(t),N(t)\rangle,\\
&\alpha_B(t)=\alpha(t)+\varepsilon(t)B(t),\quad \varepsilon(t)=\langle P-\alpha(t),B(t)\rangle
\end{aligned} \tag{1.4}$$

See (Elsharkawy et al, 2025; Elsharkawy et al, 2026). A surface generated by a straight line moving along a curve depending on a parameter is called a ruled surface, and its parametric representation is given by

$$X(t,v)=\alpha(t)+vr(t) \tag{1.5}$$

See (do-Carmo,1976). The first, second and third fundamental forms of a ruled surface are expressed, respectively, as

$$\begin{aligned}
&I=Edt^2+2Fdtdv+Gdv^2,\\
&II=edt^2+2\,fdtdv+gdv^2,\\
&III=ldt^2+2mdtdv+ndv^2
\end{aligned}$$

See (Elsharkawy et al, 2025; Elsharkawy et al, 2026). The coefficients of the fundamental forms, the surface normal N_x, the Gaussian curvature K, and the mean curvature H are given as follows (Struik, 1961):

$$E=\langle X_t, X_t\rangle,\ F=\langle X_t, X_v\rangle,\ \ G=\langle X_v, X_v\rangle,$$
$$e=\langle X_{tt}, N_X\rangle,\ f=\langle X_{tv}, N_X\rangle,\ \mathrm{g}=\langle X_{vv}, N_X\rangle,$$
$$l=\langle (N_X)_t, (N_X)_t\rangle,\ m=\langle (N_X)_t, (N_X)_v\rangle,\ \mathrm{n}=\langle (N_X)_v, (N_X)_v\rangle, \tag{1.7}$$
$$\mathrm{N}_X=\frac{X_t\wedge X_v}{\|X_t\wedge X_v\|},$$

$$K=\frac{eg-f^2}{EG-F^2},\ \ H=\frac{Eg+eG-2fF}{2\left(EG-F^2\right)}. \tag{1.8}$$

2.MATERIALS AND METHODS

Ruled Surfaces Generated by the Motion of the Vector $\Gamma = aT + bN + cB$ Along the T-Pedal Curve

Definition 2.1 Let α_T be the T-pedal curve. The ruled surface generated by the motion of the vector

$$\Gamma = aT + bN + cB$$

along the T-pedal curve is defined by

$$\psi_T^{\Gamma}(t,v)=\alpha_T+v\Gamma=\alpha+(u+av)T+bvN+cvB \tag{2.1}$$

where α_T is the base curve of the surface; $a, b, c \in \mathbb{R}$ and Γ is the ruling vector.

Theorem 2.1 The first fundamental form of the ruled surface $\psi_T^{\Gamma}(t,v)$ is given by

$$I=\left(x_1^2+y_1^2+z_1^2\right)dt^2+2\left(ax_1+by_1+cz_1\right)dtdv+\left(a^2+b^2+c^2\right)dv^2$$

where $x_1(t,v)=\eta+u'-\eta bv\kappa,\ \ y_1(t,v)=\eta\kappa u+\eta v(a\kappa-c\tau),\ \ z_1(t,v)=\eta vb\tau.$

Proof: Taking the partial derivatives of the surface $\psi_T^{\Gamma}(t,v)$ and using the Frenet–Serret formulas given in (1.3), we obtain

$$\left(\psi_T^{\Gamma}\right)_t=x_1T+y_1N+z_1B,\ \ \left(\psi_T^{\Gamma}\right)_v=aT+bN+cB \tag{2.3}$$

From (1.7), the coefficients of the first fundamental form are computed

$$E=x_1^2+y_1^2+z_1^2,\ \ F=ax_1+by_1+cz_1,\ \ G=a^2+b^2+c^2 \tag{2.4}$$

Substituting these expressions into (1.6), This completes the proof.

Theorem 2.2 The second fundamental form of the ruled surface $\psi_T^{\Gamma}(t,v)$ is given by

$$II=\frac{x_2x_3+y_2y_3+z_2z_3}{\sqrt{x_3^2+y_3^2+z_3^2}}dt^2+\frac{x_{1v}x_3+y_{1v}y_3+z_{1v}z_3}{\sqrt{x_3^2+y_3^2+z_3^2}}dtdv\,.$$

where

$$
\begin{aligned}
x_2 &= x_{1t} - \eta y_1 \kappa = \left(\eta + u_t - \eta b v \kappa\right)_t - \eta^2 \left(\kappa^2 u + v\kappa\left(a\kappa - c\tau\right)\right), \\
y_2 &= y_{1t} + \eta\kappa x_1 - \eta\tau z_1 = \left(\eta u\kappa + v\eta\left(a\kappa - c\tau\right)\right)_t + \eta\kappa\left(\eta + u_t\right) - \eta^2 b v\left(\kappa^2 + \tau^2\right) \\
z_2 &= z_{1t} + \eta y_1 \tau = \eta v b\tau + \eta^2 \tau\left(\kappa u + v\left(a\kappa - c\tau\right)\right), \\
x_3 &= c y_1 - b z_1 = \kappa\eta c\left(u + av\right) - \tau v\eta\left(c^2 + b^2\right), \\
y_3 &= a z_1 - c x_1 = \eta b v\left(a\tau + c\kappa\right) - c\left(\eta + u'\right), \\
z_3 &= b x_1 - a y_1 = b\left(\eta + u'\right) - \eta v\kappa\left(b^2 + a^2\right) + a\eta\left(vc\tau - \kappa u\right).
\end{aligned}
\tag{2.5}
$$

Proof: From (2.3), taking the partial derivatives, we obtain

$$
\left(\psi_T^\Gamma\right)_{tt} = x_2 T + y_2 N + z_2 B, \quad \left(\psi_T^\Gamma\right)_{tv} = x_{1v} T + y_{1v} N + z_{1v} B, \quad \left(\psi_T^\Gamma\right)_{vv} = 0
$$

Let the surface normal be denoted by N_T^Γ From (1.7), we have

$$
N_T^\Gamma = \frac{x_3 T + y_3 N + z_3 B}{\sqrt{x_3^2 + y_3^2 + z_3^2}} \tag{2.6}
$$

Accordingly, the coefficients e, f, g of the second fundamental form are given by

$$
e = \frac{x_2 x_3 + y_2 y_3 + z_2 z_3}{\sqrt{x_3^2 + y_3^2 + z_3^2}}, \quad f = \frac{x_{1v} x_3 + y_{1v} y_3 + z_{1v} z_3}{\sqrt{x_3^2 + y_3^2 + z_3^2}}, \quad \mathrm{g} = 0 \tag{2.7}
$$

Substituting these expressions into (1.6), This completes the proof.

Theorem 2.3 Let the Gaussian and mean curvatures of the ruled surface $\psi_T^\Gamma\left(t,v\right)$ r be denoted by K_T^T and H_T^T respectively. Then, these curvatures are given by

$$
K_T^\Gamma = -\frac{\left(x_{1v} x_3 + y_{1v} y_3 + z_{1v} z_3\right)^2}{\left(x_3^2 + y_3^2 + z_3^2\right)\left(\left(x_1^2 + y_1^2 + z_1^2\right)\left(a^2 + b^2 + c^2\right) - \left(a x_1 + b y_1 + c z_1\right)^2\right)},
$$

$$
H_T^\Gamma = \frac{\left(x_2 x_3 + y_2 y_3 + z_2 z_3\right)\left(a^2 + b^2 + c^2\right) - 2\left(x_{1v} x_3 + y_{1v} y_3 + z_{1v} z_3\right)\left(a x_1 + b y_1 + c z_1\right)}{2\left(\left(x_1^2 + y_1^2 + z_1^2\right)\left(a^2 + b^2 + c^2\right) - \left(a x_1 + b y_1 + c z_1\right)^2\right)\sqrt{x_3^2 + y_3^2 + z_3^2}}
$$

Moreover,

$$
EG - F^2 = \left(x_1^2 + y_1^2 + z_1^2\right)\left(a^2 + b^2 + c^2\right) - \left(a x_1 + b y_1 + c z_1\right)^2,
$$

$$
eg - f^2 = -\frac{\left(x_{1v} x_3 + y_{1v} y_3 + z_{1v} z_3\right)^2}{x_3^2 + y_3^2 + z_3^2},
$$

$$
Eg + eG - 2fF = \frac{\left(x_2 x_3 + y_2 y_3 + z_2 z_3\right)\left(a^2 + b^2 + c^2\right) - 2\left(x_{1v} x_3 + y_{1v} y_3 + z_{1v} z_3\right)\left(a x_1 + b y_1 + c z_1\right)}{\sqrt{x_3^2 + y_3^2 + z_3^2}}
$$

Substituting these expressions into (1.8), the desired results are obtained.

Theorem 2.4 Let the striction curve of the ruled surface $\psi_T^\Gamma\left(t,v\right)$ be denoted by $\beta_T\left(t\right)$ Then, its parametrization is given by

$$\beta_T(t)=\alpha_T+\frac{(\eta+u_t)\kappa b-u\kappa\eta(a\kappa-c\tau)}{\eta\left((a\kappa-c\tau)^2+b^2(\kappa^2+\tau^2)\right)\sqrt{(\eta+u_t)^2+(u\eta\kappa)^2}}\Gamma$$

Proof: From the definition of the striction curve, the striction curve corresponding to the surface $\psi_T^{\Gamma}(t,v)$ can be written as

$$\beta_T(t)=\alpha_T-\frac{\langle T_1,\Gamma'\rangle}{\|\Gamma'\|^2}\Gamma$$

See (Elsharkawy et al, 2025). From (1.3) and (2.3), the tangent vector of the curve $\alpha_T(t)$ is obtained as

$$T_1=\frac{\alpha_T'}{\|\alpha_T'\|}=\frac{(\eta+u')T+u\eta\kappa N}{\sqrt{(\eta+u')^2+(u\eta\kappa)^2}}$$

Moreover

$$\Gamma'=-\eta\kappa bT+\eta(a\kappa-c\tau)N+\eta\tau bB,\quad \|\Gamma'\|^2=\eta^2\left(b^2(\kappa^2+\tau^2)+(a\kappa-c\tau)^2\right)$$

substituting these expressions into the definition of the striction curve yields the desired result.

Theorem 2.5 Let the distribution parameter of the ruled surface $\psi_T^{\Gamma}(t,v)$ be denoted by μ_T Then, it is given by

$$\mu_T=\frac{-\eta\kappa^2bcu-c(a\kappa-c\tau)(\eta+u')-\tau b\left(au\eta\kappa-b(\eta+u')\right)}{\eta\left(b^2(\kappa^2+\tau^2)+(a\kappa-c\tau)^2\right)\sqrt{(\eta+u')^2+(u\eta\kappa)^2}}$$

Proof: From the definition of the distribution parameter, we have $\mu_T=\frac{\det(T_1,\Gamma,\Gamma')}{\|\Gamma'\|^2}$.

See (Elsharkawy et al, 2025). From this, it follows that

$$\det(T_1,\Gamma,\Gamma')=\frac{-\eta^2\kappa^2bcu-\eta c(a\kappa-c\tau)(\eta+u')-\eta\tau b\left(au\eta\kappa-b(\eta+u')\right)}{\sqrt{(\eta+u')^2+(u\eta\kappa)^2}}$$

Substituting these expressions into the definition of μ_T, the desired result is obtained.

Theorem 2.6 The third fundamental form of the ruled surface $\psi_T^{\Gamma}(t,v)$ is given by

$$III=\left(x_5^2+y_5^2+z_5^2\right)dt^2-2\left(x_5x_{4v}+y_5y_{4v}+z_5z_{4v}\right)dtdv+\left(x_{4v}^2+y_{4v}^2+z_{4v}^2\right)dv^2$$

where

$$x_4=\frac{x_3}{\sqrt{x_3^2+y_3^2+z_3^2}},\ y_4=\frac{y_3}{\sqrt{x_3^2+y_3^2+z_3^2}},\ z_4=\frac{z_3}{\sqrt{x_3^2+y_3^2+z_3^2}},$$

$$x_5=x_{4t}-\eta y_4\kappa,\ y_5=y_{4t}+\eta x_4\kappa-\eta z_4\tau,\ z_5=z_{4t}+\eta y_4\tau$$

Proof: From (2.6), taking the partial derivatives of N_T^{Γ}, we obtain

$$\left(N_T^{\Gamma}\right)_t = x_5 T + y_5 N + z_5 B, \quad \left(N_T^{\Gamma}\right)_v = x_{4v} T + y_{4v} N + z_{4v} B$$

From (1.7), the coefficients of the third fundamental form are given by

$$l = x_5^2 + y_5^2 + z_5^2, \quad m = x_5 x_{4v} + y_5 y_{4v} + z_5 z_{4v}, \quad \mathrm{n} = x_{4v}^2 + y_{4v}^2 + z_{4v}^2 \qquad (2.8)$$

Substituting these expressions into (1.6), the proof is completed.

Corollary 2.1 $a=1,\ b=c=0$ then $\psi_T^{\Gamma}(t,v) = \psi_T^{T}(t,v)$ is a developable surface. The study given in (Elsharkawy et al, 2025) is a special case of the present work.

Corollary 2.2 $a=0,\ b=1, c=0$ then $\psi_T^{\Gamma}(t,v) = \psi_T^{N}(t,v)$, the result given in (Elsharkawy et al, 2025) is a special case of this study.

Corollary 2.3 $a=0,\ b=0, c=1$ then $\psi_T^{\Gamma}(t,v) = \psi_T^{B}(t,v)$, he corresponding result in (Elsharkawy et al, 2025) is also a special case of the present study.

Example 2.1. Let $\alpha(t) = (\cos t, \sin t, 2t)$ be a helix. The Frenet frame vectors and curvatures of $\alpha(t)$ are given by

$$T = \frac{1}{\sqrt{5}}(-\sin t, \cos t, 2), N = (-\cos t, -\sin t, 0), B = \frac{1}{\sqrt{5}}(2\sin t, -2\cos t, 1), \kappa = \frac{1}{5}, \tau = \frac{2}{5}$$

With respect to the origin, the T-pedal curve α_T and the vector Γ are given by

$$\alpha_T(t) = \left(\cos t + \frac{4t}{5}\sin t, \sin t - \frac{4t}{5}\cos t, \frac{2t}{5}\right),$$

$$\Gamma = \frac{1}{\sqrt{5}}\left(-a\sin t - \sqrt{5}b\cos t + 2c\sin t, a\cos t - \sqrt{5}b\sin t - 2c\cos t, 2a + c\right)$$

Accordingly, the equation of the ruled surface $\psi_T^{\Gamma}(t,v)$ is obtained as

$$\psi_T^{\Gamma}(t,v) = \alpha_T + v\Gamma = \left(\cos t + \frac{4t}{5}\sin t, \sin t - \frac{4t}{5}\cos t, \frac{2t}{5}\right) + v\frac{1}{\sqrt{5}}\begin{pmatrix} -a\sin t - \sqrt{5}b\cos t + 2c\sin t, \\ a\cos t - \sqrt{5}b\sin t - 2c\cos t, 2a + c \end{pmatrix}$$

Special Case 1. If $a=1, b=c=0$ then the equation of the ruled surface $\psi_T^{\Gamma}(t,v)$ is given by

$$\psi_T^{\Gamma}(t,v) = \left(\cos t + \frac{4t}{5}\sin t, \sin t - \frac{4t}{5}\cos t, \frac{2t}{5}\right) + \frac{v}{\sqrt{5}}(-\sin t, \cos t, 2)$$

as shown in Figure 1.

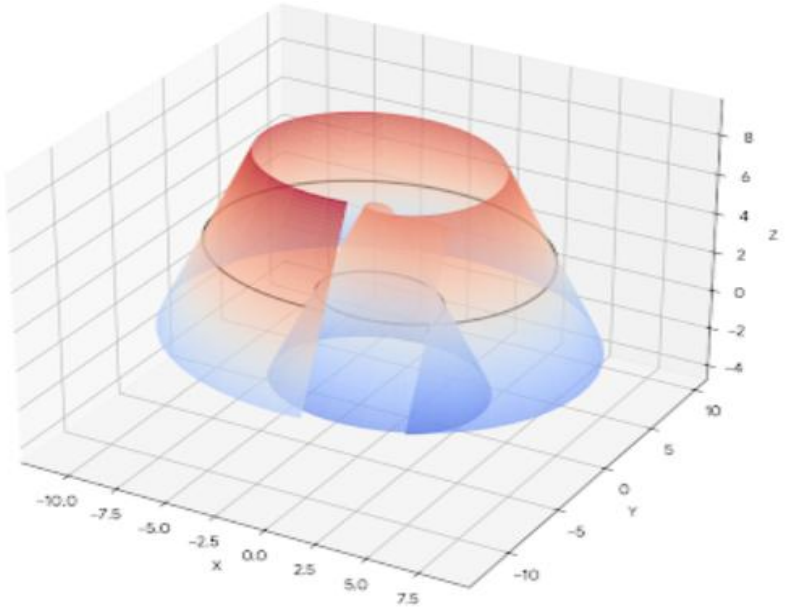


Figure 1. $\psi_T^{\Gamma}(t,v)=\psi_T^{T}(t,v)$ regle surface

Special Case 2. If $b=6, a=c=0$ then the equation of the ruled surface $\psi_T^{\Gamma}(t,v)$ is given by

$$\psi_T^{\Gamma}(t,v)=\left(\cos t+\frac{4t}{5}\sin t,\sin t-\frac{4t}{5}\cos t,\frac{2t}{5}\right)+\frac{6v}{\sqrt{5}}(-\cos t,-\sin t,0)$$

as shown in Figure 2.

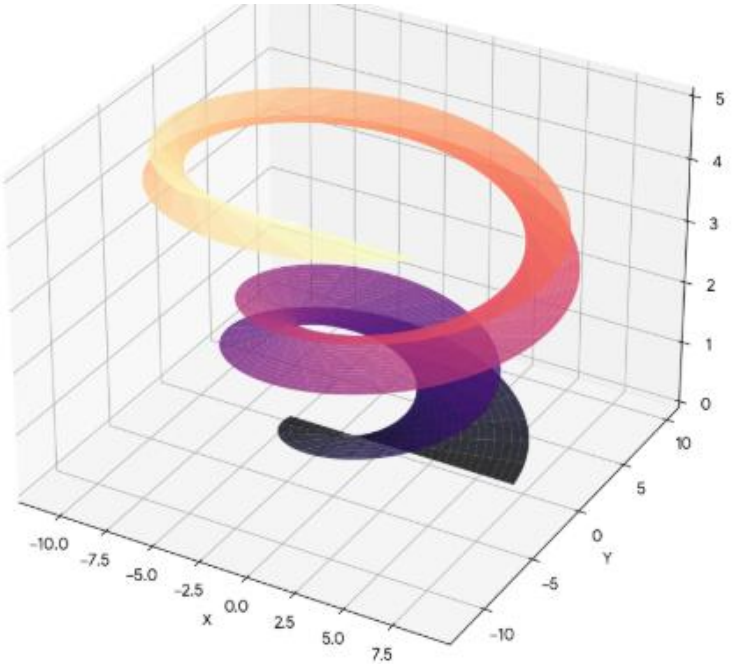
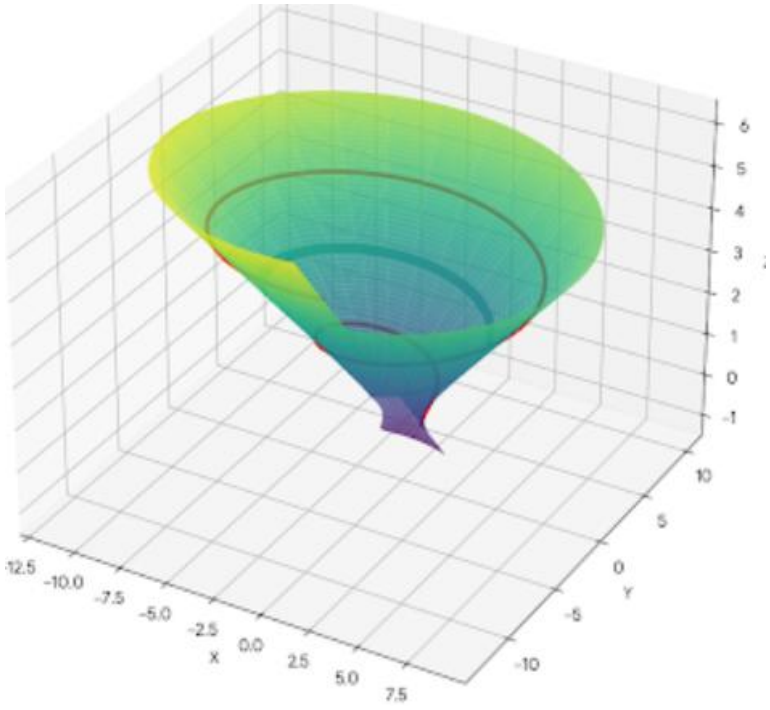


Figure 2. $\psi_T^{\Gamma}(t,v)=\psi_T^{N}(t,v)$ regle surface

Special Case 3. If $a=b=0, c=3$ then the equation of the ruled surface $\psi_T^{\Gamma}(t,v)$ is given by

$$\psi_T^{\Gamma}(t,v)=\left(\cos t+\frac{4t}{5}\sin t,\sin t-\frac{4t}{5}\cos t,\frac{2t}{5}\right)+\frac{3v}{\sqrt{5}}(2\sin t,-2\cos t,1)$$

as shown in Figure 3.



Special Case 4. $a=b=c=1$ then the equation of the ruled surface $\psi_T^{\Gamma}(t,v)$ is given by

$$\psi_T^{\Gamma}(t,v)=\left(\cos t+\frac{4t}{5}\sin t,\sin t-\frac{4t}{5}\cos t,\frac{2t}{5}\right)+v\frac{1}{\sqrt{5}}\left(\sin t-\sqrt{5}\cos t,-\cos t-\sqrt{5}\sin t,3\right)$$

as shown in Figure 4.

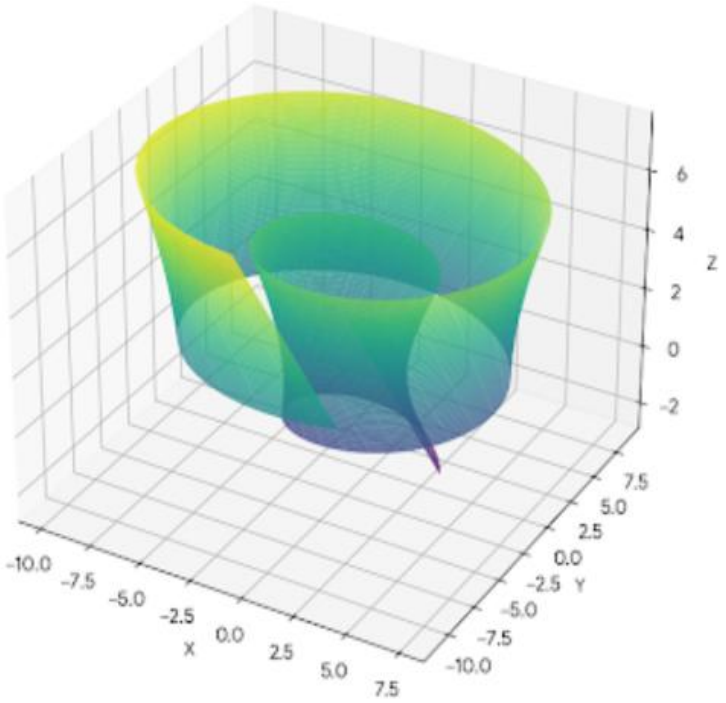


Figure 4. $\psi_T^{\Gamma}(t,v)$ regle surface

Example 3.2 Let $P(0,0,10)$ be given. Then, the T-pedal curve is obtained as

$$\alpha_T(t)=\left(\cos t+\frac{4t-20}{5}\sin t,\sin t-\frac{4t-20}{5}\cos t,\frac{2t+40}{5}\right).$$

Accordingly, the equation of the ruled surface $\psi_T^{\Gamma}(t,v)$ is given by

$$\psi_T^{\Gamma}(t,v)=\left(\cos t+\frac{4t-20}{5}\sin t,\sin t-\frac{4t-20}{5}\cos t,\frac{2t+40}{5}\right)+\frac{v}{\sqrt{5}}\begin{pmatrix}-a\sin t-\sqrt{5}b\cos t+2c\sin t,\\ a\cos t-\sqrt{5}b\sin t-2c\cos t,2a+c\end{pmatrix}$$

Special Case 1. If $a=1,b=c=0$ then the equation of the ruled surface $\psi_T^{\Gamma}(t,v)$ is given by

$$\psi_T^{\Gamma}(t,v)=\left(\cos t+\frac{4t-20}{5}\sin t,\sin t-\frac{4t-20}{5}\cos t,\frac{2t+40}{5}\right)+\frac{v}{\sqrt{5}}(-\sin t,\cos t,2)$$

as shown in Figure 5.

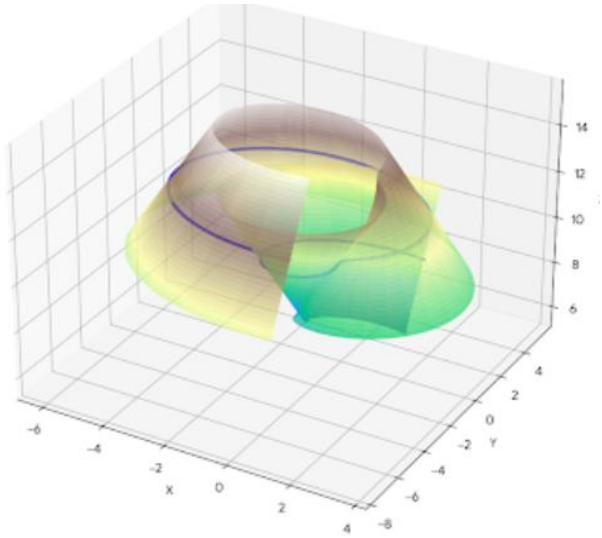


Figure 5. $\psi_T^{\Gamma}(t,v)=\psi_T^{T}(t,v)$ regle surface

Special Case 2. If $b=6, a=c=0$ then the equation of the ruled surface $\psi_T^{\Gamma}(t,v)$ is given by

$$\psi_T^{\Gamma}(t,v)=\left(\cos t+\frac{4t-20}{5}\sin t,\sin t-\frac{4t-20}{5}\cos t,\frac{2t+40}{5}\right)+\frac{6v}{\sqrt{5}}(-\cos t,-\sin t,0)$$

as shown in Figure 6.

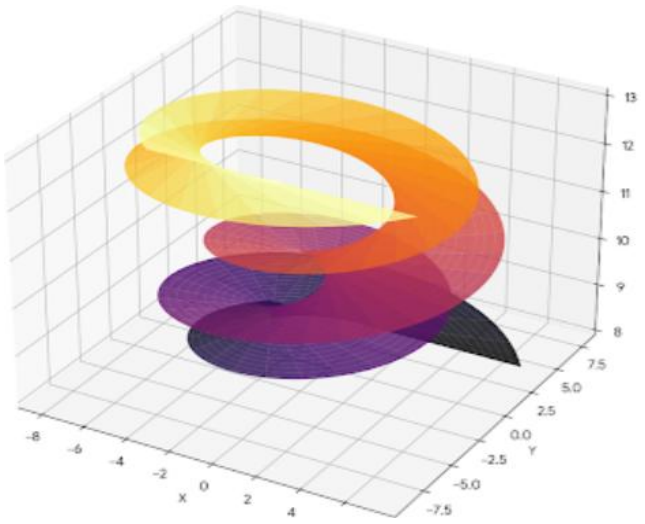


Figure 6. $\psi_T^{\Gamma}(t,v)=\psi_T^{N}(t,v)$ regle surface

Special Case 3. If $a=b=0, c=2$ then the equation of the ruled surface $\psi_T^{\Gamma}(t,v)$ is given by

$$\psi_T^{\Gamma}(t,v)=\left(\cos t+\frac{4t-20}{5}\sin t,\sin t-\frac{4t-20}{5}\cos t,\frac{2t+40}{5}\right)+\frac{2v}{\sqrt{5}}(2\sin t,-2\cos t,1)$$

as shown in Figure 7.

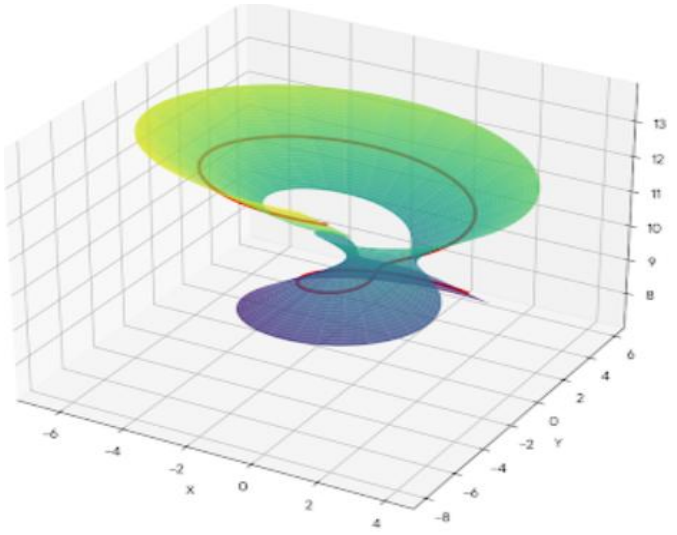


Figure 7. $\psi_T^{\Gamma}(t,v)=\psi_T^{B}(t,v)$ regle surface

Special Case 4. If $a=b=c=1$ then the equation of the ruled surface $\psi_T^{\Gamma}(t,v)$ is given by

$$\psi_T^{\Gamma}(t,v)=\left(\cos t+\frac{4t-20}{5}\sin t,\sin t-\frac{4t-20}{5}\cos t,\frac{2t+40}{5}\right)+v\frac{1}{\sqrt{5}}\left(\sin t-\sqrt{5}\cos t,-\cos t-\sqrt{5}\sin t,3\right)$$

as shown in Figure 8.

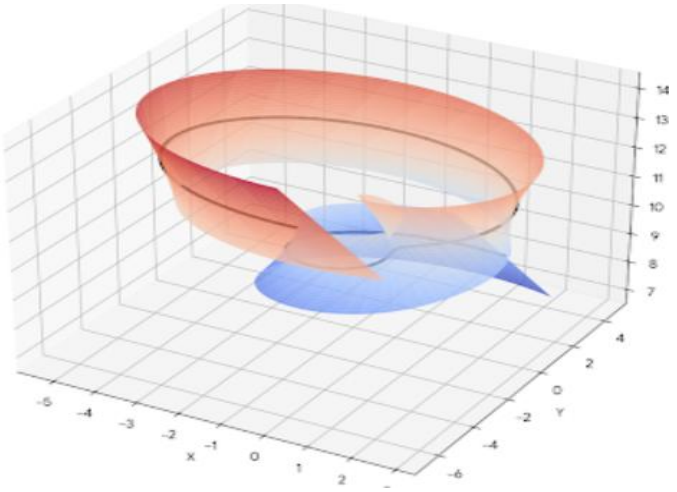


Figure 8. $\psi_T^{\Gamma}(t,v)$ regle surface

3. CONCLUSION

In this study, a new family of ruled surfaces has been introduced by synthesizing the concepts of pedal curves and ruled surfaces, both of which occupy an important place in the literature of differential geometry. In Euclidean space, these surfaces are constructed by considering the T-pedal curve as the base curve and a ruling vector of the form $\Gamma = aT + bN + cB$ which is a linear combination of the Frenet frame vectors. The resulting ruled surfaces have been analyzed in detail. The first, second, and third fundamental forms of the ruled surface $\psi_T^{\Gamma}(t, v)$ have been computed explicitly and the Gaussian and mean curvatures have been expressed in terms of the invariants of the base curve. Furthermore, the striction curve and the distribution parameter, which determine the geometric character of the surface, have been obtained in closed form, providing a comprehensive theoretical framework for the analysis of such surfaces. It has been shown that the proposed model unifies previously studied special cases. In particular, ruled surfaces generated along the T, N and B directions are recovered for specific choices of the parameters a, b and c. Moreover, in the case $a = 1, b = c = 0$ the surface reduces to a tangent developable surface, highlighting the geometric significance of the formulation. The theoretical results have been supported by illustrative examples, including the helix, and by considering different reference points in the construction of pedal curves. These examples demonstrate that the geometry of the resulting surfaces depends on both the choice of the ruling parameters and the reference point, revealing the flexibility of the proposed approach. This study extends the theoretical understanding of pedal-curve-based surface constructions and provides a foundation for further developments in geometric modeling and kinematic design. Future research may focus on extending this framework to other orthonormal frames, such as the Bishop or Darboux frames, as well as investigating analogous constructions in non-Euclidean settings, including Minkowski space.

REFERENCES

Do-Carmo, P.M., Differential geometry of curvesand surfaces. IMPA, 1976.

Elsharkawy A, Elsayied H.K., Desouky M.E. and Cesarano C., T-pedal ruled surface with the Frenet frame of the original curve in E^3, AIMS Mathematics, 10(11): 25606–25623, 2025.

Elsharkawy A., Elsayied H., Desouky M., Cesarano C. and Gasymov A., A Geometric Study of Ruled Surfaces Generated by Frenet Vectors via N-Pedal Curves in E^3, Azerbaijan Journal of Mathematics, 16(1), 2026, https://doi.org/10.59849/2218-6816.2026.1.3.

Gray A. Modern differential geometry of curves and surfaces with Mathematica, 1997.

Kaya F.E., Gaussian and Mean Curvatures of the Surface Obtained Along T-Pedal Curve of A Given Curve, Turkish Journal Of Science Volume 10 (2), 105–120, 2025.

Struik D. J., Lectures on classical differential geometry, Addison-Wesley Pub. Co., 1961.

Şenyurt S., Kaya F.E., Canlı D., Pedal curves obtained from Frenet vector of a space curve and Smarandache curves belonging to these curves, AIMS Mathematics, 9(8),20136-20162, 2024.

CLINICAL CHARACTERISTICS OF BEHÇET'S DISEASE IN A DERMATOLOGY-BASED TERTIARY COHORT: A RETROSPECTIVE ANALYSIS OF 265 PATIENTS

Dr. Öğr. Üyesi Simge Ünal Işık

Uşak University, Faculty of Medicine, Department of Dermatology and Venereology, Uşak, Turkey.

ORCID ID: 0000-0002-4226-0463

Dr. Öğr. Üyesi Ece Gökyayla

Ege University, Faculty of Medicine, Department of Dermatology and Venereology, Izmir, Turkey

ORCID ID: 0000-0003-0178-6642

ABSTRACT

Objective: To evaluate the clinical characteristics, systemic involvement, and potential predictors of disease patterns in patients with Behçet's disease (BD) followed in a dermatology-based tertiary referral center.

Materials and Methods: This retrospective, single-center study included 265 patients diagnosed with BD between 2019 and 2025 according to the International Criteria for Behçet's Disease. Demographic data, initial clinical manifestations, mucocutaneous findings, systemic involvement, laboratory results, and treatment patterns were analyzed. Associations between baseline findings and systemic involvement were assessed using appropriate statistical tests and multivariate logistic regression.

Results: The cohort consisted of 55.7% females, with a mean age of 42.7±12.5 years and a mean disease duration of 14.1±8.4 years. Oral aphthae were the most common initial manifestation (75.5%). During follow-up, oral aphthae (97.3%), genital ulcers (56.6%), and papulopustular lesions (29.1%) were the most frequent findings. Ocular involvement was observed in 43.2% of patients, and vascular involvement in 17.3% as deep vein thrombosis (DVT). DVT was significantly more frequent in males (p=0.016), and male sex was independently associated with ocular involvement (OR 2.53, 95% CI 1.04–6.11). Erythema nodosum at disease onset was significantly associated with subsequent DVT development (OR 5.21, 95% CI 1.59–17.06; p=0.011).

Conclusion: In this dermatology-based cohort, mucocutaneous manifestations were predominant; however, systemic involvement—particularly ocular and vascular—was common. Male sex and certain early mucocutaneous findings, especially erythema nodosum, may be associated with more severe disease patterns and vascular complications.

Key words: Behçet's disease, mucocutaneous manifestations, vascular involvement, erythema nodosum, deep vein thrombosis, ocular involvement

INTRODUCTION

Behçet's disease (BD) is a chronic, relapsing multisystem inflammatory disorder characterized by recurrent oral aphthae, genital ulcers, cutaneous lesions, and ocular involvement. Although BD has been recognized for decades, its pathogenesis remains incompletely understood. Current evidence suggests that the disease arises from a dysregulated immune response triggered by environmental factors in genetically predisposed individuals (1,2). Among genetic factors, the HLA-B51 allele has been consistently associated with increased susceptibility, particularly in populations along the historic Silk Road, including Turkey (3,4).

The clinical expression of BD is highly heterogeneous and may vary according to geographic region, genetic background, and referral patterns. Mucocutaneous manifestations—including oral and genital ulcers, papulopustular lesions, and erythema nodosum—are often the earliest clinical features and frequently lead to dermatologic evaluation(5,6). However, systemic involvement such as ocular, vascular, neurological, and gastrointestinal manifestations may develop over time and significantly influence disease prognosis.

The pathergy test, reflecting nonspecific cutaneous hyperreactivity, has traditionally been incorporated into diagnostic evaluation. Reported positivity rates, however, show considerable geographic and temporal variation, with declining rates observed in recent decades. Methodological factors, environmental exposures, and differences in patient populations may contribute to this variability (7,8).

However, the relationship between early mucocutaneous manifestations and subsequent systemic involvement—particularly vascular and ocular complications—remains incompletely characterized. Clarifying these associations may improve risk stratification and inform specialty-based clinical follow-up.

Given the heterogeneity of BD and the potential influence of referral patterns on observed clinical features, updated data from dermatology-centered cohorts remain important for understanding the clinical spectrum of BD. In this study, we retrospectively analyzed patients with BD followed in a tertiary dermatology referral center between 2019 and 2025 to characterize their demographic characteristics, initial manifestations, systemic involvement, and treatment patterns.

MATERIALS AND METHODS

Study Design and Setting

This retrospective, single-center study was conducted in a tertiary dermatology referral clinic. Patients diagnosed with Behçet's disease between 2019 and 2025 were initially identified using ICD codes in the hospital database. Medical records were reviewed to verify the diagnosis and ensure adequate clinical documentation. Patients with incomplete or insufficient data were excluded from the final analysis. Diagnosis was established by the treating physicians in accordance with the International Criteria for Behçet's Disease (ICBD) (9), as documented in the medical records. The study was approved by the local ethics committee and conducted in accordance with the Declaration of Helsinki.

Study Population and Data Collection

Demographic and clinical information was retrieved retrospectively from electronic medical records and paper charts. Recorded variables included age, sex, age at disease onset, disease duration, and initial presenting manifestations such as oral aphthae, genital aphthae, papulopustular lesions, erythema nodosum, uveitis, arthritis, arthralgia, deep vein thrombosis,

thrombophlebitis, neurological involvement, and pathergy positivity. Additional systemic features—ocular, gastrointestinal, neurological, and genitourinary involvement—were also documented.

Laboratory data included HLA-B51 status and the presence of a family history of Behçet's disease. Treatment information, including prior and current use of colchicine, azathioprine, corticosteroids, biologics, anticoagulants, or other immunosuppressive agents, was systematically reviewed. Missing data were handled by performing variable-specific analyses, and patients were excluded only from the respective sub-analyses when data were unavailable.

Statistical Analysis

Statistical analyses were performed using IBM SPSS Statistics version 22.0 (SPSS Inc., Chicago, IL, USA). Continuous variables were expressed as mean ± standard deviation (SD), minimum, and maximum values, while categorical variables were summarized as frequencies and percentages.

Group differences for continuous variables were evaluated using the Independent Samples t-test for normally distributed data and the Mann–Whitney U test for non-normally distributed data. Associations between categorical variables were assessed using Pearson's chi-square test or Fisher's exact test, as appropriate.

To explore factors associated with ocular involvement, multivariate logistic regression analysis was performed. Clinically relevant variables were entered into the regression model, and the results were reported as odds ratios (ORs) with 95% confidence intervals (CIs).

In addition, the association between selected baseline mucocutaneous manifestations and subsequent vascular involvement was evaluated. Odds ratios (ORs) with 95% confidence intervals (CIs) were calculated, and statistical significance was assessed using Pearson's chi-square or Fisher's exact test when appropriate.

A p-value <0.05 was considered statistically significant. Analyses involving HLA-B51 status and pathergy results were limited to patients with available test data to avoid denominator bias.

RESULTS

Patient Characteristics

Of the 465 patients identified through ICD codes, 265 had adequate clinical documentation and were included in the final cohort. The study population comprised 148 women (55.7%) and 117 men (44.3%). The mean age at evaluation was 42.7 ± 12.5 years (range, 11–71). The mean age at disease onset was 27.8 ± 9.5 years, with an average disease duration of 14.1 ± 8.4 years (range, 1–38).

Initial Clinical Manifestations

Oral aphthae were the predominant initial manifestation, observed in 75.5% (n=200) of patients. This was followed by genital aphthae (39.6%, n=105), uveitis (13.9%, n=37), and papulopustular lesions (7.9%, n=21). Erythema nodosum occurred in 4.9% (n=13), arthritis in 4.1% (n=11), and arthralgia in 0.8% (n=2). Deep vein thrombosis was present at disease onset in 3.0% (n=8). Pathergy positivity at presentation was documented in 2.6% (n=11). Neurological manifestations with stroke-like features were recorded in 4.5% (n=12), whereas thrombophlebitis was rare (0.4%, n=1) (Table 1).

When the relationship between baseline clinical manifestations and subsequent systemic involvement was examined, erythema nodosum at disease onset was significantly associated with the later development of deep vein thrombosis (OR 5.21, 95% CI 1.59–17.06; p=0.011).

Sex-Based Comparisons

When clinical manifestations were compared according to sex, most mucocutaneous findings showed no significant differences between males and females, including genital aphthae, papulopustular lesions, erythema nodosum, pathergy positivity, arthritis, arthralgia, or gastrointestinal involvement (all p>0.05) (Table 3). However, deep vein thrombosis occurred significantly more frequently in male patients than in female patients (17.9% vs 7.5%, p=0.016). In addition, multivariate logistic regression analysis demonstrated that male sex was independently associated with ocular involvement (OR 2.53, 95% CI 1.04–6.11, p=0.039). Men also required a higher number of therapeutic agents on average (1.92 ± 1.92 vs 1.39 ± 0.76; p<0.05). Age at disease onset and disease duration did not differ significantly between sexes. Key predictors of systemic involvement identified in our analyses are summarized in Table 4. No additional significant associations were identified beyond those described above.

Clinical Course

During follow-up, oral aphthae were reported in 97.3% (n=215) of patients. Genital aphthae developed in 56.6% (n=150), papulopustular lesions in 29.1% (n=77), and erythema nodosum in 15.1% (n=40). Among the 114 patients who underwent pathergy testing, 21.1% (n=24) demonstrated a positive reaction.

Systemic Involvement

Overall, vascular involvement was recorded in 17.3% (n=35) of patients as deep vein thrombosis and in 2.9% (n=6) as thrombophlebitis. Ocular involvement was observed in 43.2% (n=114), most commonly uveitis (34.3%, n=81). Less frequent ocular findings included optic neuritis (0.9%), retinal artery thrombosis (1.3%), glaucoma (1.3%), retinal detachment (1.3%), cataract (0.4%), blindness (2.5%), and retinopathy (1.3%). Neurological involvement was detected in 16.7% (n=44), including neuro-Behçet (12.9%), migraine (1.0%), vertigo (1.0%), stroke (0.5%), and facial paralysis (1.4%). Gastrointestinal involvement occurred in 5.4% (n=11), and genitourinary manifestations in 1.5% (n=3).

Laboratory Findings and Family History

HLA-B51 testing was available for 34 patients, of whom 64.7% (n=22) were positive. A family history of **Behçet's disease** was reported in 13.2% (n=35).

Treatment Patterns

Colchicine was the most frequently used medication (71.3%, n=189). Azathioprine was prescribed in 29.1% (n=77), corticosteroids in 8.7% (n=23), and aspirin in 6% (n=16). Biologic therapies were used less frequently: adalimumab in 4.0% (n=14), infliximab in 3.4% (n=12), and cyclosporine in 1.7% (n=6). Other treatments included methotrexate (0.6%), salazopyrin (0.9%), golimumab (0.3%), coumadin (1.7%), etanercept (0.3%), and cyclophosphamide (0.3%).

DISCUSSION

Behçet's disease is a multisystem inflammatory disorder characterized by a markedly heterogeneous clinical course and variable organ involvement. In this retrospective study conducted in a tertiary dermatology referral center, we evaluated the demographic characteristics, initial manifestations, systemic involvement, and treatment patterns of 265 patients with BD followed between 2019 and 2025. Because BD frequently presents with

prominent mucocutaneous symptoms, dermatology-based cohorts may offer important insights into early clinical manifestations and evolving systemic features of the disease. Such cohorts may be particularly informative for identifying early mucocutaneous phenotypes that could signal the development of systemic disease patterns in Behçet's disease ((2,10).

In our cohort, the mean age at disease onset was 27.8 ± 9.5 years. Oral aphthous ulcers were the most common initial manifestation, followed by genital ulcers (39.6%), uveitis (13.9%), papulopustular lesions (7.9%), erythema nodosum (4.9%), and arthritis (4.1%). These findings align with previous reports indicating that BD typically begins in the third or fourth decade of life and most frequently presents with recurrent oral aphthae, genital ulcers, and uveitis (5). As shown in Table 2, oral aphthae were present in 97% of patients, consistent with the widely reported range of 95–100%. Genital aphthae were observed in 56% of patients, slightly lower than the 60–90% reported in earlier studies (11). Differences in reported frequencies may reflect variations in study design, referral patterns and documentation practices across centers.

Ocular involvement was documented in 43.2% of patients, most commonly as uveitis (34.3%), which falls within the broad range reported in the literature (12). Deep vein thrombosis was present in 17% of patients, also consistent with the previously reported 10–25% range (5). Overall, the distribution of major clinical features in our cohort mirrors the epidemiologic patterns described in earlier work. The slightly lower rate of genital ulcers and relatively higher rate of ocular involvement may reflect regional, genetic, or methodological differences, as well as variations in disease severity or referral patterns.

Although 55.7% of our patients were women, vascular involvement—particularly deep vein thrombosis—was significantly more common among men. Male patients also used a higher number of systemic treatments overall, suggesting a potentially more aggressive disease course. In addition, ocular involvement was observed more frequently among male patients, and multivariate logistic regression analysis demonstrated that male sex was independently associated with ocular involvement (OR 2.53, 95% CI 1.04–6.11; p=0.039). This male predominance in vascular BD is well documented. Large cohorts such as those reported by Tascilar et al. and Kural-Seyahi et al. have demonstrated that vascular and ocular complications are more frequent and more severe in men (5,12,15). Hormonal and immunological mechanisms have been proposed to contribute to these sex-related differences in disease expression(13).

An additional finding of our analysis was the relationship between certain initial mucocutaneous manifestations and subsequent vascular involvement. Erythema nodosum at disease onset was significantly associated with the subsequent development of deep vein thrombosis (OR 5.21, 95% CI 1.59–17.06; p=0.011), suggesting that early cutaneous inflammatory activity may identify a subgroup of patients at increased risk for vascular complications. Although erythema nodosum is traditionally considered a cutaneous manifestation of BD, clinicopathologic studies indicate that Behçet-associated erythema nodosum may represent heterogeneous inflammatory patterns. Two main patterns have been described: a classical septal panniculitis resembling typical erythema nodosum, generally associated with milder disease, and a lobular or mixed panniculitis pattern accompanied by vasculitis, which has been linked to more severe systemic involvement (14). These findings support the possibility that early cutaneous inflammatory manifestations may reflect a broader vascular inflammatory tendency in Behçet's disease. Similarly, Yanatma et al. demonstrated that erythema nodosum-like lesions were significantly associated with both pulmonary (P =

0.002) and vascular (P = 0.022) involvement in patients with Behçet's disease, further supporting the concept that EN-like lesions may reflect systemic vascular inflammatory activity (15).

In addition, papulopustular lesions demonstrated a non-significant trend toward association with vascular involvement (p=0.088), suggesting that certain mucocutaneous phenotypes may cluster with vascular manifestations and warrant further investigation in larger prospective cohorts (16).

The frequency of HLA-B51 positivity in our cohort (64.7%) aligns with previous reports from Turkey, where positivity generally ranges between 55% and 80% (3,5). However, given the restricted number of tested individuals, no definitive conclusions regarding genotype–phenotype associations can be drawn from our cohort. These findings should therefore be interpreted descriptively.

One of the more notable findings in our study was the pattern of pathergy reactivity. While pathergy positivity was only 2.6% at disease onset, cumulative positivity increased to 21.1% among patients who were tested over time. Several explanations are possible. Early in the disease course, the degree of immune hyperreactivity may be insufficient to produce a positive response. Furthermore, because pathergy testing was not performed systematically at all stages, some initially untested patients may have demonstrated positivity later. Methodological factors—including needle gauge, skin preparation, operator technique, and annual procedural variations—are also known to influence positivity rates (7,8). Considering the decline in global pathergy positivity over recent decades, our cumulative rate is consistent with contemporary Turkish data(8)

We did not find a significant association between disease duration and specific clinical features. This finding supports the concept that BD does not necessarily follow a simple cumulative disease trajectory. Instead, organ involvement appears to develop in an episodic and heterogeneous manner, influenced by fluctuating inflammatory activity, genetic background, and environmental triggers rather than by disease chronicity alone (2).

Treatment patterns in our cohort reflect real-world clinical practice in Turkey. Colchicine remained the most commonly prescribed medication, consistent with its established role in the management of mucocutaneous and articular manifestations (17). The relatively low rates of biologic use (adalimumab 4%, infliximab 3.4%) may reflect issues related to accessibility and reimbursement, as well as the dermatology-centered nature of our cohort, in which more severe vascular or neurologic cases are often followed by rheumatology or neurology. This potential referral pattern should be considered when interpreting the systemic involvement and treatment distribution in our study.

This study has several limitations that should be considered when interpreting the findings. First, the retrospective and single-center design may introduce information and selection bias. Second, HLA-B51 testing and pathergy testing were not performed in all patients, limiting the ability to explore genotype–phenotype relationships and reducing the statistical power of subgroup analyses. In addition, the absence of standardized disease activity or severity scores and the heterogeneity of follow-up duration restrict the ability to evaluate long-term disease progression. Because our study was conducted in a dermatology-centered clinic, patients are more likely to present with prominent mucocutaneous findings. Conversely, individuals with severe vascular or neurological involvement may preferentially be followed in rheumatology or neurology departments. This may have resulted in a relative underrepresentation of some systemic manifestations in our cohort and should be considered when interpreting the findings.

Despite these limitations, our findings provide contemporary clinical data from a dermatology-centered cohort of BD patients. The observed patterns—including male-predominant vascular involvement, the relatively high frequency of ocular manifestations, and the possible association between certain early mucocutaneous findings and later vascular events—further highlight the heterogeneous and multifactorial nature of Behçet's disease. From a clinical perspective, careful attention to early mucocutaneous findings—particularly erythema nodosum—may help identify patients who could benefit from closer surveillance for vascular complications. Future prospective multicenter studies are needed to clarify whether early mucocutaneous phenotypes may serve as clinically useful indicators of systemic disease patterns in Behçet's disease.

Conclusion

In this retrospective cohort of 265 patients with Behçet's disease followed in a dermatology-based tertiary center, mucocutaneous manifestations constituted the predominant clinical features, reflecting the specialty-based structure of care. The overall distribution of systemic involvement, including ocular and vascular manifestations, was largely consistent with previously reported epidemiologic data.

Male patients demonstrated a significantly higher frequency of vascular involvement, and male sex was independently associated with ocular involvement, supporting previous observations that disease severity may differ according to sex. In addition, erythema nodosum at disease onset was associated with an increased likelihood of subsequent deep vein thrombosis, suggesting that certain early mucocutaneous manifestations may serve as **potential clinical indicators** of increased vascular risk

Although HLA-B51 positivity in the tested subgroup was comparable to national reports, the limited availability of genetic testing precludes firm conclusions regarding genotype–phenotype relationships. Pathergy positivity varied between initial and cumulative assessment, highlighting the influence of testing practices and disease course on observed rates.

Overall, these findings underscore the heterogeneous clinical expression of Behçet's disease and suggest that selected early clinical features may provide useful clues to patterns of systemic involvement in dermatology-centered cohorts.

Acknowledgments

An AI-assisted language editing tool was used solely to improve linguistic clarity. The scientific content and interpretation remain the responsibility of the authors.

Conflict of Interest

The authors declare that they have no conflict of interest.

Table 1. Initial clinical manifestations at disease onset in the study cohort

Initial Manifestation	%	n
Oral aphthae	75.5	200
Genital aphthae	39.6	105
Uveitis	13.9	37
Papulopustular lesions	7.9	21
Erythema nodosum	4.9	13
Arthritis	4.1	11
Arthralgia	0.8	2
Deep vein thrombosis	3.0	8
Pathergy positivity at onset	2.6	11
Neuro-Behçet (stroke-like)	4.5	12
Thrombophlebitis	0.4	1

Table 2. Comparison of selected clinical findings between the present cohort and previously reported studies

Clinical finding	**Present study (%)**	**Reported range in literature (%)**
Oral aphthae	97	95-100
Genital aphthae	56	60-90
Uveitis	34.3	20-60
Deep vein thrombosis (DVT)	17	10-25

Table 3. Sex-based comparison of clinical manifestations in patients with Behçet's disease

Clinical manifestation	Male (%)	Female (%)	p value
Genital aphthae	64.6	72.1	0.29
Papulopustular lesions	44.9	33.3	0.13
Pathergy positivity	21.4	20.8	1.00
Neurological involvement	9.4	16.3	0.14
Gastrointestinal involvement	7.3	3.6	0.38
Arthritis	17.7	18.3	1.00
Arthralgia	49.5	57.4	0.31
Deep vein thrombosis	17.9	7.5	0.016

Table 4. Factors associated with systemic involvement in Behçet's disease

Variable	Outcome	OR	95% CI	p value
Male sex	Ocular involvement	2.53	1.04–6.11	0.039
Erythema nodosum at disease onset	Deep vein thrombosis	5.21	1.59–17.06	0.011

REFERENCES

1. Direskeneli H. Behçet's disease: infectious aetiology, new autoantigens, and HLA-B51. Ann Rheum Dis. 2001 Nov;60(11):996–1002. doi:10.1136/ard.60.11.996

2. Yazici H, Seyahi E, Hatemi G, Yazici Y. Behçet syndrome: a contemporary view. Nat Rev Rheumatol. 2018 Feb 3;14(2):107–19. doi:10.1038/nrrheum.2017.208

3. Maldini C, LaValley MP, Cheminant M, de Menthon M, Mahr A. Relationships of HLA-B51 or B5 genotype with Behçet's disease clinical characteristics: systematic review and meta-analyses of observational studies. Rheumatology. 2012 May;51(5):887–900. doi:10.1093/rheumatology/ker428

4. Verity DH, Marr JE, Ohno S, Wallace GR, Stanford MR. Behçet's disease, the Silk Road and HLA-B51: historical and geographical perspectives. Tissue Antigens. 1999 Sep 5;54(3):213–20. doi:10.1034/j.1399-0039.1999.540301.x

5. Alpsoy E. Behçet's disease: A comprehensive review with a focus on epidemiology, etiology and clinical features, and management of mucocutaneous lesions. J Dermatol. 2016 Jun 14;43(6):620–32. doi:10.1111/1346-8138.13381

6. Zouboulis C. Epidemiology of Adamantiades-Behçet's disease. . Ann Med Interne (Paris). 1999 Oct;150(6):488–98.

7. Davatchi F, Chams-Davatchi C, Ghodsi Z, Shahram F, Nadji A, Shams H, et al. Diagnostic value of pathergy test in Behcet's disease according to the change of incidence over the time. Clin Rheumatol. 2011 Sep 2;30(9):1151–5. doi:10.1007/s10067-011-1694-5

8. Ergun T. Pathergy Phenomenon. Front Med (Lausanne). 2021 May 25;8. doi:10.3389/fmed.2021.639404

9. Davatchi F, Assaad-Khalil S, Calamia KT, Crook JE, Sadeghi-Abdollahi B, Schirmer M, et al. The International Criteria for Behçet's Disease (ICBD): a collaborative study of 27 countries on the sensitivity and specificity of the new criteria. Journal of the European Academy of Dermatology and Venereology. 2014 Mar 26;28(3):338–47. doi:10.1111/jdv.12107

10. Kural-Seyahi E, Fresko I, Seyahi N, Ozyazgan Y, Mat C, Hamuryudan V, et al. The Long-Term Mortality and Morbidity of Behçet Syndrome. Medicine. 2003 Jan;82(1):60–76. doi:10.1097/00005792-200301000-00006

11. Alpsoy E, Donmez L, Onder M, Gunasti S, Usta A, Karincaoglu Y, et al. Clinical features and natural course of Behçet's disease in 661 cases: a multicentre study. British Journal of Dermatology. 2007 Nov;157(5):901–6. doi:10.1111/j.1365-2133.2007.08116.x

12. Tugal-Tutkun I, Onal S, Altan-Yaycioglu R, Huseyin Altunbas H, Urgancioglu M. Uveitis in Behçet disease: An analysis of 880 patients. Am J Ophthalmol. 2004 Sep;138(3):373–80. doi:10.1016/j.ajo.2004.03.022

13. Kelly DM, Jones TH. Testosterone: a vascular hormone in health and disease. Journal of Endocrinology. 2013 Jun;217(3):R47–71. doi:10.1530/JOE-12-0582

14. Misago N, Tada Y, Koarada S, Narisawa Y. Erythema Nodosum-like Lesions in Behçet's Disease: A Clinicopathological Study of 26 Cases. Acta Dermato Venereologica. 2012;92(6):681–6. doi:10.2340/00015555-1349

15. Yanatma I, Sarac G, Cenk H, Arslan S, Durmaz I, Ay G. Association Between Initial Findings Leading to Behçet's Disease Diagnosis and Further Organ Involvements. Turkish Journal of Dermatology. 2022 Sep 1;16(3):92–7. doi:10.4103/tjd.tjd_24_22

16. Tascilar K, Melikoglu M, Ugurlu S, Sut N, Caglar E, Yazici H. Vascular involvement in Behçet's syndrome: a retrospective analysis of associations and the time course. Rheumatology. 2014 Nov;53(11):2018–22. doi:10.1093/rheumatology/keu233

17. Hatemi G, Christensen R, Bang D, Bodaghi B, Celik AF, Fortune F, et al. 2018 update of the EULAR recommendations for the management of Behçet's syndrome. Ann Rheum Dis. 2018 Jun;77(6):808–18. doi:10.1136/annrheumdis-2018-213225

SOCIO-POLITICAL CRITICISM IN THOMAS MORE'S UTOPIA AS A GENRE OF POLITICAL LITERATURE

BİR POLİTİK EDEBİYAT TÜRÜ OLARAK THOMAS MORE'UN ÜTOPYA'SINDA SOSYO-POLİTİK ELEŞTİRİ

Dr. Öğr. Üyesi Gökhan OĞUZ

Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi

Siyaset Bilimi ve Kamu Yönetimi Bölümü

ORCID ID: https://orcid.org/0000-0003-4894-0846

ÖZET

Batı Avrupa'da siyasal iktidarların mutlaklaşması olgusunun belirmeye başladığı on altıncı yüzyıl, aynı zamanda söz konusu mutlaklaşma olgusuna eşlik eden, entelektüel düzeyde tepkilerin de yükselmeye başladığı bir yüzyıldır. Bu bağlamda, bir politik edebiyat türü olarak ütopyaya isim babalığı da yapan Thomas More'un klasikleşmiş Ütopya adlı eseri, mutlak siyasal iktidarlara karşı yükselen eleştiriler arasında özel bir yer işgal etmektedir. Bu çalışmanın amacı da More'un eserinde dile getirdiği eleştirilerin özgün yönünü ortaya koymaktır. Bu noktada, salt siyasal ve hukuki düzeyle yetinmeyip sosyo-politik eleştirilerinde, toplumsal sorunların temel bir sebebi olarak sosyo-ekonomik düzeye de yönelmesi ve erken kapitalizmin işleyiş mekanizmasını henüz o dönemde etkili bir biçimde ifşa ederek eleştirilerinde bu düzeye önemli bir ağırlık vermesi, bilhassa kendi dönemi dikkate alındığında More ve Ütopya adlı eserinin özgünlüğü olarak belirmiştir.

Anahtar Kelimeler: Thomas More, Ütopya, Erken Kapitalizm

ABSTRACT

The sixteenth century, in which the advent of absolutist political powers in the Western Europe came to be incipient, is a century when arguments against the same absolutist fashion have arisen in an intellectual sphere. In the same vein, Thomas More's canonical work the *Utopia*, which was later going to be eponymous for certain kinds of political treatises, has a significant place within the critiques that have been made against the absolutist political powers in question. Having said all that, the purpose of this article is showing the idiosyncratic side of More's critiques. In this regard, the idiosyncrasy of More's Utopia is, especially regarding the early time it is written, its particular and conspicuous focus on socio-economic aspects as a core of social problems without confining itself merely to political and legal aspects in his socio-political critiques. Additionally, by virtue of these far-reaching critiques, More effectively exposes the very mechanism of early capitalism yet at that very early time.

Key Words: Thomas More, Utopia, Early Capitalism

GİRİŞ

Önemli bir politik edebî tür olarak ütopyalar, en genel ifadesiyle insanın mutluğunu ve insanı baskıdan azade kılmayı hedefleyen, bu amaç doğrultusunda kapsayıcı sosyo-politik düzenler tasavvur eden muhayyile ürünleri olarak nitelendirilebilirler. Ancak muhayyile ifadesi ütopyaların yaşanılan gerçeklikten kopuk olduğu kanaati uyandırmamalıdır. Ütopya yazarı, sosyo-politik düzenini biçimlendirirken içinde yaşadığı toplumun ve çağın sorunlarından hareket eder. Thomas More'un kaleme aldığı Ütopya adlı eser de bu politik edebi türe ilişkin temsil yeteneği en yüksek yapıtlardandır. Öyle ki onun eserinin ismi (Ütopya) bu türü nitelendiren genel bir isim haline gelmiştir. Bir siyasi klâsik özelliği kazanan More'un eseri günümüzde halen dünyanın pek çok dilinde basılmakta, okunmakta ve incelemelere konu kılınmaktadır. Bir yönüyle bakıldığında Thomas More da, çağımım ve toplumunun çocuğu olması itibariyle yüz yüze geldiği, şahitlik ettiği ve tecrübe ettiği sorunlardan hareket eder. Ancak bir diğer yönüyle ele alındığında, onun eserini klâsik haline getiren husus, ele aldığı konuları çağları aşacak şekilde, kendi zamanının ve mekânının ötesindeki insanlar ve toplumlar için de soru konusu kılabilmesidir. Öyle olduğu için Thomas More'un eseri çağdaş dünya ile diyalogunu sürdürebilmekte ve tüketilmediğinin bir göstergesi olarak yeni okuma, inceleme ve yorumlara konu olabilmektedir. Bu çalışmanın amacı da More'un eserinin, kendinde özgün yönlerinin tespitinin yanında, yazılmasının üzerinden beş asırdan fazla bir zaman geçmesine rağmen eserde yer alan ve çağdaş kalmaya devam eden kritik meseleleri belirgin kılmaktır.

İşaret edilen amaç doğrultusunda çalışmanın birinci bölümünde, kelime olarak ütopyanın kökeni ve anlamı, bu anlamsal belirlemenin bir uzantısı olarak ütopyaların gerçeklikle ilişkisi ve ütopik bilincin yapısı ve nihâi olarak ütopyaların özgürlük ve despotizm olmak üzere ikili karakteri ele alınacaktır.

Çalışmanın ikinci bölümünde, düşüncelerin çözümlenmesinde metodik bir gereklilik olarak hem Thomas More'un kişisel özellikleri hem de More'un yaşadığı ve Ütopya'nın kaleme alındığı toplumsal bağlam, çalışmanın üçüncü bölümünde ise More'un Ütopya'sının özellikleri ve More tarafından yapılan sosyo-politik eleştiriler ve yine onun tarafından getirilen teklifler, temsil yeteneği olması itibariyle hukuki, toplumsal ve siyasal işleyişle sınırlı olmak üzere ortaya konulacaktır.

Sonuç bölümünde, çalışmada ortaya konulan eleştirilerinin değerlendirilmesinden hareketle More'un kendi çağının ötesine uzanmasına temel teşkil eden hususlara, onun eleştirisinin özgün yanlarına ve sunmuş olduğu tekliflerin günümüz dünyasında yararlanılabilirliğinin imkânına dair tespitlerde bulunulacaktır.

1. KAVRAMSAL İÇERİMLERİ İTİBARİYLE ÜTOPYA

1.1. Ütopya Kelimesinin Kökeni ve Anlamı

Sözlük anlamıyla ele alındığında ütopya; "ideal bir toplum düzeni ya da yönetim biçimi ortaya koyan tasarım; hayali bir toplumsal sistem sunan yazın türü (Cevizci, 2017: 1906)" manasını ifade etmektedir. Kelimenin, Türkçe imlâsıyla utopya olan Yunancası, "hiçbir yerde olmayan (Çankı, 2021: 1145)" demektir. Etimolojik olarak incelendiğinde, kelimenin bileşenlerinden biri olan ve yer anlamına gelen topos sözcüğünün önüne "ou" olumsuzluk edatı ya da iyi anlamına gelen "eu" eklendiğinde kelimeye ilişkin farklı anlamlar elde edilmektedir. "Ou" olumsuzluk edatıyla birlikte kullanıldığında outopos sözcüğü, hiçbir yer ya da mevcut olmayan yer gibi anlamları ifade ederken, eutopos şeklini aldığında kelime bu defa iyi yer anlamına gelmektedir. Dolayısıyla Yunanca outopos ve eutopos sözcüklerini bir araya getirmek suretiyle ütopya kelimesini meydana getirdiği kabul edildiğinde, Sir unvanına sahip Thomas More

tarafından Ütopya isimli eserinde ilk kez kullanıma sunulan kelime, hiçbir yerde olmayan iyi yer anlamını kazanmaktadır (Turner, 2020: 951). Ütopyanın, yazarının düşünsel tasavvurunun ya da muhayyilesinin ürünü olması, ütopyanın ve ütopyacının gerçeklerden kopuk, gerçeklerle ilişkisiz olduğuna ilişkin bir yanılgıya yol açma riski barındırmaktadır. Bu riski bertaraf etmek için ütopya ve gerçeklik ilişkisinin ele alınmasına ihtiyaç vardır.

1.2. Ütopya-Gerçeklik İlişkisi ve Ütopik Bilinç

Eleştirel bir düşüncenin ürünü olan ütopyalar, gerçeklikle irtibatsız değildir. Ütopyacı içinde yaşadığı toplumsal gerçekliğin farkında olmakla birlikte var olan toplumsal yapılar karşısında mutsuz olan bir bilinci temsil eder. Toplumsal gerçekliğe eleştirel bir biçimde yaklaşan ütopyacı, bozuk olarak nitelendirilen kurulu düzene düşünsel düzeyde başkaldırır (Cevizci, 2017: 1906-1907). Dolayısıyla, dönemin sosyal gerçekliğinin, ütopyaların kaleme alınmasındaki etkisi göz ardı edilmemelidir (Bezel, 2000:7).

Ütopyaları tasavvur eden ütopik bilinç kendisini kuşatan varoluşla intibak içerisinde olmadığı için, verili bir toplumsal düzendeki egemen sosyal norm ve kurumlarla uyumsuzluk ütopyaların karakteristik bir özelliğidir. Bu manada ütopya, statüko karşısında reddedici bir tutumu temsil eder (Mannheim, 2016: 23-25). Ancak, salt tenkid, ütopya kelimesinin gerçek anlamını ifade etmez. Bu bağlamda, yalnızca dönemine ait kötülük ve yozlaşmaların yalın bir tenkidiyle yetinip yapıcı bir boyutu olmayan, diğer bir deyişle herhangi bir teklifi olmayan eserler, kelimenin hakiki manasını taşımamaktadır. Olgu ve olayları gözleyip eleştiri süzgecinden geçirmekle kalmayıp, var olan toplumların kendisiyle mukayese edilebileceği bir ideal model kurmak da ütopyacılığın amaçlarından biridir (Çankı, 2021: 1145).

Ütopyanın, gerçekleştirilemezliği ifade ettiğine ihtiyatla yaklaşmak gerekir. Cari koşullar çerçevesinde uygulanabilirliği imkânsız görünebilirse de, döneminin fikir ve uygulamaları çerçevesinde sunulmuş olan öneriler, ütopyaların, uygulanmalarını imkânsız kılacak derecede gerçeklikten uzaklaşmalarını güçleştirmektedir. Bu bağlamda önemli bir husus şudur ki, belli bir varoluşsal çerçevede düşünüp eyleyen kişiler, kendi varoluşsal düzenleri açısından gerçekleştirilemez görüneni, mutlak anlamda gerçekleştirilemez olarak değerlendirme eğilimine sahip olabilirler. Böylelikle söz konusu kişiler, mevcut varoluşsal statülerini kaybetmek istemezler. Dolayısıyla, ütopik olanın belirlenmesinde, içinde bulundukları varoluşsal düzenle tam bir uyum içinde bulunan egemen tabakanın rolü gözden kaçırılmamalıdır. Mevcudun ötesine uzanan her şeyi ütopik olarak nitelendirmek, statüko açısından koruyucu bir işlev görmektedir. Bu noktada Karl Mannheim, tarihsel-toplumsal açıdan niteliksel bir derecelendirmeye giderek, "göreli olarak ütopik olan"la mutlak olanı birbirinden ayırır. Varoluşsal koşullardaki süreğen değişikliği esas alan bu ayrıma göre, başka düzenlerde gerçekleştirilmesi mümkün olan, mutlak olarak değil "göreli olarak ütopik olan"ı ifade etmektedir (Mannheim, 2016: 219-226).

1.3. Ütopyanın İkili Karakteri: Özgürlük ve Despotizm

İçinde yaşadığı sosyo-politik şartlardan hoşnutsuz olan ütopyacı, söz konusu şartları reforme ederek değiştirme umudu taşımadığı içindir ki, tasarlamış olduğu düzende radikal bir tutumla her şeyi değiştirmeyi hedefler. İnsanın mutluluğunu sağlamaya yönelik olarak, yetkinliklerle donatılmış bu düzen, mutsuzluk üreten şartlardan insanı özgürleştirmeyi amaçlar. Ancak tasarlanılan yetkin düzende, mutluluk hedefi doğrultusunda, her şey en ince ayrıntısına kadar tepeden tırnağa belirlenmiştir. Dolayısıyla bireyin mutluluğu elde edebilmesi için, herhangi bir biçimde inisiyatif kullanmaksızın, söz konuşu belirlenmişliğe tabi olması yeterlidir. Bu durum ise ütopyanın, özgürleştirici bir yöne sahip olmasının yanında, bireyi başka bir despotizmin kucağına atması riskini beraberinde getirmektedir (Cevizci, 2017: 1907).

2. THOMAS MORE'UN KİŞİSEL ÖZELLİKLERİ VE DÜŞÜNCELERİNİN ŞEKİLLENDİĞİ TOPLUMSAL BAĞLAM

İnsan denilen varlık, hayatını tarih ve toplum içinde sürdürür. Dolayısıyla, içinde yaşanılan tarihsel ve toplumsal şartlar, üzerinde etki üretmek suretiyle insan varoluşunu biçimlendirmede önemli bir tesire sahiptir. Karl Mannheim (2016: 107-108)'ın belirttiği üzere, tarihsel bilginin ilişkiselliği konusunda duyarlı modern bir epistemoloji, bilgi ve düşüncenin konumlandırılması ve ilişkiselliğine merkezi bir önem atfeder. Tarihsel bilginin bağlantısallığı ve öznenin konumunun bu bilginin inşasındaki kurucu önemi kabul edildiğinde, düşünce ve bilgi biçimlerinin tahlil edilmesinde insanların içinde bulundukları tarihsel ve toplumsal bağlam can alıcı bir önemi hâiz olur. Dolayısıyla, varoluşa bağlı kökenlerini araştırmaksızın yapılacak bir düşünce ve bilgi çözümlemesinin analitik değeri de tartışmalı bir hâle gelir. Bu bağlamda, Thomas More'un Ütopya'da yaptığı eleştirileri ve ifade ettiği düşünceleri herhangi bir anlama girişimi de, More'un kişisel özelliklerini, özne olarak konumlanma biçimlerini ve bütün bunların çerçevesini oluşturan tarihsel ve toplumsal şartları dikkate almak durumundadır.

2.1. Thomas More'un Kişisel Özellikleri

Ütopya'nın yazarı, toplumsal hayattan kendisini soyutlamış ve salt teorik ve spekülatif düşüncelerle meşgul olan birisi değil, tam aksine içinde yaşadığı toplumun farkında olan, sadece farkında olmakla kalmayıp parlak bir siyasi ve hukuki kariyerle toplumsal sorunlara bilfiil temas etme imkânı bulan birisidir. Dolayısıyla, eserinin isminden hareketle Thomas More'u hayal vadilerinde dolaşan, yaşanılan gerçekle ilgisiz biri gibi görmek doğru bir yaklaşım değildir.

More'un yaşadığı dönem (1478-1535) dikkate alındığında, İtalya'da başlayan Rönesans'ın ve onun uzantısında Hümanizmin tüm Avrupa'ya yayıldığı, Reform ateşinin Avrupa'yı sarmaya başladığı gözlemlenir. Dönemin bu hareketleri More üzerinde de etkisini göstermiştir. Daha on dört yaşında Oxford'a giden More, orada çağının ünlü Hümanistlerinden (Thomas Linacre, William Grocyn, John Colet) dersler almış, zaten iyi düzeyde öğrenmiş olduğu Latincesini ve bilhassa Yunancasını daha da geliştirmiştir. More, üniversite sonrasında da Yunanca ve Latince'ye olan ilgisini devam ettirmiştir. Öyle ki, John Lily ile ortaklaşa olarak pek çok Yunanca şiiri, dostu Erasmus ile birlikte de Lukianos'tan bazı parçaları İngilizceye çevirmiştir. Yine, İtalyan Hümanist Pico Della Mirandola'nın hayatını anlatan bir kitap, kendisi de Hümanist olan More tarafından Latince'den İngilizce'ye çevrilmiştir. More, sadece ünlü İngiliz Hümanistleriyle değil, Avrupa'daki diğer Hümanistlerle de yakın bir iletişim içinde olmuştur. Parisli Guillaume Bude, Antwerpli Peter Giles, Louvainli Jerome Busleiden bunların arasında yer aldığı gibi, Avrupalı Hümanistler arasındaki iletişim ağının en önemli isimlerinden biri olan Rotterdamlı Erasmus'la More arasında da sıkı bir dostluk ilişkisi gelişmiştir (Urgan, 1984: 11-20).

Bir Hümanist olması itibariyle More, Antik düşünürlerin çalışmalarına ilgi duymuş, Stapleton'un (1612: 167) tespitiyle, filozoflar arasından Platon ve Platonculara özel bir alâka göstermiştir. Aslında More, Oxford'da kalarak Yunanca ve felsefe üzerine çalışmalara devam etmek istemesine rağmen, kendisi de bir hâkim olan babasının da etkisiyle Londra'da hukuk öğrenimi görmüş ve 1501 yılında 23 yaşındayken Londra Barosu'na kaydolmuştur (Urgan, 1984: 19).

Karakter ve kişilik özellikleri itibariyle ele alındığında Thomas More, ilkeleri ve değerleri itibariyle tavizsiz, yoksullara ve ezilenlere karşı merhametli ve iyiliksever, dürüst ve bilgili bir şahsiyet olarak öne çıkar. More'un bu kişilik özelliklerinin, parlak hukuki ve siyasi kariyeri boyunca ve yaşamının sonuna dek tezahür ettiği görülür. Erasmus'a göre More, "ülkedeki yoksulların başta gelen koruyucu meleğidir." Zulme maruz kalmışlara yardım etmek, çaresizlik

içerisindeki kişileri çare olmak More'a haz vermektedir. Karşılık beklemeksizin iyilik yapmak onun kişiliğinin çok önemli bir boyutunu teşkil etmektedir (Bridgett, 1891). VIII. Henry'nin tahta geçmesiyle 1509 yılında Londra'da under-sheriff unvanıyla hâkimlik makamına atanan More, yıllarca sürdürdüğü hâkimlik görevinde yoksullar karşısındaki anlayışlılığı ve iyilikseverliği, mesleğindeki dürüstlüğü ile Londra'da şöhret kazanmıştır. Hiç kimse kendisine rüşvet teklif etmeye cesaret edemediği gibi, ayrıcalık gösterme konusunda More, yakınlarına karşı bile tavizsizdi. Bir defasında damadı Giles Heron aleyhine karar vermiştir (Urgan, 1984: 26). Hakkaniyet duygusu More'da o derecedeydi ki, ailesinin geçimini sağlamak için avukatlık yaptığı dönemde bile, haklı bulmadığı davaların vekâletini üstlenmiyordu (Ağaoğulları & Köker, 2013: 241).

Thomas More'un ilkeleri ve değerleri konusundaki tavizsizliği, düşüncelerini ifade etmedeki cesareti daha siyasi kariyerinin en başlarında açıkça ortaya çıkmıştır. 1504 yılında Parlamento'ya giren More, Kral VIII. Henry'nin, kızı Margaret'ın çeyizine ve oğlu Arthur'un şövalyeliğe yükselme törenine harcanmak üzere fazladan vergi talebinin parlamentoda görüşülmesi esnasında, genç bir muhalif olarak öyle karşı argümanlar ortaya koymuştur ki, Kralın talebi ancak kısmen kabul edilmiştir. Genç muhalifin bu tavrı Kralın öfkesini çekmiş, More kamusal yaşamdan ve parlamentodan uzak kalmak durumunda kalmış ve Kral VII. Henry ölene kadar sakınımlı bir hayat sürmüştür (Kautsky: 153-154).

Aslına bakılırsa More, saraydan uzak durmayı tercih etmiştir. Ancak gerek hâkimlik gerekse ticaret elçiliği görevinde sağladığı faydalar kendisine öylesine itibar ve prestij kazandırmıştı ki, Kral VIII. Henry ona karşı kayıtsız kalamamıştır. More, Kraldan gelen teklifleri geri çevirmiş ve bu tavrının gerekçesi olarak da Kral ile halk arasındaki muhtemel bir anlaşmazlıkta, Kralın tarafında yer alacağı zannıyla halkın kendisine karşı olan güvenini yitirme endişesini göstermiştir. Bununla birlikte, tahtın yoğun ısrarları karşısında retçi tutumunu daha fazla sürdüremeyen More, 1518'de VIII. Henry'nin özel danışmanlığını kabule mecbur kalmıştır. Daha sonra siyasi kariyer basamaklarında hızla yükselen More, 1521'de Sir unvanını elde etmiş, 1523'de Parlamento Sözcülüğü'ne seçilmiş, 1529 Ekim'inde de Kral tarafından kendisinden sonraki en yüksek siyasi makam olan Lord High Chancellor (çağdaş terminolojideki Başbakanlık makamının dengi) makamına atanmıştır. Ancak, bu görevle birlikte More için zorlu zamanlar da başlamıştır (Ağaoğulları & Köker, 2013: 242-243).

More'un Lord High Chancellor makamında bulunduğu zaman zarfında hem İngiliz hem de Avrupa dinî ve siyasi tarihi itibariyle çok önemli sonuçlar doğuran olaylar meydana gelmiştir. Kral VIII. Henry, eşi Catherine d'Aragon'dan boşanarak Anne Boleyn ile evlenmek istemiş, ancak Katoliklikte yalnızca Papa'nın gerçekleştirebileceği böyle bir boşanma işlemine Papa karşı çıkmıştır. İnançlarına bağlı bir Katolik olan More da bu boşanmayı desteklememiştir. Kral, boşanmasına dini meşruiyet sağlamak için, şantaj yoluyla Oxford ve Cambridge, satın alma yoluyla da Paris, Angers, Toulouse, Orleans, Bourges, Padua ve Bologna üniversitelerinden raporlar elde etmiştir. Kral, bu raporları Avam Kamarası'nda okuması için More'u zorlamış, More ise ilke, inanç ve değerlerine aykırı bulduğu eylemlere aracılık etmek istemediği için makamında kalmasının artık mümkün olmadığı düşüncesiyle görevinden istifa etmiştir. 1532 yılındaki bu istifa, Kral VIII. Henry'nin kendisine ihtiyaç duyduğu çok kritik bir zamanda gerçekleşmiş ve More, istifadan sonra Londra yakınlarındaki Chelsea'de kamusal hayattan uzak bir biçimde mahrumiyet içinde bir yaşam sürmesine rağmen kendi hâline bırakılmamıştır. Boşanma olayı, İngiltere Kilisesi'nin Roma'dan ayrılmasını ve Kral'ın İngiliz Ulusal Kilisesi'nin başı olmasını öngören Act of Supremacy adı verilen yasanın ortaya çıkmasına yol açmıştır. Başından beri Kralın boşanmasına itiraz eden More, ısrarlara rağmen bu yasa üzerine de yemin etmeyi reddetmiş ve Londra Kulesi'ne kapatılmıştır. Bir yıldan uzun bir süre kötü şartlarda zindanda kalan More'un elinden bir süre sonra kitaplarını da almalarına rağmen, onun direnişini kıramamışlardır. Bunun üzerine, vatan hainliği suçlamasıyla yargılanan More, suçlu

bulunarak idama mahkûm edilmiş ve inançları uğruna ölüme giderek 6 Temmuz 1535'te giyotinle cezası infaz edilmiştir (Kautsky, 2006: 177-182).

2. 2. Thomas More'un Yaşadığı Dönemde İngiltere'deki Toplumsal Ortam

Orta Çağ'dan Yeni Çağ'a geçilirken Batı Avrupa'da iki özgün olguya tanıklık edilir. Bir taraftan arazi ele geçirme hırsı ortaya çıkarken, buna eşlik eden bir biçimde tarımsal alandaki insanların sayısı da alabildiğine azaltılmaya çalışılıyordu. Arazi ele geçirme hırsının odaklandığı nokta, orman ve otlak gibi, işletilmeleri için fazla sayıda çalışan gerektirmeyen arazilerdi. Tarımsal alandaki ahalinin sayısının azaltılmasında yöntem olarak, ya daha az iş gücü gerektiren zirai ürünlere yönelmeye, ya da çiftçilerin çalışma yükünü arttırmak suretiyle gereksiz iş gücü açığa çıkarmaya başvuruluyordu. Zirai alanda artık meta üretimine geçiş gerçekleşiyordu. Meta üretimi ise, toprakların ve arazinin de bir meta haline gelmesine ve dolayısıyla değerlenmesine yol açıyordu. Bunun sonucunda, ortaya çıkan yeni egemenler, köylülerin topraklarını talep ederken, onları topraklarından çıkarmayı ise çıkarları açısından gerekli görüyorlardı. Ormanların ve otlakların değer kazanmasına paralel olarak yeni egemenler, ortak olarak kullanılan bu alanları da özel mülk haline getirmeye ve köylülerin bu alanları kullanmasına engel olmaya başladılar. Bu durum, ortak ormanlar ve otlaklar gibi varoluşsal önemdeki işletme araçlarını yitiren köylüler için bir yıkım olmuş ve sonuç olarak da kırsal bölge ahalisi kitleler halinde protelerleşmiştir. Ortaya çıkan manzara yaygınlaşan serserilik ve dolandırıcılık, her yerde karşılaşılan hırsızlık ve soygunculuk olmuştur. Sert ve acımasız yasalarla bu durum önlenmeye çalışılmışsa da, çalışma imkânları oluşturulamadığı için kitlelerin sefaleti ve serserileşmesi artmaya devam etmiştir (Kautsky, 2016: 30-36).

İngiliz İç Savaşı'ndan önce İngiltere'deki ekonomik hayatı incelediği Agrarian Problem adlı ünlü çalışmasında R. H. Tawney (1912: 32-33), toprağın değişen anlamına dikkat çeker. Toprak sahipliği giderek ticarileşmiş ve bu anlayış doğrultusunda toprak, gelir getiren bir yatırım aracına dönüşmüştür. Bu gelişmeler tarım konusuna bakışı da değiştirmiş, tarım, insanların geçimlerini topraktan sağlamanın en iyi yöntemlerini arama konusu olmaktan ziyade, kapitali toprağa yatırmanın en uygun yolunun konusu haline gelmiştir. More'un yaşadığı dönemde ticaretin yoğunlaştığı bir şehir olarak Londra'da, tüccarları güçlü bir zümre olarak öne çıkaran ticaret bakımından yün ticareti, doğurduğu sonuçlar açısından oldukça önemlidir. Yün ticareti İngiltere'de eskiden beri yapılmaktaydı. Ancak, orta çağın sonlarında İngiltere ürettiği kaliteli yünüyle önemli bir yün tedarik merkezi haline gelmiştir. İngiliz yününün ihraç pazarı Kıta Avrupası, özellikle de Alçak Ülkeler (Hollanda, Belçika ve Lüksemburg) ve İtalya olmuştur. Yün ticaretinin artması ve yol açtığı zenginlik İngiltere'de çitleme (enclosure) olgusunu ortaya çıkarmıştır. Kazanç hırsıyla köylüler topraklarından edilmiş, hem ekilen küçük topraklar hem de ortak kullanılan topraklar daha fazla yün üretmek amacıyla otlak durumuna getirilmiştir. Böylelikle pek çok insanı beslemiş olan bu topraklarda otlayan koyun sürüleri için onları güdecek bir tek çoban yeterli geliyordu. O günün ironik ifadesiyle söylenirse, "koyunlar insanları yemişlerdir" (Moore, 2016: 31-40).

İngiltere'de tarımsal kapitalizmin ortaya çıkışının sosyal maliyeti çok ağır olmuştur. Söz konusu gelişmeler büyük bir sefalet, yoksulluk ve acı ortaya çıkarmıştır. Topraklarından sürülen köylüler, işsiz serserileri ve kentlere doğru yol alan dilenci yığınlarını ortaya çıkarmıştır. More'un Ütopya'yı kaleme aldığı dönemde sadece Londra'daki dilenci sayısı yetmiş bin civarındadır. Bu durumun yansımalarını hukuki cezalandırmaların sayısında görmek mümkündür. İngiltere'de VII. Henry döneminde soygun ve cinayet suçlarından asılanların yıllık sayısı, Fransa'da aynı suçlardan ötürü yedi yıllık dönemde asılanların sayısından fazladır. VIII. Henry'nin hükümdarlığının son dört yılında da, yetmiş bin kişi hırsızlık ve serserilik suçları nedeniyle idam edilmiştir (Ağaoğulları & Köker, 2013: 247). Ağır cezalandırmalara rağmen

belirtilen suçların engellenemeyişi aslında şaşırtıcı değildir. Ağır sefalet koşulları, var oluşlarının devamı açısından insanların suça yönelmelerinin zeminini teşkil etmektedir.

3. THOMAS MORE'UN ÜTOPYA'SI VE ÜTOPYA'DA MORE TARAFINDAN YÖNELTİLEN SOSYO-POLİTİK ELEŞTİRİLER

Thomas More, Ütopya'yı yazmadan önce, dostu Peter Gilles'e, kendi ideallerine göre yönetilen bir ülke ve bu idealleri hayata geçiren insanlara dair bir kitap yazma niyetinden bahsetmiştir. Ancak, hemen ardından bu tarz şeyleri İngiltere'de yazmanın tehlikesine ilişkin çekincesini de ilave etmiştir (Cambier, 2021: 9). Nitekim, More Ütopya'da kendi düşüncelerini eserinin kurgusal karakteri olan Raphael Hythloday'i konuşturarak dile getirir. Bu türlü kurgusal karakterlere başvurmak dönemin hümanist ruhuna uygun olmakla birlikte durum sadece kendisi de bir hümanist olan More'un hümanizminin yansımasından ibaret değildir. Burada aynı zamanda despotizmin şüpheciliğine karşı alınmış bir güvenlik tedbiri söz konusudur. Yine eserini Latince kaleme almasında da benzer kaygıları görmek mümkündür (Kautsky, 2016: 218, 271).

Legouis, Thomas More'un Ütopya'sını İngiliz hümanizminin başyapıtı olarak niteler (Legouis & Cazamian, 1987: 209). Gerçekten de More, dinî, siyasi alanda ya da hümanistik nitelikte çeşitli başka eserler vermiş olsa da ona şöhretini kazandıran Ütopya olmuştur. More'un eseri dünya klasikleri arasında yer almıştır (Urgan, 1984: 109). Ütopya'nın böylesine ilgi görmesinde çağının bunalımlarını çok güçlü bir biçimde ifadelendirmesi de etkili olmuştur (Kautsky, 2016: 213). More, en önemli eseri olan Ütopya'da, Avrupa'nın toplumsal kurumlarına karşı, kendi tasarladığı kurgusal Ütopya adasındaki muadillerini ortaya koyar (Cevizci, 2017: 1353). Ancak yine de unutmamak gerekir ki daha spesifik olarak More'un kalkış noktası kendi ülkesi İngiltere olmuştur. Bu da son derece makuldür. Çünkü kendi ülkesinin sosyo-politik kodlarını daha yakından bilmekte ve tanımaktadır. Öyle ki fiziksel özellikler açısından bile, Ütopya okunduğunda, kurgusal Ütopya adasının özellikleri ile Britanya adası arasındaki benzerlikler hemen tespit edilebilir.

Yalnızca eleştiriyle yetinmeyip teklif de getiren Thomas More, toplumsal işleyişin pek çok boyutunu merceğinin kapsamına dâhil etmiştir. Bu bağlamda, çok sayıda alt kırılıma ayrılabilecek More'un eleştirilerini yasal, sosyal ve politik boyutlar itibariyle ele alıp, bunlara ilişkin Ütopya'da sunulan teklifleri mukayeseli bir biçimde ortaya koymak, More'un projesinin anlaşılması bakımından temsil yeteneğini hâiz olacaktır.

3.1. Hukuki İşleyişe Yönelik Eleştiriler ve Ütopya

More'un eserinde, döneminin hukuki işleyişine dair dikkat çekilen önemli bir husus, serseriliğe, hırsızlığa karşı pek çok yasa yapılmasına rağmen bunların herhangi bir yarar sağlamamış olmasıdır. Hırsızlığa karşı şiddetli cezalara başvurulup her yerde darağaçları kurulmasına rağmen yine de hırsızlığın yaygın bir şekilde varlığını sürdürmesini şaşırtıcı bulanlara karşı More, bu durumda hiçbir tuhaf yan olmadığını belirtir. Hırsızlara uygulanan ölüm cezasının haksızlığına ve toplumsal olarak da taşıdığı tehlikelere işaret eden More'a göre, çalmanın tek seçenek olduğu bir toplumsal vasatta, ölüm cezası kimseyi durduramaz. Pratik açıdan bakıldığında ise hırsızlık suçunu da tıpkı cinayet suçu gibi ölümle cezalandırmak, cinayetin cezası hırsız için çalmanın cezasından daha fazla bir yük getirmeyeceği için, yakalanması halinde zaten ölümle cezalandırılacak olan bir hırsızı, gerekmesi halinde suçunu gizlemek için tüm şahitleri de ortadan kaldırmaya teşvik eder. Böylelikle mevcut yasal düzen hırsızlığı önlemek bir yana, ilâve olarak onları bir de şiddete yönlendirir. Oysa yapılması gereken suçluyu ortadan kaldırmak yerine suçun yeşerdiği toplumsal zemini rehabilite etmektir. Bu bağlamda yapılması gereken, toplumun her bir üyesinin geçinme imkânlarına kavuşturulmasıdır. Korkunç cezalara başvurmak yerine bu yapıldığı takdirde, kimse ucunda ölüm olduğunu bile bile

hırsızlığa kalkışmayacaktır. Her şeye rağmen cezalandırmanın söz konusu olması halinde ise, öyle bir cezalandırma sistemi uygulanmalıdır ki suçlunun hayatından ziyade suçu hedef alsın ve suçluları da iyi yurttaşlar olmaya ve geri kalan hayatlarında geçmiş hatalarını telâfi etmeye teşvik etsin (More, 2021: 61-70).

Ütopya'da, övgüyle anılan birçok kapitalist ülke, işlevsiz bir biçimde sürekli yeni yasa yapmaları üzerinden eleştiriye tâbi tutulur. Sürekli yeni yasaların yapılması hukuki anlamda etkin bir düzenlemeye işaret etmemekte, devamlı surette çıkarılan çok sayıda yeni yasa can ve mal güvenliğini korumakta başarılı olamamaktadır. Sürekli olarak açılan ve sonu gelmeyen davalar bu durumun bir göstergesi niteliğindedir. Özel mülkiyet var olduğu sürece de adil bir düzenin kurulamayacağı, More tarafından altı çizilen önemli bir noktadır. Çünkü özel mülkiyet temelinde kurulan bir düzende zenginler yasaları kendi çıkarları doğrultusunda istedikleri gibi manipüle ederler. Ütopyalılar ise çok az yasayla, herkesin haklardan eşit bir biçimde yararlanmasını temin eden çok etkin bir düzen kurmuşlardır (More, 2021: 84). Ütopyalıların kurdukları toplumsal sistem az sayıda yasayı yeterli kılmaktadır. Ütopyalıların ülkesinde, davaları kazanmak için yasaları kurnazca yorumlayan ve hilelere başvuran avukatlar da yoktur. Herkes zaten kendi davasının savunucusudur ve yargıç karşısında savunmasını kendi yapar. Sayıca çok az, basit ve açık anlama sahip yasalar, avukatı gereksiz hale getirdiği gibi Ütopya ülkesinde herkesi yasal bilirkişiye dönüştürmektedir. Mahkemeleri yozlaştıran rüşvet, para hırsı gibi faktörler, Ütopya ülkesinde özel mülkiyet ve para söz konusu olmadığı için anlamını yitirmektedir. Ütopyalıların sistemi, yalnızca ceza korkusuna başvurarak suçları önlemeye çalışan düzenlerden farklı olarak, ödüllendirerek ve sosyal onur kaynağı haline getirerek iyi davranışları teşvik eder. Bu amaçla, ülkedeki merkezi noktalara, önemli toplumsal yararlar sağlamış kimselerin heykellerini dikerek, hem bu kişilerin yararlı eylemlerini sürekli anmış, hem de gelecek nesillere atalarının söz konusu şerefli eylemlerini hatırlatarak onları da böylesi eylemlere teşvik etmiş olurlar (More, 2021: 134-136).

3.2. Toplumsal İşleyişe Yönelik Eleştiriler ve Ütopya

More'un eleştirilerinde yansıdığı üzere, içinde yaşadığı toplumsal düzen, hırsızlığı doğuran, daha sonra da çaldıkları için hırsızları öldüren bir mahiyet arz etmektedir. Dönemin İngiltere'sinde, kapitalizmin ortaya çıkışının etkileri, kırsal alanda çok tahripkâr sonuçlar üretmiştir. Ekilebilir tarım arazilerinin, yün ticareti yoluyla kazançlarına kazanç katmak isteyenlerce otlaklara dönüştürülmek istenmesi ve bu amaçla, zor ve hile gibi yollara da başvurarak köylülerin yerlerinden yurtlarından edilmelerinin sosyo-ekonomik maliyeti çok ağır olmuştur. Çok sayıda insan sokağa düşmüş ve bildikleri iş olan toprak işiyle uğraşacakları ekilebilir alan son derece daraldığından karınlarını bile doyurma imkânından mahrum kalmışlardır. More'un ironik bir dille ifadelendirdiği gibi, az bir yiyecekle yetinen ve yumuşak huylu bir tabiata sahip olan koyunlar, açgözlü bir mide geliştirerek adeta insan yiyici bir hâle dönüşmüşlerdir. Öyle ki kasabalar, evler ve tarlalar onlar tarafından yutulmaktadır. Tarım alanlarının otlaklara dönüştürülmesinin bir sonucu da yiyecek fiyatlarının artması olmuştur. Ancak koyun sayısı ve otlaklar artmasına rağmen yün fiyatları da yüksek düzeyde seyretmiştir. Bunun nedeni ise yün ticaretinin birkaç vurguncu zenginin elinde, istedikleri fiyatı belirleyebilecekleri şekilde toplaşmasıdır. Aşırı kazanç hırsıyla dolu bir avuç zenginin elinde, İngiltere'nin zenginlik kaynakları halkın önemli bir kesimi için bir felakete dönüşmüş, kıtlığın, fiyat artışlarının, işsizliğin yaygın bir biçimde kol gezdiği böylesi bir zeminde, yaygın dilencilik ve hırsızlık da manzaranın tamamlayıcı unsurları olmuşlardır (More, 2021: 61-64).

Thomas More'a göre, özel mülkiyete dayalı ve paranın her şeyin ölçüsü olarak kabul edildiği bir düzende sosyal adalet ve refahın gerçekleştirilebilmesi makul değildir. Böylesi bir düzende ortaya çıkacak sonuç, toplumun ekonomik kaynaklarının, küçük ve en az işe yarar bir azınlığın elinde toplanarak onlar için yüksek yaşam standardı ve mutluluk üretmesidir. Buna karşılık

toplumun en kalabalık ve en yararlı toplulukları için söz konusu olan ise ezici bir yoksulluk altında devam eden, açlık, zorluk ve ümitsizlik dolu bir hayattır. Bu bağlamda, özel mülkiyet yerine ortaklaşa bölüşüm esası üzerine kurulmuş olması, Ütopya ülkesindeki düzenin mükemmelliğini sağlayan temel unsur olarak belirir (More, 2021: 82-84).

Yoksunluk korkusu ya da daha fazla mal varlığına sahip olduğunu göstermek suretiyle diğer insanlara üstünlük taslama arzusu gibi açgözlülüğe yol açan faktörlere Ütopya ülkesinde yer verilmez. Ütopya ülkesinde özel mülkiyet olmadığı gibi Ütopyalılar kendi aralarındaki muamelelerde para da kullanmazlar. Öyle ki altın ve gümüş gibi değerli metallerin kendileri nezdindeki kıymetsizliğini göstermek üzere Ütopyalılar, cari düzenlerde yaşayanlarca tahayyül edilmesi neredeyse imkânsız uygulamalara başvururlar. En sıradan ev aletlerini altından yaptıkları gibi oturakları bile altındandır. Bu metalleri ne kadar hor gördüklerinin bir göstergesi olarak kölelerinin pranga ve zincirlerinde altın kullanırlar ve bununla yetinmeyip, utandırıcı bir suça teşebbüs edenleri utancın sembolü olarak, boyunlarına altın kolye, kulak ve parmaklarına altın halkalar takmaya zorlarlar. İnci, elmas gibi değerli taşlar konusunda da aynı yaklaşımı sergileyen Ütopyalılar, bu taşları arayıp bulma zahmetine girmezler. Buna rağmen ola ki bu taşlardan birine rast gelmeleri durumunda ise onları bebeklerine süs diye takarlar. Çocuklar büyüyüp Ütopyalılarca bu süslere hiçbir değer verilmediğini idrak ettiklerinde ise, tıpkı büyüdüklerinde çeşitli oyuncaklarını, boncuklarını bir kenara attıkları gibi bunları da atarlar. İnsanların, sadece zenginliklerinden ötürü birilerinin önünde eğilip bükülmeleri, onları adeta başlarının üstünde taşımaları Ütopyalılar tarafından garip hatta iğrenç bulunan bir ahmaklıktır (More, 2021: 104-112).

Ütopya ülkesinin çalışma şartları da toplumsal fayda ve kişilerin mutluluğu esas alınarak düzenlenmiştir. Öncelikli olarak çiftçilik Ütopya'da cinsiyet gözetilmeksizin herkesin işidir ve her çocuk eğitim hayatında hem teorik hem de uygulamalı olarak tarımı öğrenir. Herkesin ortak paydası olan çiftçiliğe ilâve olarak her çocuk yetenekleri doğrultusunda bir zanaat de öğrenir. Başlıca zanaat kolları demircilik, marangozluk, duvarcılık ve taşçılık, keten ve yün işlemeciliği gibi toplumsal ihtiyaçlar açısından temel önemdeki alanlara dairdir. Ütopya'da günlük çalışma süresi altı saattir. More'un yaşadığı dönemin ötesinde çağdaş dünyadaki fiili durum dikkate alındığında bile bu süre oldukça kısadır. Döneminin çalışma koşullarını bir kölelik olarak nitelendiren More'un betimlediği üzere, dünyanın her yanındaki çalışan kesimler bu kölelik koşulları altında erken saatlerden akşamın geç vakitlerine kadar adeta yük beygirleri gibi çalıştırılarak tüketilmektedirler. Oysa Ütopya ülkesinde günde yalnızca altı saat çalışan Ütopyalılar, geriye kalan boş zamanlarını, tembellik ve kötü alışkanlıklar dışında, hoşlarına gidecek faaliyetlerde diledikleri gibi değerlendirmekte özgürdürler. Çalışma süresinin böylesine kısaltılması karşısında ülkenin kıtlıkla karşılaşabileceği gibi bir endişeyi More yersiz bulur. Çünkü Ütopya ülkesinde herkes çalışır ve birkaç saat içindeki bu çalışma oldukça verimli ve yararlı bir şekilde gerçekleşir. Dönemin Avrupa'sındaki ülkelerde ise önemli bir nüfus kesimi tamamıyla işsiz ve aylak aylak dolaşmakta, toplumun tüketim maddeleri ise az sayıda insanın alın teri ve emeğiyle üretilmektedir. Herkesin yararlı işler yapması ve şatafata, gösterişe yönelik ve gereksiz faaliyetlerin ortadan kaldırılmasıyla işlerin sayısının asgariye inmesi sayesinde Ütopyalılar üretkenliklerini arttırırlar. Böylelikle zamandan ve emekten önemli bir tasarruf sağlanır ki zaten Ütopya ülkesinde ekonominin temel hedefi, temel toplumsal ihtiyaçları karşılamanın yanında insanlara serbest zaman sağlamaktır (More, 2021: 98-102).

3.3. Siyasal İşleyişe Yönelik Eleştiriler ve Ütopya

Yaşadığı dönem itibariyle İngiltere'de Kral VII. ve VIII. Henry dönemi siyasal yaşamına yakından tanıklık etmiş olan Thomas More, dönemin Avrupa siyasi iklimine dair, politik görevleri esnasındaki temaslarının da katkısıyla önemli bir bilgi birikimine sahiptir. Siyasal hayata ilişkin, eserinde yer verdiği eleştiriler incelendiğinde bunların, savaş ve şiddete başvuru,

hile ve aldatma gibi yöntemlerin kullanılması, halkın yoksulluk içerisinde adeta boyunduruk altında tutulması gibi belli başlı alanlarda yoğunlaştığı görülür. Bu eleştiri noktaları Thomas More'un, yine dönemin bir başka ünlü siyaset düşünürü Niccolo Machiavelli'nin görüşlerinden haberdar olduğuna güçlü bir karine teşkil eder. Çünkü savaş ve hile Machiavelli'nin yaklaşımında siyasetin temel iki aracıdır. Ancak Machiavelli'nin yöneticilere tavsiye konusu olan bu yöntemler, More'da ağır bir eleştiri konusudur.

More'un, eleştirdiği yöntemlere ilişkin eserinde değindiği örneklerden bazılarına yer vermek meseleyi daha anlaşılır kılacaktır. Söz gelimi, krallığın hazinesinin arttırılmasına ilişkin olarak, kral ödeme yaptığında paranın değerinin arttırılması, krala ödeme yapıldığında ise paranın değerinin düşürülmesi ya da uydurma bir savaş bahanesiyle halktan zorla vergi toplayıp sonra da halkının kanının dökülmesi ihtimali karşısında şefkatli bir kral pozuna girip yine kendisinin uygun gördüğü bir zamanda barış yapıyormuş gibi bir role bürünmesi örnekler arasında sayılabilir. Böylelikle kral bir yandan halktan zorla vergi alırken diğer yandan kendisine barışçıl bir görünüm verebilmektedir. Bu yöntemlerin, krallığı değersizleştirici ve utanç verici olduğuna işaret eden More'a göre, halkını dilenciliğe maruz bırakarak, ancak baskı ve zorbalıkla düzen tesis edebilen bir kral, görevini bırakmalıdır. Çünkü kralın var oluş nedeni, kendisinin değil halkın çıkarlarını korumak, halkı her türlü baskı ve zulümden koruyarak onların mutluluğunu temin etmektir (More, 2021: 77-79).

More, etrafındaki ülkeleri ele geçirmek, kendisine bağlamak ya da onlar üzerinde denetim kurmak amacıyla kralın savaşa başvurmasını ya da antlaşmalara çıkarına olduğu sürece bağlı kalmak, rüşvet, entrika çevirmek gibi usulleri kullanmasını eleştirirken ona daha fazla toprak elde etme arzusunu terk etmesini, bu amaçla savaşlar çıkarmaktan ve diğer ülkelerde karışıklık çıkarmaktan vazgeçmesini, aksi takdirde hem kendi sonunu hem de yararsız bir şekilde halkının sonunu getireceğini belirtir. Bu bağlamda More'un tavsiyesi, zaten elindeki topraklar bir kişinin iyi bir yönetim sergileyebilmesi açısından fazlaca büyük olan kralın, kendi ülkesine ve halkına odaklanarak onların mutluluğu ve refahı için çalışmasıdır (More, 2001: 74-76). More'un tasarladığı Ütopya ülkesinin sakinleri ise savaşı iğrenç bir eylem olarak görürler ve ateşkes antlaşması yaptıkları zaman ne kadar tahrik edilseler de asla antlaşmayı bozmazlar. Ancak herhangi bir Ütopyalı öldürülür ya da fiziksel olarak kendisine zarar verilirse bu olayı öğrendikleri anda Ütopyalılar, tutum değişikliğine giderek olaya karışanların kendilerine teslim edilmeleri dışında hiçbir ara çözümü kabul etmeksizin savaş ilân ederler. Ülke savunması, dostlarının topraklarının istiladan kurtarılması veya insanların diktatörlük cenderesinden kurtarılması da Ütopyalılar için savaşa girme nedenidir (More, 2021:147).

Ütopya ülkesinin siyasi işleyişi incelendiğinde, şehirlerin özyönetimle idare edildiği bir yapı görülür. Temel yönetim birimi ailedir ve ailelerden yukarıya doğru görevlilerin seçimle iş başına geldiği hiyerarşik bir örgütlenme modeli söz konusudur. Hiyerarşinin zirvesinde yine seçimle (seçme işi ailelerin seçimli temsilcisi phylarch'lar tarafından yapılır) iş başına gelen bir başkan bulunur ve diktatörlüğe tevessül etmediği sürece hayat boyu görevinde kalır. Bu yönetim yapısında sorunların çözümünde aşağıdan yukarıya doğru müzakereci ve katılımcı bir yöntem takip edilir. Ütopyalılar arasında çıkabilecek herhangi bir ihtilafa hızlıca çözüm üretmek esas olmakla birlikte unutulmamalıdır ki bu mutluluk ülkesinde böylesi anlaşmazlıklarla zaten çok ender karşılaşılır (More, 2021: 95-96).

SONUÇ

Sokrates'i andırırcasına, inançları uğruna ölüme gitmesi Thomas More'un kişiliğinin etkileyiciliğini arttırdığı gibi muhtemelen ses ve sözünün çağlar boyu yankılanmasında etkili bir faktör olmuştur. Nitekim Katolik kilisesi 1886 yılında Thomas More'u resmi olarak aziz

ilân etmiş ve Katolik rahip ve yazar Thomas Edward Bridgett de Thomas More'u takdirle anmak için More'un hayatı ve çalışmalarına ilişkin eserini yayınlamıştır (Bridgett, 1891). Bir diğer taraftan ünlü Alman Marksist teorisyen Karl Kautsky ise Thomas More'u ilk modern sosyalist olarak nitelendirmiştir (Kautsky, 2006: 113). Kautsky'nin nitelendirmesi belki mübalağalı bulunabilir. Ancak çalışmada ortaya konulan, More'un Ütopya'sındaki eleştiri ve teklifler Kautsky'nin nitelendirmesinin büsbütün temelsiz olmadığını da göstermiştir. More eleştirilerini yöneltirken, kendisi de devlet adamı ve hukukçu olmasına karşın sadece içinde yaşadığı düzenin hukuki ve siyasi boyutlarını hedef almakla kalmamış, bilakis hukuki ve siyasi boyutların çok ötesinde eleştirilerinin ağırlık noktasını sosyo-ekonomik düzene vermiştir. Bu bağlamda More, hukuki ve siyasi düzeyde yürürlüğe konulacak palyatif tedbirlerin yararsızlığına işaret etmiş ve Marksist terminolojide altyapı olarak adlandırılan seviyede sorunları ele almak ve çözmek gerektiğini belirtmiştir. Bu noktada özel mülkiyeti, toplumsal bozuklukların ve sosyal adaletsizliğin temel sebebi olarak saptayan More, kendi tasarladığı düzende özel mülkiyetin olmamasını, kurucu bir ilke olarak belirlemiştir.

Erken dönem kapitalizmin, bilhassa taşradaki yıkıcı sonuçlarına ve bu durumun bir bütün olarak toplumda yol açtığı adaletsizliklere tanıklık eden More, çok erken bir tarihsel dönemde yeni yeni belirmeye başlayan bu iktisadi düzenin bünyesinde barındırdığı içkin sömürü mekanizmasını ve bu düzene içkin adaletsizlikleri ifşa etmiştir. Öyle ki döneminin toplumsal sistemlerini, kendi çıkarlarını merkeze alan zenginlerin fesat tertibi olarak değerlendiren More (2016: 163), yasal düzenin de bu sosyal adaletsizliği teminat altına almak üzere işe koşulduğunu çarpıcı bir biçimde vurgulamıştır. Dolayısıyla sadece küçük bir azınlığın değil, herkesin mutluluk ve refahını gözeten bir düzen tasarlamaya yönelen More, haklardan yararlanmada eşitliği esas alan ve çağının düzenlerinde şahit olduğu ve eleştiri konusu kıldığı olumsuzlukların adeta değillemesi niteliğindeki Ütopya'sını kurgulamıştır.

KAYNAKÇA

Ağaoğulları M. A. ve L. Köker (2013). *Tanrı Devletinden Kral-Devlete*. 6. Baskı. Ankara: İmge Kitabevi.

Bezel, N. (2000). *Yeryüzü Cennetleri Kurmak*. Ankara: Güldikeni Yayınları.

Bridgett, T. E. (1891). *Life and Writings of Sir Thomas More: Lord Chancellor of England and Martyr Under Henry VIII*. Kiribati: Burns & Oates.

Cambier, A. G. (2021). Ütopya'ya Dair. *Ütopya* içinde. 6. Baskı. İstanbul: Dergâh Yayınları, 9-34.

Cevizci, A. (2017). *Büyük Felsefe Sözlüğü*. İstanbul: Say Yayınları.

Çankı, M. N. (2021). *Büyük Felsefe Lûgatı*. C.3. İstanbul: İz Yayıncılık.

Kautsky, K. (2006). *Thomas More ve Ütopyası*. O. Özügül (çev.). İstanbul: Pencere Yayınları.

Legouis E. and L. Cazamian (1937). *A Short History of English Literature*. London: Dent and Sons.

Mannheim, K. (2016). *İdeoloji ve Ütopya*. M. Okyayuz (çev.). Ankara: Nika Yayınevi.

Moore, B. (2016). *Diktatörlüğün ve Demokrasinin Toplumsal Kökenleri*. Ş. Tekeli ve A. Şenel (çev.). 4. Baskı. Ankara: İmge Kitabevi.

More, T. (2021). *Ütopya*. A. G. Cambier (çev.). 6. Baskı. İstanbul: Dergâh Yayınları.

Stapleton, T. (1612). *Tres Thomae.* Sumptibus Bernardi Gualteri.

Tawney, R. H. (1912). *The Agrarian Problem in the Sisteenth Century*. London: Longmans, Green.

Turner, B.S. (Ed.). (2020). *Sosyoloji Sözlüğü*. K. Akbaş ve A. Beyaz (çev. ed.). İstanbul: Pinhan Yayıncılık.

Urgan, M. (1984). *Edebiyatta Ütopya Kavramı ve Thomas More*. İstanbul: Adam Yayıncılık.

CONTENT ANALYSIS OF GRADUATE THESES ON ORGANIZATIONAL CYNICISM IN THE FIELD OF SPORTS SCIENCES

SPOR BİLİMLERİ ALANINDA YAPILAN ÖRGÜTSEL SİNİZM KONULU LİSANSÜSTÜ TEZLERİN İÇERİK ANALİZİ

Arş. Gör. Dr. Ebru KARAKUŞ

Gümüşhane Üniversitesi, Spor Bilimleri Fakültesi, Antrenörlük Eğitimi Bölümü, Gümüşhane, Türkiye.

ORCID ID: https://orcid.org/ 0000-0003-4157-2382

Doç. Dr. Burkay CEVAHİRCİOĞLU

Ordu Üniversitesi, Spor Bilimleri Fakültesi, Spor Yöneticiliği Bölümü, Ordu, Türkiye.

ORCID ID: https://orcid.org/ 0000-0001-6281-9079

Prof. Dr. Alparslan İNCE

Ordu Üniversitesi, Spor Bilimleri Fakültesi, Beden Eğitimi ve Spor Bölümü, Ordu, Türkiye.

ORCID ID: https://orcid.org/0000-0003-1617-4809

Dr. Öğr. Üyesi Kaan KARAKUŞ

Ordu Üniversitesi, Spor Bilimleri Fakültesi, Spor Yöneticiliği Bölümü, Ordu, Türkiye.

ORCID ID: https://orcid.org/0000-0002-1568-7816

ÖZET

Bu araştırmanın amacını, Türkiye'de spor bilimleri alanında yapılan örgütsel sinizm konulu lisansüstü tezlerin sistematik olarak incelenmesi oluşturmaktadır. Araştırmanın örneklem grubunu, Türkiye'de 2016-2025 yılları arasında Yükseköğretim Kurulu (YÖK) Ulusal Tez Merkezi veri tabanında yer alan ve spor bilimleri alanında sınırlandırılan 21 yüksek lisans tezi ve 9 doktora tezi olmak üzere toplam 30 lisansüstü tez çalışması oluşturmaktadır. Araştırmada nitel araştırma yöntemlerinden keşfedici durum çalışması deseni tercih edilmiş olup; verilerin toplanmasında doküman incelemesi, analizinde ise içerik analiz tekniği kullanılmıştır. Araştırmalar; araştırmanın türü, danışman unvanı, anabilim dalı, gerçekleştirildiği üniversite ve yıllara göre dağılım başlıkları ile incelenmiştir. Araştırma sonucunda örgütsel sinizm konulu lisansüstü tezlerde danışman unvanı dağılımının; Doç. Dr. unvanında 13 (%43,3), Prof. Dr. unvanında 10 (%33,3) ve Dr. Öğr. Üyesi unvanında 7 (%23,3) olduğu belirlenmiştir. Anabilim dalı kategorisi incelendiğinde; lisansüstü tezlerde en yüksek oranın Beden Eğitimi ve Spor Anabilim Dalında (n=16, %53,3) olduğu tespit edilmiştir. Üniversitelere göre dağılım incelendiğinde en yüksek sayıda tezin Atatürk Üniversitesi (n=3, %10) bünyesinde hazırlandığı saptanmıştır. Yıllara göre dağılımı incelendiğinde ise 2017, 2020, 2021, 2023 ve 2024 yıllarının

her birinde 4'er araştırmanın (%13,3) yapıldığı ve çalışmaların bu yıllarda en yoğun seviyeye ulaştığı tespit edilmiştir. Türkiye'de spor bilimleri literatüründe örgütsel sinizm temalı lisansüstü çalışmaların yüksek lisans düzeyinde yoğunlaştığı, beden eğitimi ve spor anabilim dallarında yürütüldüğü ve metodolojik olarak nicel desenlerin tercih edildiği görülmektedir. Gelecekteki araştırmaların, spor organizasyonlarındaki sinizm olgusunu nitel veya karma desenler aracılığıyla derinlemesine ele almasının, mevcut literatürdeki boşlukları dolduracağı ve konuya çok boyutlu bir perspektif kazandıracağı düşünülmektedir.

Anahtar Kelimeler: Sinizm, Örgütsel Sinizm, Spor, İçerik Analizi

ABSTRACT

The aim of this research is to systematically examine postgraduate theses on organizational cynicism in the field of sports sciences in Turkey. The sample group of the research consists of a total of 30 postgraduate theses, including 21 master's theses and 9 doctoral theses, limited to the field of sports sciences, included in the Higher Education Council (YÖK) National Thesis Center database between 2016 and 2025 in Turkey. The exploratory case study design, a qualitative research method, was preferred in the research; document analysis was used for data collection, and content analysis technique was used for data analysis. The studies were examined under the headings of research type, supervisor title, department, university where it was conducted, and distribution by year. As a result of the research, it was determined that the distribution of supervisor titles in postgraduate theses on organizational cynicism was as follows: 13 (43.3%) with the title of Assoc. Prof. Dr., 10 (33.3%) with the title of Prof. Dr., and 7 (23.3%) with the title of Asst. Prof. Dr. When the department category was examined; The highest percentage of postgraduate theses on organizational cynicism was found in the Department of Physical Education and Sports (n=16, 53.3%). When the distribution by university was examined, it was determined that the highest number of theses were prepared within Atatürk University (n=3, 10%). Examining the distribution by year, it was found that 4 studies (13.3%) were conducted in each of the years 2017, 2020, 2021, 2023, and 2024, and that the studies reached their highest level in these years. In Turkey's sports science literature, postgraduate studies on organizational cynicism are concentrated at the master's level, conducted in the departments of physical education and sports, and methodologically, quantitative designs are preferred. It is thought that future research that deeply examines the phenomenon of cynicism in sports organizations through qualitative or mixed designs will fill the gaps in existing literature and provide a multi-dimensional perspective on the subject.

Key Words: Cynicism, Organizational Cynicism, Sports, Content Analysis.

GİRİŞ

Sinizm kavramı, kökenleri Antik Yunan felsefesine kadar uzanan felsefi bir akımdır. Ancak modern literatürde sinizm, "bireylerin çevrelerine, kurumlara veya genel olarak topluma karşı geliştirdikleri güvensizlik, hayal kırıklığı ve eleştirel tutumları ifade eden olumsuz bir psikolojik durum" olarak ele alınmaktadır (Andersson ve Bateman, 1997). Örgütsel bağlamda incelendiğinde ise örgütsel sinizm; "çalışanın istihdam edildiği kuruma karşı geliştirdiği negatif tutumların bütününü" ifade etmektedir. Literatürde örgütsel sinizmin en yaygın ve temel tanımı Dean ve ark. (1998) tarafından yapılmıştır. Bu tanıma göre örgütsel sinizm; "örgütün dürüstlükten yoksun olduğuna dair bilişsel bir inanç, örgüte karşı duyulan negatif duygusal tepkiler (öfke, hayal kırıklığı vb.) ve örgüte yönelik aşağılayıcı, eleştirel ve karalayıcı davranışsal eğilimler olmak üzere üç boyutlu bir tutum" olarak kavramsallaştırılmaktadır. Bu

boyutlar bağlamında sinik tutum sergileyen çalışanlar, örgüt yönetiminin gizli gündemleri olduğuna inanmakta, kurumsal karar alıcıların kendi çıkarlarını gözettiğini düşünebilmektedir (Kanter ve Mirvis, 1989; Cole ve ark., 2006).

Örgütsel sinizm, modern yönetim ve örgüt psikolojisi araştırmalarında üzerinde önemle durulan temel örgütsel hastalıklardan biridir. Araştırmalar, sinik tutumlara sahip çalışanların örgütsel bağlılıklarının düştüğünü, iş tatminlerinin azaldığını ve işten ayrılma niyetlerinin arttığını ortaya koymaktadır (Abraham, 2000; Wanous, Reichers ve Austin, 2000). Aynı zamanda alan yazın; algılanan örgütsel adaletsizliğin, psikolojik sözleşme ihlallerinin ve destekleyici olmayan liderlik davranışlarının örgütsel sinizmi tetikleyen temel öncüller olduğunu vurgulamaktadır (Pugh ve ark., 2003). Bu durum, dinamik, rekabetçi ve stres faktörlerinin yoğun olduğu spor örgütleri için de önemli bir tehdit oluşturmaktadır. Spor bilimleri alanı; spor kulüpleri, gençlik ve spor il müdürlükleri, eğitim kurumları (spor bilimleri fakülteleri, spor liseleri) ve rekreasyon alanları gibi çok geniş bir yelpazede hizmet veren yapıları barındırır (Chelladurai, 2014). Spor örgütlerinin doğası gereği yoğun insan etkileşimi ve duygusal emek gerektirmesi, çalışanların kurumsal politikalara karşı geliştirdikleri negatif tutumların doğrudan kurum iklimine, hizmet kalitesine ve sporcu/katılımcı performansına yansımasına neden olabilmektedir (MacIntosh ve Doherty, 2010). Türkiye'de spor bilimleri alanında örgütsel davranış konularına kavramına yönelik akademik ilginin son yıllarda giderek arttığı görülmektedir (Erkun, 2024; Karaoğlu, 20204; Günay, 2025; Hacıömeroğlu, 2025). Bu nedenle spor bilimleri alanında örgütsel sinizm kavramı ile ilgili yapılan çalışmaların sistematik olarak incelenmesinin literatüre katkı sağlayabileceği öngörülmektedir. Bu araştırmanın temel amacı, Türkiye'de 2016-2025 yılları arasında spor bilimleri alanında örgütsel sinizm konusu üzerine yürütülmüş olan lisansüstü tez çalışmalarının sistematik bir şekilde incelenmesidir.

YÖNTEM

Araştırma Modeli

Araştırmada, nitel araştırma yöntemlerinden durum çalışması deseni kullanılmıştır. Alan yazında Yin (2013), durum çalışmalarını işlevlerine göre betimleyici, açıklayıcı ve keşfedici olmak üzere üç farklı kategoride sınıflandırmıştır. Bu araştırmada, incelenen konunun teorik sınırlarını belirlemek ve ele alınan problemi çok boyutlu bir perspektifle irdelemek amacıyla keşfedici durum çalışması tasarımı benimsenmiştir. Söz konusu desenin temel odak noktası, araştırma konusu olan kavrama yönelik 'ne' sorusu etrafında kapsamlı bir literatür haritalandırması yapmaktır (Yılmaz, 2014).

Evren ve Örneklem

Araştırmanın evrenini, Türkiye'de örgütsel sinizm konulu yapılan araştırmalar oluşturmaktadır. Araştırmanın örneklem grubunu ise Türkiye' de 2016-2025 yılları arasında Yükseköğretim Kurulu (YÖK) Ulusal Tez Merkezi veri tabanında ''sinizm'' kelimesi yer alan 21 yüksek lisans tezi, 9 doktora tezi olmak üzere toplam 30 lisansüstü tez çalışması oluşturmaktadır.

Veri Toplama Aracı

Araştırma verilerinin elde edilmesi aşamasında, Yükseköğretim Kurulu (YÖK) Ulusal Tez Merkezi veri tabanı temel kaynak olarak kullanılmıştır. Veri toplama sürecinde öncelikle "örgütsel sinizm" anahtar kelimesi üzerinden genel bir tarama gerçekleştirilmiş ve bu kapsamda 561 lisansüstü tez (doktora ve yüksek lisans) tespit edilmiştir. Elde edilen bu geniş literatür havuzu, araştırmanın odak noktasına uygun olarak "spor" anahtar kelimesiyle filtrelenmiş ve çalışma kapsamına giren tez sayısı 30 olarak belirlenmiştir. Örneklem seçiminde; çalışmanın

spor bilimleri disipliniyle doğrudan ilişkili olması kriteri esas alınmış, kriterleri karşılayan 21 yüksek lisans ve 9 doktora tezi nihai analiz listesine dahil edilmiştir.

Verilerin Toplanması

Çalışmada kullanılan verilerin toplamasında, nitel araştırma tekniklerinden biri olan doküman incelemesi yöntemi benimsenmiştir. Yıldırım ve Şimşek (2016) tarafından, "belirli bir amaca yönelik olarak yazılı dokümanların sistematik bir analizle incelenmesi" şeklinde kavramsallaştırılan bu yöntem doğrultusunda, belirlenen 30 tez çalışması birer bilimsel doküman olarak işleme alınmıştır. İnceleme sürecinde her bir çalışma; yazar bilgisi, yayın yılı, kullanılan anahtar kelimeler, tez türü, araştırma modeli, anabilim dalı, örneklem özellikleri, temel bulgular, danışman unvanı ve ilgili üniversite verileri olmak üzere belirli kategorik başlıklar altında toplanmıştır. Bu tarama süreciyle, araştırmanın temel sorularına bilimsel ve objektif yanıtlar bulunması hedeflenmiştir. Araştırmada;

- Spor bilimleri alanında yapılan örgütsel sinizm konulu lisansüstü tezlerin türüne göre dağılımı nedir?
- Spor bilimleri alanında yapılan örgütsel sinizm konulu lisansüstü tezlerin danışman unvanlarına göre dağılımı nedir?
- Spor bilimleri alanında yapılan örgütsel sinizm konulu lisansüstü tezlerin anabilim dallarına göre dağılımı nedir?
- Spor bilimleri alanında yapılan örgütsel sinizm konulu lisansüstü tezlerin üniversitelere göre dağılımı nedir?
- Spor bilimleri alanında yapılan örgütsel sinizm konulu lisansüstü tezlerin yıllara göre dağılımı nedir? sorularına cevap aranmıştır.

Verilerin Analizi

Doküman incelemesi yoluyla elde edilen verilerin çözümlenmesi sürecinde, nitel verilerin sistematik olarak işlenmesine olanak sağlayan içerik analizi tekniği uygulanmıştır. Büyüköztürk ve arkadaşları (2015) tarafından, "belirli kurallar çerçevesinde yapılan kodlamalarla bir metnin özetlenmesi ve daha küçük içerik kategorilerine ayrılmasına dayalı, sistematik ve yinelenebilir bir yöntem" olarak tanımlanan bu teknikle, incelenen her bir tez çalışması belirlenen parametreler doğrultusunda analiz edilmiştir. Veri setinin düzenlenmesi aşamasında 'Microsoft Office Excel' yazılımından yararlanılmış; toplanan veriler dijital ortamda kayıt altına alınarak analiz için hazır hale getirilmiştir. Araştırma kapsamında elde edilen bulguların sayısal dökümünü yapmak ve eğilimleri belirlemek amacıyla yüzde ve frekans gibi betimsel analizler gerçekleştirilmiştir. Bu istatistiksel işlemler için SPSS (IBM SPSS Statistics 22.0) paket programı kullanılmış, veriler tablolaştırılarak görselleştirilmiştir.

BULGULAR

Tablo 1. Lisansüstü Tezlere İlişkin Genel Bilgiler

Yazar -Yıl	Anahtar Kelimeler	Araştırma Türü	Örneklem Grubu	Araştırma Modeli	Sonuç
Çalışkan (2016)	Spor, Sinizm, Örgütsel Sinizm, Örgütsel Bağlılık.	Nicel	Öğretim elemanları (n=396)	İlişkisel Tarama	Örgütsel sinizm ile örgütsel bağlılık arasında orta düzeyde negatif yönlü bir ilişki tespit edilmiştir.
Bozkır (2017)	Spor, Spor İşletmesi, Psikolojik Sözleşme İhlali, Örgütsel Sinizm, Örgütsel Bağlılık	Nicel	Spor çalışanları ve yöneticileri (n=328)	İlişkisel Tarama	Psikolojik sözleşme ihlali ile örgütsel sinizm arasında orta düzeyde pozitif yönlü anlamlı bir ilişki belirlenmiştir.
Avanoğlu (2017)	Beden Eğitimi ve Spor, Mobbing, Öğretmen, Örgütsel Sessizlik, Örgütsel Sinizm, Spor	Nicel	Öğretmenler (n=190)	İlişkisel Tarama	Mobbingin, örgütsel sessizliğin ve örgütsel sinizmin anlamlı bir yordayıcısı olduğu tespit edilmiştir.
Mavibaş (2017)	Örgütsel Sinizm, Örgütsel Adalet, Beden Eğitimi ve Spor, Personel	Nicel	Öğretim elemanları (n=340)	İlişkisel Tarama	Örgütsel adalet algıları ile örgütsel sinizm tutumları arasında negatif yönde, güçlü düzeyde ve anlamlı ilişkinin olduğu belirlenmiştir.
Ulukuş (2017)	Beden Eğitimi, Mobbing, Örgütsel sinizm	Nicel	Öğretmenler (n=566)	İlişkisel ve Kesitsel Tarama	Beden eğitimi öğretmenlerinin mobbing düzeylerinin düşük olduğu, mobbing ile örgütsel sinizmin boyutları arasında pozitif yönde anlamlı bir ilişki görülmüştür.
Caz (2018)	Açık Liderlik, Örgütsel Sinizm, İşgören Performansı, Yükseköğretim Kurumu	Nicel	Öğretim elemanları (n=315)	İlişkisel Tarama	Açık liderliğin boyutları ile Örgütsel sinizmin boyutları arasında negatif yönlü anlamlı ilişkiler belirlenmiştir.
Malkoç (2018)	Bağlılık, Örgüt, Sinizm, Spor, Yönetici	Nicel	Spor çalışanları (n=400)	İlişkisel Tarama	Örgütsel sinizm ile örgütsel bağlılık arasında negatif yönlü bir ilişki olduğu tespit edilmiştir.
Bingöl (2019)	Antrenör, Örgütsel Sinizm, Örgütsel Bağlılık, Spor İşletmesi, Spor Bakanlığı	Nicel	Antrenörler (n=798)	İlişkisel Tarama	Örgütsel bağlılık algıları ve örgütsel sinizm algıları arasında negatif yönlü ilişki tespit edilmiştir.
Eroğlu (2020)	Örgütsel Değişim	Nicel	Spor çalışanları (n=575)	İlişkisel Tarama	Örgütsel Değişim Sinizmi ve Yenilik İklimi puanları arasında, negatif yönlü

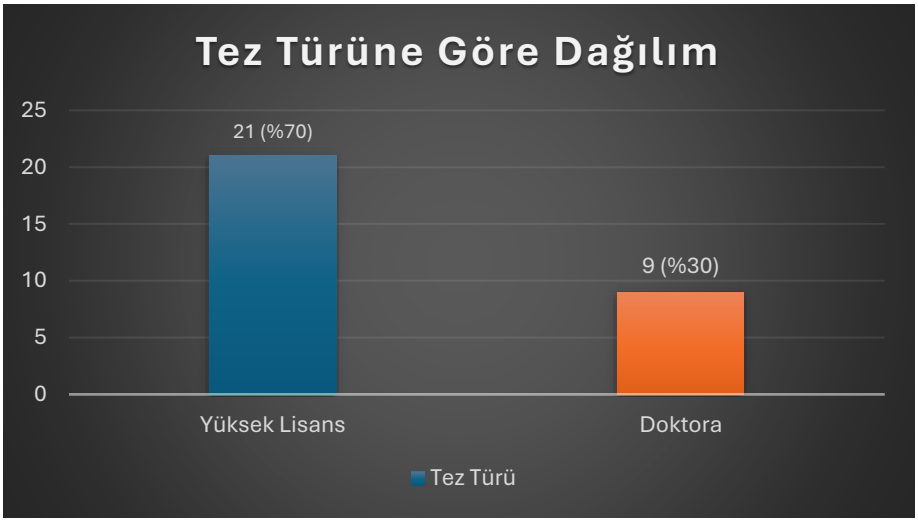
	Sinizmi, Yenilik İklimi				anlamlı bir ilişki tespit edilmiştir.
Çakır (2020)	Örgütsel Sinizm, Örgütsel Güven, Gençlik Spor	Nicel	Spor çalışanları (n=354)	Betimsel Tarama	Örgütsel sinizm ve örgütsel güven algılarının yüksek seviyede olduğu tespit edilmiştir.
Kılıç (2020)	Beden eğitimi öğretmeni; örgütsel bağlılık; örgütsel sinizm	Nicel	Beden Eğitimi Öğretmenleri (n=394)	İlişkisel Tarama	Örgütsel sinizm algıları ile genel örgütsel bağlılık düzeyleri arasında negatif yönlü ilişki olduğu saptanmıştır.
Tiryaki (2020)	Beden eğitimi öğretmeni; örgütsel güven; örgütsel sinizm	Nicel	Beden Eğitimi Öğretmenleri (n=312)	İlişkisel Tarama	Örgütsel sinizm ve örgütsel güven arasında negatif yönlü anlamlı ilişki tespit edilmiştir.
Tufan (2021)	Beden eğitimi öğretmenleri, örgütsel adalet, örgütsel sinizm	Nicel	Beden Eğitimi Öğretmenleri (n=150)	İlişkisel Tarama	Örgütsel adalet algıları ile örgütsel sinizm düzeyleri arasında negatif yönde anlamlı bir ilişki belirlenmiştir.
Ermiş (2021)	İş doyumu, örgütsel sinizm, tükenmişlik, yapısal eşitlik	Nicel	Öğretim elemanları (n=525)	İlişkisel Tarama	İş doyum düzeyleri ile örgütsel sinizm düzeyleri arasında negatif yönlü, tükenmişlik düzeyleri ile örgütsel sinizm düzeyleri arasında pozitif yönlü anlamlı ilişki saptanmıştır.
Özsoy (2021)	Beden Eğitimi ve Spor, Öğretmen, Mobbing, Örgütsel Sinizm	Nicel	Öğretmenler (n=192)	İlişkisel Tarama	Algılanan yıldırma davranışlarının örgütsel sinizmi anlamlı derecede etkilediği belirlenmiş ve aralarında orta düzeyde pozitif bir ilişki tespit edilmiştir.
Ünlü (2021)	Örgütsel Sinizm, Beden Eğitimi, Öğretmen.	Nicel	Öğretmenler (n=260)	Betimsel Tarama	Memnuniyet durumu, branş türüne göre örgütsel sinizm puanları arasında anlamlı farklılık belirlenmiştir.

Tablo 1. (Devamı). Lisansüstü Tezlere İlişkin Genel Bilgiler

Dilekçi (2022)	Beden Eğitimi ve Spor Öğretmeni, Mesleki Tükenmişlik, Örgütsel Adanmışlık, Örgütsel Sinizm, Spor Lisesi	Nicel	Öğretmenler (n=511)	İlişkisel Tarama	Örgütsel sinizm ve mesleki tükenmişlik alt faktörlerinin adanmayı etkilediği görülmüştür
Gül (2022)	Spor Bilimleri Öğretim Elemanları, Örgütsel Sinizm, İş Performansı	Nicel	Öğretim elemanları (n=232)	İlişkisel Tarama	Örgütsel sinizm düzeyinin, iş performansı düzeyleri üzerinde negatif yönde bir etkisi olduğu görülmüştür.
Aslan (2022)	Mobbing, Sinizm, Örgütsel Sinizm, Davranış, Yönetim	Nicel	Spor çalışanları (n=515)	İlişkisel Tarama	Mobbing algıları ve örgütsel sinizm algıları arasında pozitif yönlü ve anlamlı bir ilişki tespit edilmiştir.
Ulukan (2023)	Spor, LMX, Yetkilendirme, Kinizm, Normatif	Nicel	Öğretim elemanları (n=405)	İlişkisel Tarama	Örgütsel sinizm ile örgütsel bağlılık üzerindeki göreceli etkisinin olduğu bulunmuştur.
Koçyiğit (2023)	Beden Eğitimi; Öğretmen; Örgütsel Mutluluk; Örgütsel Sinizm, Spor	Nicel	Beden Eğitimi Öğretmenleri (n=318)	İlişkisel Tarama	Örgütsel sinizm alt boyutları ile örgütsel mutluluk ölçeği arasında anlamlı ilişki olduğu tespit edilmiştir.
Yıldırım (2023)	Örgütsel sinizm, İş doyumu, Özel, Devlet	Nicel	Spor eğitimcisi (n=227)	İlişkisel Tarama	Örgütsel sinizm ve iş doyumu düzeyleri arasında anlamlı bir fark bulunamazken, cinsiyet, gelirinin yeterli olup olmama, meslek, eğitim durumu, gelir miktarı, branş değişkenlerinde düzeyleri arasında istatiksel anlamlı farklılık tespit edilmiştir.
Terlemez (2023)	Spor Örgütleri, Örgütsel Bağlılık, Örgütsel Sinizm, Örgütsel Adalet, Örgütsel Muhalefet	Nicel	Spor çalışanları (n=224)	İlişkisel Tarama	Örgütsel sinizm düzeyleri ile örgütsel bağlılık düzeyleri arasında negatif doğrusal anlamlı ilişki bulunduğu görülmüştür.
Yılmaz (2024)	Rekreasyon, Örgütsel Bağlılık, Örgütsel Sinizm, Örgütsel Değişim,	Nicel	Spor çalışanları (n=448)	İlişkisel Tarama	Örgütsel sinizm ile örgütsel bağlılık arasında güçlü bir negatif ilişki olduğunu göstermektedir;

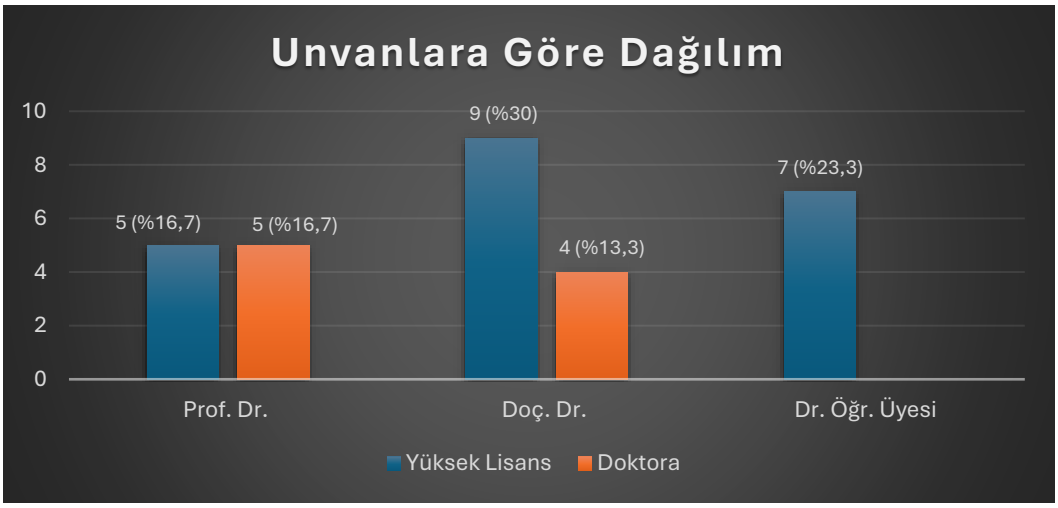
	Yerel Yönetim				
Kaplan (2024)	Antrenör, örgütsel sinizm, örgütsel adalet	Nicel	Antrenörler (n=160)	İlişkisel Tarama	Örgütsel sinizm ve örgütsel adalet algıları arasında negatif yönlü anlamlı ilişki tespit edilmiştir
Erkun (2024)	Örgütsel Bağlılık; Örgütsel Sinizm; Psikolojik Sağlamlık; Spor; Yerel Yönetim	Nicel	Spor çalışanları (n=329)	İlişkisel Tarama	Örgütsel sinizm ile örgütsel bağlılık arasında anlamlı ilişki belirlenmiştir
Karaoğlu (2024)	Sanal kaytarma, örgütsel sinizm, spor bilimleri	Nicel	Öğretim elemanları (n=107)	İlişkisel Tarama	Örgütsel sinizm ile sanal kaytarma arasında orta düzeyde anlamlı bir ilişki olduğu görülmektedir.
Yiğit (2025)	Etik liderlik, örgütsel etik iklim, örgütsel sinizm, iş tatmini, büyükşehir belediyesi, yapısal eşitlik modellemesi	Nicel	Spor çalışanları (n=623)	İlişkisel Tarama	Etik liderlik ve örgütsel etik iklimi düzeyleri arasında pozitif yönde anlamlı bir ilişki, örgütsel sinizm düzeyi arasında ise negatif yönde anlamlı bir ilişki bulunmuştur.
Hacıömeroğlu (2025)	Spor Uzmanı, Örgütsel Bağlılık, Örgütsel Sinizm, Dönüşümcü ve Etkileşimci Liderlik	Nicel	Spor uzmanları (n=412)	İlişkisel Tarama	Örgütsel bağlılık ölçeği ve örgütsel sinizm ölçeği arasında negatif yönlü, yüksek seviyede bir ilişki tespit edilmiştir.
Günay (2025)	İş yükü fazlalığı, örgütsel sinizm, spor yöneticiliği	Nicel	Spor çalışanları (n=623)	İlişkisel Tarama	İş yükü algısının genel örgütsel sinizm ve tüm alt boyutları üzerinde yüksek düzeyde bir etkiye sahip olduğunu, bu etkilerin büyüklüklerinin ise birbirine oldukça yakın olduğunu ortaya koymuştur.

Tablo 1. incelendiğinde, Türkiye'de spor bilimleri alanında örgütsel sinizm konusunda 2016-2025 yılları arasında yürütülen 30 lisansüstü tez çalışmasının temel özellikleri (yazar, yıl, anahtar kelimeler, araştırma türü, örneklem grubu, araştırma modeli ve temel bulgular) görülmektedir. İlgili çalışmaların yöntemsel eğilimlerine bakıldığında; araştırmaların tamamında nicel araştırma yöntemlerinin benimsendiği ve büyük çoğunluğunda "ilişkisel tarama" modelinin kullanıldığı dikkat çekmektedir. Çalışmaların örneklem grupları incelendiğinde; beden eğitimi öğretmenleri, spor bilimleri alanındaki öğretim elemanları, antrenörler, spor uzmanları ve yerel yönetimler ve Gençlik ve Spor İl Müdürlüklerinde görev yapan spor çalışanları gibi geniş bir yelpazenin araştırmalara dahil edildiği görülmektedir. İncelenen tezlerin elde ettiği sonuçlar bütüncül bir yaklaşımla değerlendirildiğinde, örgütsel sinizmin çalışanların tutum ve davranışları üzerinde belirgin bir şekilde yıkıcı ve olumsuz bir etkiye sahip olduğu söylenebilir.



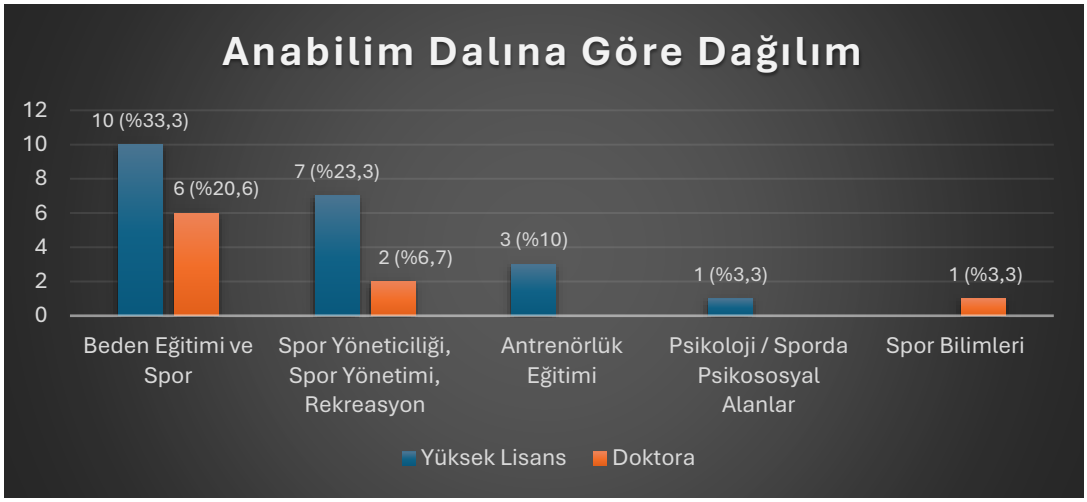
Grafik 1. Tez Türüne Göre Dağılım

Grafik 1.'de Türkiye'de spor bilimleri alanında yapılan örgütsel sinizm konulu tezlerin türüne göre dağılımı görülmektedir. Buna göre spor bilimleri alanında örgütsel sinizm konulu yüksek lisans tezinin 21 (%70) ve doktora tezinin 9 (%30) olduğu görülmektedir.



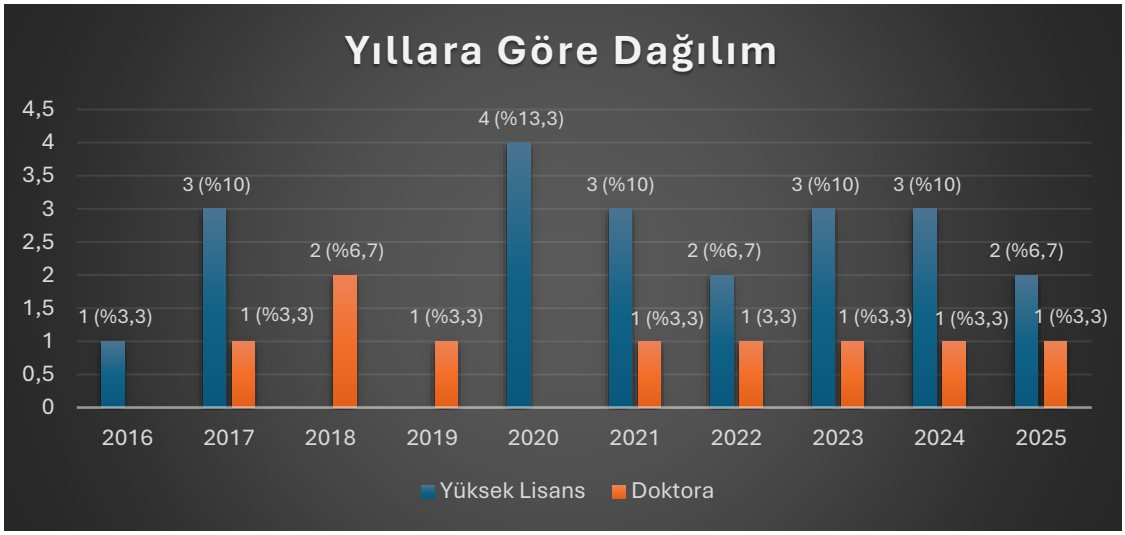
Grafik 2. Tezlerin Danışman Unvanlarına Göre Dağılımı

Grafik 2.'de Türkiye'de spor bilimleri alanında yapılan örgütsel sinizm konulu tezlerin danışman unvanlarına göre dağılımı görülmektedir. Buna göre örgütsel sinizm konulu lisansüstü tezlerde danışman unvanı dağılımının; Prof. Dr. unvanında 5 yüksek lisans tezi (%16,7), 5 doktora tezi (%16,7) olmak üzere toplam 10 adet (%33,3) olduğu görülmektedir. Doç. Dr. unvanında 9 yüksek lisans tezi (%30), 4 doktora tezi (%14,3) olmak üzere 13 (%43,3) lisansüstü tez olduğu belirlenmiştir. Dr. Öğr. Üyesi unvanında ise 7 yüksek lisans tez çalışmasının (%23,3) olduğu görülmektedir.



Grafik 3. Tezlerin Anabilim Dallarına Göre Dağılımı

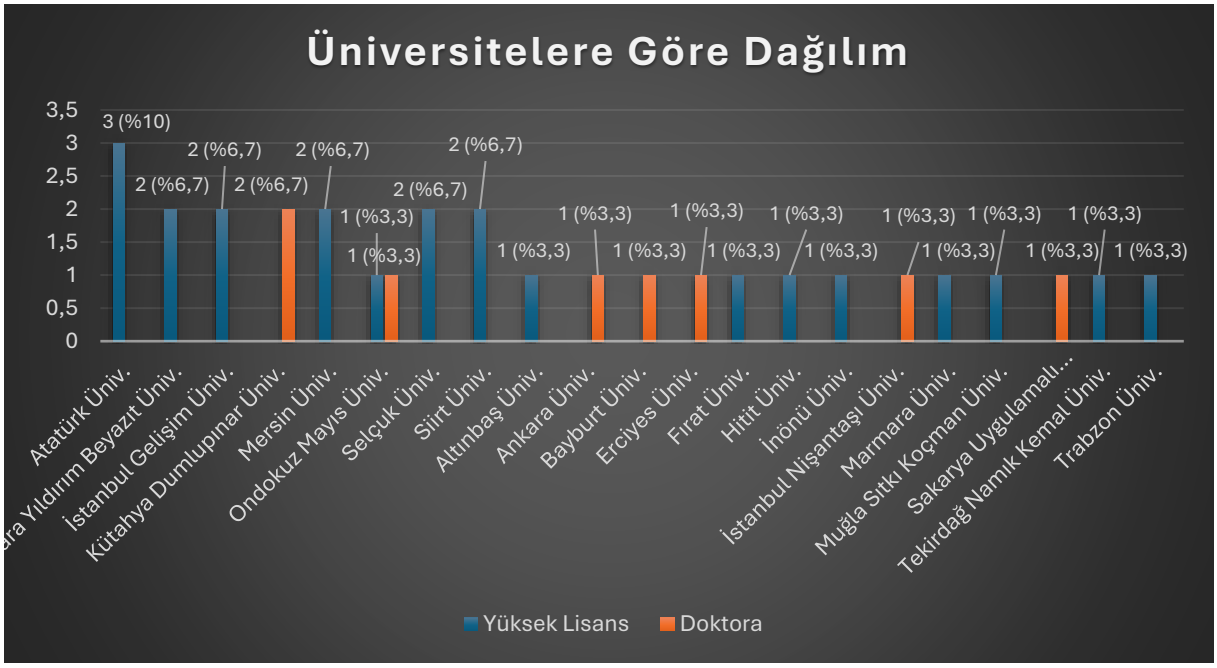
Grafik 3.'te Türkiye'de spor bilimleri alanında yapılan örgütsel sinizm konulu tezlerin anabilim dalına göre dağılımı görülmektedir. Buna göre, Beden Eğitimi ve Spor Anabilim Dalı kapsamında 10 yüksek lisans tezi (%33,3) ve 6 doktora tezi (%20,0) olmak üzere toplam 16 tez ile en yüksek sayıya ulaşıldığı görülmektedir. Spor Yöneticiliği, Spor Yönetimi, Rekreasyon Anabilim Dalı kapsamında 7 yüksek lisans tezi (%23,3) ve 2 doktora tezi (%6,7) olmak üzere toplam 9 tez tespit edilmiştir. Antrenörlük Eğitimi Anabilim Dalı kapsamında 3 yüksek lisans tezi (%10) yer alırken; Psikoloji / Sporda Psikososyal Alanlar Anabilim Dalı kapsamında 1 yüksek lisans tezi (%3,3) ve Spor Bilimleri Anabilim Dalında ise 1 doktora tezi (%3,3) olduğu belirlenmiştir.



Grafik 4. Tezlerin Yıllara Göre Dağılımı

Grafik 4.'te Türkiye'de spor bilimleri alanında yapılan örgütsel sinizm konulu tezlerin yıllara göre dağılımı görülmektedir. Buna göre 2017, 2020, 2021, 2023 ve 2024 yıllarında 4'er tez (%13,3) ile çalışmaların en yüksek sayıya ulaştığı belirlenmiştir. 2017, 2021, 2023 ve 2024 yıllarının her birinde 3 yüksek lisans tezi (%10), 1 doktora tezi (%3,3) olmak üzere toplam 4 lisansüstü tez çalışması görülmektedir. 2020 yılındaki 4 tezin tamamı yüksek lisans seviyesindedir. 2022 ve 2025 yıllarının her birinde 2 yüksek lisans tezi (%6,7) ve 1 doktora tezi (%3,3) olmak üzere toplam 3 lisansüstü tez çalışmasının yapıldığı görülmektedir. 2018 yılında yürütülen toplam 2 tezin (%6,7) tamamı doktora düzeyindedir. Çalışmaların en az sayıya

düştüğü 2016 ve 2019 yıllarında ise toplam 1'er tezle (%3,3) tamamlandığı; 2016 yılındaki tezin yüksek lisans, 2019 yılındaki tezin ise doktora düzeyinde olduğu saptanmıştır.



Grafik 5. Tezlerin Üniversitelere Göre Dağılımı

Grafik 5.'te Türkiye'de spor bilimleri alanında yapılan örgütsel sinizm konulu tezlerin üniversitelere göre dağılımı görülmektedir. Buna göre en yüksek sayıda çalışmanın 3 yüksek lisans tezi (%10) ile Atatürk Üniversitesi bünyesinde yayınlandığı belirlenmiştir. Bu üniversiteyi toplamda 2'şer tez (%6,7) yürütülen Ankara Yıldırım Beyazıt, İstanbul Gelişim, Kütahya Dumlupınar, Mersin, Ondokuz Mayıs, Selçuk ve Siirt Üniversiteleri izlemektedir. İlgili üniversiteler tez türüne göre incelendiğinde; Kütahya Dumlupınar Üniversitesi'ndeki çalışmaların tamamının doktora (n=2, %), Ondokuz Mayıs Üniversitesi'ndekilerin yüksek lisans (n=1, %) ve doktora (n=1,), diğer beş üniversitedeki tezlerin ise tamamının yüksek lisans olduğu görülmektedir. Grafikte yer alan diğer 21 üniversitenin her birinde ise 1'er tezin (%3,3) tamamlandığı tespit edilmiştir. Bu çalışmalar tez türü bakımından değerlendirildiğinde; Ankara, Bayburt, Erciyes, Fırat, İstanbul Nişantaşı ve Sakarya Uygulamalı Bilimler Üniversitelerinde yürütülen çalışmaların doktora seviyesinde; Altınbaş, Hitit, İnönü, Marmara, Muğla Sıtkı Koçman, Tekirdağ Namık Kemal ve Trabzon Üniversitelerinde yürütülen çalışmaların ise yüksek lisans seviyesinde olduğu görülmektedir.

TARTIŞMA VE SONUÇ

Araştırmada Türkiye'de 2016-2025 yılları arasında spor bilimleri alanında örgütsel sinizm konusu üzerine yürütülmüş olan lisansüstü tez çalışmalarının sistematik bir şekilde incelenmesi amaçlanmıştır. Bu doğrultuda tezler araştırmanın yazarı, yılı, anahtar kelimeleri, türü, modeli, anabilim dalı, örneklem grubu, sonucu, danışman unvanı ve üniversite bilgisi başlıkları ile incelenmiştir. Bu bölümde ise araştırma sonuçları değerlendirilmiştir.

Çalışmada spor bilimleri alanında örgütsel sinizm konusunu ele alan lisansüstü tezlerin dağılımı incelendiğinde, çalışmaların büyük bir çoğunluğunun (%70) yüksek lisans düzeyinde yoğunlaştığı, doktora seviyesindeki araştırmaların ise (%30) daha sınırlı kaldığı görülmektedir. Bu bulgu, örgütsel sinizm olgusunun spor bilimleri literatüründe akademik ilginin odağında yer

aldığını ortaya koymaktadır. Yüksek lisans düzeyindeki bu sayısal üstünlük, konunun genellikle betimsel ve durum tespitine yönelik bir yaklaşımla ele alındığına işaret etmektedir.

Araştırmada spor bilimleri alanında örgütsel sinizm konusunu çalışan lisansüstü tezlerin danışman unvanı dağılımı incelendiğinde, en yüksek payın Doç. Dr. (%43,3) unvanındaki öğretim elemanlarına ait olduğu, bunu sırasıyla Prof. Dr. (%33,3) ve Dr. Öğr. Üyesi (%23,3) unvanlarının takip ettiği görülmektedir. Danışman unvanlarındaki bu dağılım, örgütsel sinizm konusunun akademisyenler arasında ortak bir araştırma odağı oluşturduğunu göstermektedir. Sonuç olarak, farklı unvan gruplarının sürece dahil olması, örgütsel sinizm olgusunun spor bilimleri disiplini içerisinde farklı akademik rehberlik alanlarının olduğunu ortaya koymaktadır.

Türkiye'de spor bilimleri bünyesinde örgütsel sinizm konusunun en yoğun şekilde Beden Eğitimi ve Spor Anabilim Dalında (%53,3) işlenmesi, bu anabilim dalının multidisipliner yapısı ve geniş akademik kapsayıcılığı ile açıklanabilir. Özellikle hem yüksek lisans hem de doktora düzeyinde en yüksek sayıya bu bölümde ulaşılması, konunun sadece yönetimsel bir problem değil, aynı zamanda eğitimsel ve genel sportif süreçleri etkileyen temel bir olgu olarak kabul edildiğini göstermektedir. Spor Yöneticiliği ve Rekreasyon bölümlerindeki çalışmaların bunu takip etmesi, sinizm kavramının örgütsel verimlilik, liderlik ve iş tatmini gibi yönetim temelli değişkenlerle olan ilişkisi ile açıklabilir. Antrenörlük eğitimi ve sporda psikososyal alanlardaki sınırlı çalışma sayısı ise, örgütsel sinizmin bu alanlarda henüz yeterince keşfedilmemiş bir araştırma alanı olduğuna ve gelecekte antrenör-örgüt etkileşimi ekseninde yeni akademik fırsatlar sunduğuna işaret etmektedir.

Örgütsel sinizm konulu tezlerin yıllara göre dağılımı incelendiğinde, 2017 yılından itibaren ivme kazanan çalışmaların özellikle 2020-2024 periyodunda en yüksek seviyeye (yıllık ortalama %13,3) ulaşması, konunun spor bilimleri literatüründe güncelliğini koruyan bir araştırma konusu haline geldiğini kanıtlamaktadır. 2020 yılında yürütülen çalışmaların tamamının yüksek lisans düzeyinde olması, pandemi döneminin getirdiği sınırlar nedeniyle daha hızlı tamamlanabilen anket temelli nicel araştırmalara yönelimin bir sonucu olarak yorumlanabilir. 2018 ve 2019 gibi yıllarda sayıca az ancak doktora düzeyinde çalışmaların yoğunlaşması ise, literatürün bu dönemde kuramsal derinliğe odaklandığını göstermektedir. 2023 ve 2024 yıllarındaki süreklilik, spor örgütlerindeki modern yönetim sorunlarının ve çalışan yabancılaşmasının akademik platformda giderek daha fazla karşılık bulduğunun somut bir göstergesidir.

Tezlerin üniversitelere göre dağılımındaki çeşitlilik, örgütsel sinizm konusunun Türkiye genelinde geniş bir akademik coğrafyaya yayıldığını ve yerel bir odak olmaktan çıkıp ulusal bir araştırma konusu haline geldiğini ortaya koymaktadır. Atatürk Üniversitesi'nin sayısal liderliği, ilgili kurumdaki lisansüstü programların yoğunluğu ve spor yönetimi alanındaki akademik kadronun bu konuya yönelik ilgisi ile ilişkilendirilebilir. Kütahya Dumlupınar Üniversitesi gibi kurumların sadece doktora düzeyinde yoğunlaşması, belirli üniversitelerin konuyu daha ileri düzey akademik seviyelerde uzmanlık alanı haline getirdiğini göstermektedir. Toplamda 21 farklı üniversitede birer tezin tamamlanmış olması ise, örgütsel sinizmin spor bilimleri alanında bir sorun olarak kabul edildiğini ve farklı kurumsal kültürler altında bağımsız araştırmacılar tarafından merak edilen ortak bir tema olduğunu doğrulamaktadır.

Araştırmada sonuç olarak, Türkiye'de spor bilimleri alanında 2016-2025 yılları arasını kapsayan örgütsel sinizm olgusunun spor örgütlerinde güncelliğini koruyan ve önemli bir yönetim sorunu olduğunu ortaya koymaktadır. Araştırmada çalışmaların büyük çoğunluğunun yüksek lisans düzeyinde, nicel yöntemlerle ve ağırlıklı olarak Beden Eğitimi ve Spor Anabilim Dalı bünyesinde yürütüldüğü saptanmıştır. Sinizm tutumlarının algılanan adaletsizlik, mobbing ve liderlik kusurlarının sinik tutumları tetiklediği, bu durumun ise örgütsel bağlılık, iş tatmini ve performans üzerinde yıkıcı etkiler doğurduğu görülmektedir. Literatürün özellikle 2020

sonrası dönemde yoğunlaşması, modern spor işletmelerinde çalışan yabancılaşmasının bir akademik odak noktasına dönüştüğünü kanıtlamaktadır. Gelecek araştırmalarda, spor organizasyonlarındaki sinizm kavramını inceleyen nitel ve karma desenli çalışmalara ağırlık verilmesinin spor kurumlarının verimliliği ve çalışan refahı açısından önemli katkılarının olabileceği düşünülmektedir.

KAYNAKLAR

Abraham, R. (2000). Organizational cynicism: Bases and consequences. Genetic, Social, and General Psychology Monographs, 126(3), 269–292.

Andersson, L. M., & Bateman, T. S. (1997). Cynicism in the workplace: Some causes and effects. Journal of Organizational Behavior, 18(5), 449–469.

Aslan, B. (2022). Gençlik ve spor il müdürlüğü çalışanlarının sinizm ve mobbing algılarının incelenmesi [Yüksek lisans tezi, Fırat Üniversitesi]. YÖK Ulusal Tez Merkezi.

Avanoğlu, A. E. (2017). Niğde ilindeki beden eğitim öğretmenlerinin mobbing, örgütsel sessizlik ve örgütsel sinizm arasındaki ilişkilerin araştırılması [Yüksek lisans tezi, Ankara Yıldırım Beyazıt Üniversitesi]. YÖK Ulusal Tez Merkezi.

Bingöl, Ş. (2019). Gençlik hizmetleri ve spor il müdürlüğü antrenörlerinin örgütsel sinizm ve bağlılığının incelenmesi [Doktora tezi, İnönü Üniversitesi]. YÖK Ulusal Tez Merkezi.

Bozkır, A. (2017). Spor işletmelerinde psikolojik sözleşme ihlallerinin çalışanların örgütsel sinizm ve örgütsel bağlılık algılarına etkisi: Kayseri Büyükşehir Belediyesi spor işletmelerinde bir araştırma [Doktora tezi, Erciyes Üniversitesi]. YÖK Ulusal Tez Merkezi.

Büyüköztürk, Ş., Kılıç Çakmak, E., Akgün, Ö. E., Karadeniz, Ş., & Demirel, F. (2015). Bilimsel Araştırma Yöntemleri. Pegem Akademi.

Caz, Ç. (2018). Açık liderlik ile örgütsel sinizm ilişkisi ve işgören performansına etkisi: Spor eğitimi veren yükseköğretim kurumları üzerine bir uygulama [Doktora tezi, Marmara Üniversitesi]. YÖK Ulusal Tez Merkezi.

Chelladurai, P. (2014). Managing organizations for sport and physical activity: A systems perspective (4th ed.). Routledge.

Cole, M. S., Bruch, H., & Vogel, B. (2006). Emotion as mediators of the relations between perceived supervisor support and psychological hardiness on employee cynicism. Journal of Organizational Behavior, 27(4), 463–484.

Çakır, B. Ö. (2020). Gençlik spor il müdürlüğünde görev yapan personellerin örgütsel sinizm ve örgütsel güven algılarının incelenmesi [Yüksek lisans tezi, Atatürk Üniversitesi]. YÖK Ulusal Tez Merkezi.

Çalışkan, K. (2016). Spor eğitimi veren yükseköğretim kurumlarındaki öğretim elemanlarının örgütsel sinizm algıları ile örgütsel bağlılıklarının araştırılması [Yüksek lisans tezi, Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi]. YÖK Ulusal Tez Merkezi.

Dean, J. W., Brandes, P., & Dharwadkar, R. (1998). Organizational cynicism. Academy of Management Review, 23(2), 341–352.

Dilekçi, U. (2022). Spor liselerinde görev yapan beden eğitimi ve spor öğretmenlerinin örgütsel sinizmle mesleki tükenmişliklerinin örgütsel adanmışlıklarına etkisinin incelenmesi [Doktora tezi, Kütahya Dumlupınar Üniversitesi]. YÖK Ulusal Tez Merkezi.

Erkun, N. (2024). Yerel yönetim ve gençlik spor il müdürlüklerinde çalışan yönetici ve antrenörlerin örgütsel sinizm, psikolojik sağlamlık ve örgütsel bağlılıkları arasındaki ilişkinin incelenmesi [Yüksek lisans tezi, Siirt Üniversitesi]. YÖK Ulusal Tez Merkezi.

Ermiş, A. (2021). Spor eğitimi veren yükseköğretim kurumlarındaki öğretim elemanlarının örgütsel sinizm, iş doyumu ve tükenmişlik düzeyleri arasındaki ilişkinin değerlendirilmesi [Doktora tezi, Ondokuz Mayıs Üniversitesi]. YÖK Ulusal Tez Merkezi.

Eroğlu, O. (2020). Yenilik iklimi ve örgütsel değişim sinizmi arasındaki ilişki: Mersin Gençlik ve Spor İl Müdürlüğü çalışanları üzerine bir araştırma [Yüksek lisans tezi, Mersin Üniversitesi]. YÖK Ulusal Tez Merkezi.

Gül, S. G. (2022). Akademisyenlerin örgütsel sinizm ve iş performanslarının incelenmesi: Spor bilimleri örneği [Yüksek lisans tezi, İstanbul Gelişim Üniversitesi]. YÖK Ulusal Tez Merkezi.

Günay, R. T. (2025). Spor işletmelerinde iş yükü fazlalığı algısının örgütsel sinizm düzeyine etkisi [Yüksek lisans tezi, İstanbul Nişantaşı Üniversitesi]. YÖK Ulusal Tez Merkezi.

Hacıömeroğlu, Ö. K. (2025). Spor uzmanlarının algıladıkları liderlik stilleri ile örgütsel bağlılıkları ve sinizm arasındaki ilişkinin incelenmesi [Yüksek lisans tezi, Trabzon Üniversitesi]. YÖK Ulusal Tez Merkezi.

Kanter, D. L., & Mirvis, P. H. (1989). The cynical Americans: Living and working in an age of discontent and disillusion. Jossey-Bass.

Kaplan, B. (2024). Yerel yönetimlerde işgören antrenörlerin örgütsel sinizm ve örgütsel adalet algıları arasındaki ilişkinin incelenmesi [Yüksek lisans tezi, İstanbul Gelişim Üniversitesi]. YÖK Ulusal Tez Merkezi.

Karaoğlu, Ü. B. (2024). Akademisyenlerin örgütsel sinizm ve sanal kaytarma düzeylerinin incelenmesi: Spor bilimler örneği [Yüksek lisans tezi, Atatürk Üniversitesi]. YÖK Ulusal Tez Merkezi.

Kılıç, M. (2020). Beden eğitimi öğretmenlerinin örgütsel sinizm algıları ile örgütsel bağlılık düzeyleri arasındaki ilişkinin incelenmesi [Yüksek lisans tezi, Selçuk Üniversitesi]. YÖK Ulusal Tez Merkezi.

Koçyiğit, M. (2023). Beden eğitimi ve spor öğretmenlerinin örgütsel sinizme ilişkin algılarının örgütsel mutlulukları üzerine etkisinin incelenmesi [Yüksek lisans tezi, Siirt Üniversitesi]. YÖK Ulusal Tez Merkezi.

MacIntosh, E. W., & Doherty, A. (2010). The influence of organizational culture on job satisfaction and intention to leave. Sport Management Review, 13(2), 106–117.

Malkoç, N. (2018). Özel spor işletmeleri işgörenlerinin örgütsel sinizm ve örgütsel bağlılık düzeylerinin incelenmesi [Doktora tezi, Ankara Üniversitesi]. YÖK Ulusal Tez Merkezi.

Mavibaş, M. (2017). Spor bilimleri fakültelerinde görev yapan akademik personelin örgütsel adalet algıları ile örgütsel sinizm tutumlarının incelenmesi [Yüksek lisans tezi, Atatürk Üniversitesi]. YÖK Ulusal Tez Merkezi.

Özsoy, H. (2021). Beden eğitimi ve spor öğretmenlerinin algıladıkları yıldırma davranışları ve örgütsel sinizm tutumları arasındaki ilişki [Yüksek lisans tezi, Ankara Yıldırım Beyazıt Üniversitesi]. YÖK Ulusal Tez Merkezi.

Pugh, S. D., Skarlicki, D. P., & Passell, B. S. (2003). After the fall: Layoff victims' trust and cynicism in re-employment. Journal of Occupational and Organizational Psychology, 76(2), 201–212.

Terlemez, M. (2023). Örgütsel sinizm, örgütsel adalet ve örgütsel muhalefetin örgütsel bağlılığa etkisi: Spor örgütleri araştırması [Yüksek lisans tezi, Altınbaş Üniversitesi]. YÖK Ulusal Tez Merkezi.

Tiryaki, P. (2020). Beden eğitimi öğretmenlerinin örgütsel sinizm ve örgütsel güven düzeyleri arasındaki ilişki [Yüksek lisans tezi, Selçuk Üniversitesi]. YÖK Ulusal Tez Merkezi.

Tufan, A. (2021). Beden eğitimi öğretmenlerinin örgütsel adalet algıları ile örgütsel sinizm tutumları arasındaki ilişkinin incelenmesi [Yüksek lisans tezi, Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi]. YÖK Ulusal Tez Merkezi.

Ulukan, M. (2023). Spor bilimlerinde çalışan akademisyenlerin ilişki kalitesi ve kurumlarının psikolojik güçlendirmelerinin örgütsel bağlılıklarına etkisinde örgütsel sinizmin aracı rolü [Doktora tezi, Kütahya Dumlupınar Üniversitesi]. YÖK Ulusal Tez Merkezi.

Ulukuş, D. (2017). Beden eğitimi ve spor öğretmenlerinin mobbing ve örgütsel sinizm algıları [Yüksek lisans tezi, Mersin Üniversitesi]. YÖK Ulusal Tez Merkezi.

Ünlü, E. A. (2021). Beden eğitimi öğretmenlerinin örgütsel sinizm düzeylerinin incelenmesi [Yüksek lisans tezi, Hitit Üniversitesi]. YÖK Ulusal Tez Merkezi.

Wanous, J. P., Reichers, A. E., & Austin, J. T. (2000). Cynicism about organizational change: Measurement, antecedents, and correlates. Group & Organization Management, 25(2), 132–153.

Yıldırım, A. (2023). Özel ve devlet kurumlarında çalışan spor eğitimcilerinin örgütsel sinizm ve iş doyumu arasındaki ilişkinin değerlendirilmesi [Yüksek lisans tezi, Ondokuz Mayıs Üniversitesi]. YÖK Ulusal Tez Merkezi.

Yıldırım, A., & Şimşek, H. (2016). Sosyal bilimlerde nitel araştırma yöntemleri (10. baskı). Seçkin Yayıncılık.

Yılmaz, G. K. (2014). Kuramdan uygulamaya eğitimde bilimsel araştırma yöntemleri. İçinde M. Metin (Ed.), Durum çalışması (ss. 261-285). Pegem Akademi.

Yılmaz, T. (2024). Rekreasyonel açıdan örgütsel bağlılık, örgütsel sinizm ve örgütsel değişim: Yerel yönetim örneği [Doktora tezi, Sakarya Uygulamalı Bilimler Üniversitesi]. YÖK Ulusal Tez Merkezi.

Yiğit, Y. (2025). Gençlik ve spor hizmetleri dairesi çalışanlarının etik liderlik algısı örgütsel sinizm etik iklim algısı ve iş tatmini düzeyleri arasındaki ilişkinin incelenmesi [Doktora tezi, Bayburt Üniversitesi]. YÖK Ulusal Tez Merkezi.

Yin, R. K. (2013). Validity and generalization in future case study evaluations. Evaluation, 19(3), 321-332.

THE ECOLOGY OF FOOD: A HOLISTIC PERSPECTIVE ON SUSTAINABILITY IN GASTRONOMY

YEMEĞİN EKOLOJİSİ: GASTRONOMİDE SÜRDÜRÜLEBİLİRLİĞE BÜTÜNCÜL BİR BAKIŞ

Dilara YILMAZ

Yüksek Lisans Öğrencisi, Ordu Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü,

ORCID ID: 0009-0007-3491-677X

Doç. Dr. Mehmet KABACIK

Doç. Dr. Öğretim Üyesi, Ordu Üniversitesi, Turizm Fakültesi

ORCİD ID: 0000-0002-3772-2950

ÖZET

Çalışma kapsamında ekolojik sürdürülebilir gastronomi alanı, sistematik literatür taraması yöntemi kullanılarak incelenmiştir. Araştırma sürecinde "sustainable gastronomy", "sustainable cuisine" ve "green food" anahtar kelimeleri kullanılarak gerçekleştirilen tarama sonucunda toplam 43 çalışmaya ulaşılmıştır. Bunun yanı sıra, ulusal literatürün de kapsanması amacıyla DergiPark platformu üzerinden yayımlanan hakemli makaleler de taramaya dâhil edilmiştir. Belirlenen dâhil etme ve hariç tutma kriterlerinin uygulanmasıyla bu çalışmalar arasından toplam 20 çalışma analiz için uygun bulunarak araştırmaya dâhil edilmiştir. Elde edilen çalışmalar, içeriklerine göre tematik olarak gruplandırılarak incelenmiştir. Çalışma da karbon ayak izi, su ayak izi, yerellik, tedarik zincirleri, iklim değişikliği ve tüketici odaklı yaklaşımlar gibi temel ekolojik sürdürülebilirlik göstergeleri ele alınmıştır. Restoran ve yiyecek-içecek sektöründe üretimden tüketime uzanan süreçlerde ortaya çıkan çevresel etkiler değerlendirilmiş; enerji kullanımı, atık yönetimi, kaynak tüketimi ve lojistik yapıların sürdürülebilirlik üzerindeki etkileri kapsamlı biçimde analiz edilmiştir. Ayrıca yerel üretim ve kısa tedarik zincirlerinin ekolojik sürdürülebilirliğe katkısı, karbon salınımını azaltma potansiyeli ve çevresel etkilerin minimize edilmesindeki rolü incelenmiştir. İklim değişikliği bağlamında gıda üretim ve tüketim sistemlerinin çevresel etkileri değerlendirilmiş; tüketici davranışlarının sürdürülebilir gastronomi üzerindeki etkisi ele alınmıştır.

Bu kapsamda çalışma, ekolojik sürdürülebilir gastronomiye ilişkin literatürü bütüncül bir bakış açısıyla değerlendirerek mevcut eğilimleri ortaya koymayı ve araştırma boşluklarını belirlemeyi amaçlamaktadır.

Anahtar Kelimeler: Sürdürülebilir gastronomi, ekolojik sürdürülebilirlik, karbon ayak izi, tedarik zinciri, yerel gıda, iklim değişikliği, yeşil mutfak

ABSTRACT

This study examines ecological sustainable gastronomy through a systematic literature review. During the research process, a total of 43 studies were identified using the keywords

"sustainable gastronomy," "sustainable cuisine," and "green food." In addition, peer-reviewed articles published on the DergiPark platform were included in order to incorporate national literature. After applying the inclusion and exclusion criteria, a total of 20 studies were deemed suitable and included in the analysis. The selected studies were analyzed through thematic categorization based on their content. The study focuses on key ecological sustainability indicators, including carbon footprint, water footprint, locality, supply chains, climate change, and consumer-oriented approaches. Environmental impacts arising from production to consumption processes in the food and beverage sector were evaluated, with particular attention to energy use, waste management, resource consumption, and logistical structures.Furthermore, the contribution of local production and short supply chains to ecological sustainability, their potential to reduce carbon emissions, and their role in minimizing environmental impacts were examined. In the context of climate change, the environmental effects of food production and consumption systems were assessed, along with the influence of consumer behavior on sustainable gastronomy practices.

In this context, the study aims to present a holistic perspective on ecological sustainable gastronomy by synthesizing existing literature, identifying current trends, and revealing research gaps in the field.

Keywords: Sustainable gastronomy, ecological sustainability, carbon footprint, supply chain, local food, climate change, green food

1. GİRİŞ

Sürdürülebilirlik, turizm etkileşim biçimini eksiksiz bir şekilde oluşturan tüm faktörleri kapsar (Zolfani vd., 2015). Dünya Çevre ve Kalkınma Komisyonu, turizm kaynaklarının fazla tüketimimin gerçekleşmesi açısından risk altında sektör olduğunu belirtiği bir rapor yayımlamıştır; bu raporu takiben sürdürülebilirlik kavramı, ilgili sektörlerde dahil dikkat edilen bir konu haline gelmiştir (UNWCED 1987). Bu sektörlerden biri de yiyecek içecek sektörüdür (Eren vd., 2023). Kentleşmenin çoğalmasının bir sonucu olarak hızla artan küresel ölçekteki nüfusun 2050 yılında 9,1 milyara çıkacağı ve %70'inden fazlasının şehirlerde yaşamayı sürdüreceği öngörülmektedir (Dönmez vd., 2015; Öztürk vd., 2019). Bu oranlara çözüm odaklı bakıldığında tarım politikalarının ve sürdürülebilir gıdanın değeri her geçen gün artmaktadır (Eroininden vd., 2006).

Sürdürülebilirlik kavramının temel ve vazgeçilmez unsurları arasında, insan ve doğa arasında sürdürülebilir bir denge ve uyum kurmak, doğal kaynaklara zarar vermeden bilinçli üretim ve tüketim uygulamalarını benimsemek ve gelecek nesillerin ihtiyaçlarını karşılamak için uzun vadeli planlar yapmak yer almaktadır (Doğan, 2023). Sürdürülebilirlik olgusunun gastronomi sektöründeki artan değerinin bilincinde olan Michelin Rehberi, çevreye duyarlı uygulamaları benimseyen yiyecek ve içecek işletmelerini desteklemek ve bu konuda farkındalığı artırmak amacıyla Michelin, 2020 yılında Yeşil Yıldız programını başlatmıştır. Bu kapsamda Michelin Yeşil Yıldız, ekolojik sürdürülebilir gastronomi ilkeleri doğrultusunda faaliyet gösteren restoranları teşvik etmeyi, bu işletmeleri ödüllendirmeyi ve tüketicilerin sürdürülebilirlik konusundaki farkındalığını artırmayı hedeflemektedir. Bu bağlamda Michelin Yeşil Yıldız, çalışmada ele alınan çevresel sürdürülebilirlik göstergeleri açısından önemli bir referans noktası oluşturmaktadır. (Michelin Guide, 2021).Aynı zamanda gıda sektöründe İngiltere merkezli sürdürülebilirlik uygulamalarının standartlaşmasında önemli rol oynayan %50 ve üzeri başarı durumuna göre yıldız sistemiyle restoran kalitesinde ve vizyonuyla etkili olan Food Made Good (Sustainable Restaurant Association), tedarik zinciri ve sosyal sorumluluk odaklı bütüncül bir değerlendirme modeli sunarken; ABD merkezli Dine Green (Green Restaurant Association),

enerji verimliliği ve atık yönetimi gibi operasyonel süreçlerin ekolojik verimliliklerini bilimsel bir puanlama sistemiyle denetlemektedir. İki uygulamanın yapısı da restoran işletmelerine, çevresel etkilerini minimize etme ve kurumsal sürdürülebilirlik taahhütlerini şeffaflıkla raporlama, işletmelerde ekolojik değerin kaliteyi hangi ölçüde belirlediği konusunda sistematik bir yol haritası sağlamaktadır.

Gıda sisteminin sürdürülebilir gelişimi üç ana boyutta ele alınmaktadır: ekonomik, ekolojik ve sosyal. Ekolojik sürdürülebilirlik, bir ekosistemin veya çevrenin doğal kaynaklarını gelecek nesillere güvenli ve yenilenebilir bir şekilde aktarmayı amaçlamaktadır. Gıda sürdürülebilirliği; ekonomik, ekolojik ve toplumsal olmak üzere üç temel boyutta ele alınmaktadır. Ekolojik sürdürülebilirlik, bir ekosistemin ya da çevrenin doğal kaynaklarının gelecek nesillere korunarak ve yenilenebilir bir biçimde aktarılmasını amaçlamaktadır (Kurt, Doğan & Balan, 2017).

Yerel gastronomi sistemleri; çevresel sürdürülebilirliği, sosyal adaleti ve adil ticareti destekler ve yerel spesiyaliteler ile geleneksel tarımsal gıda sistemleri için pazarlar oluşturarak bölgesel kalkınmayı teşvik etmektedir (Yurtseven ve Karakaş, 2013). 421 gastronomi turistiyle yapılan anket çalışmasında, destinasyondaki yerel yemek deneyimlerinin turist motivasyonlarında doğrudan etkili olduğu ve kültürel mirasının korunmasına katkı sağladığı tespit edilmiştir (Barzallo-Neira vd., 2025). Bu doğrultuda sürdürülebilir gastronomi, destinasyonların kalitesinde ve kimliğinde gittikçe daha ayırt edici bir rol oynamakta; gastronomi mirasının korunması için kilit bir stratejik role sahiptir (Yurtseven ve Kaya, 2010). Eko-gastronomi, beslenme pratikleri ile çevresel sürdürülebilirlik arasındaki çok boyutlu ilişkiyi ifade eden bir kavramdır. Bu yaklaşım yalnızca tüketilen gıdanın içeriğine değil; aynı zamanda gıdanın üretim biçimine, kökenine, toplumsal etkilerine ve doğal çevre üzerindeki sonuçlarına da odaklanmaktadır (Petrini, 2015)

Bu çalışma, sürdürülebilir gastronomiyi ekolojik açıdan incelemeyi amaçlamaktadır. Araştırma; restoran tedarik zincirleri, yerel ve sürdürülebilir üretim süreçleri, atık yönetimi yaklaşımları, enerji kullanımı, karbon ayak izi ve çevresel etki göstergelerini dikkate alarak, yiyecek ve içecek sektöründeki sürdürülebilir gastronomi uygulamalarını bütünsel bir bakış açısıyla ele almaktadır. Çalışmanın temel amacı, literatürde farklı disiplinlere ve bağlamlara dağılmış olan ekolojik sürdürülebilirliğe odaklanan bulguları sistematik bir analiz yaklaşımıyla bir araya getirerek, alandaki mevcut eğilimleri, öne çıkan temaları ve araştırma boşluklarını görünür kılmaktır. Gastronomi alanında yapılan çalışmaların çalışmaların büyük ölçüde kültürel mirasın korunması, yerel mutfakların tanıtımı ve destinasyon pazarlaması gibi sosyo-kültürel ve ekonomik boyutlara odaklandığı gözlemlenmiştir. Ancak, gastronomi alanında tedarik zincirinden nihai tüketime kadar uzanan süreçlerde çevresel sürdürülebilirliği içeren çalışmalar sınırlıdır. Bu çalışma, bu boşluğu doldurmayı ve sürdürülebilir gastronomi alanındaki çevresel etkilerin daha derinlemesine değerlendirilmesine katkıda bulunmayı amaçlamaktadır.

2. LİTERATÜR TARAMASI

Sürdürülebilirlik, herhangi bir sistemin işleyiş yapı bütünlüğünü bozmadan ve doğal kaynakları ölçüsüz tüketimden kaçınarak sürekli işleyişe devam etme kapasitesi olarak açıklanmaktadır (Dentoni vd., 2023). Dünya Çevre ve Kalkınma Komisyonu'nun Brundtland Raporu'nda sürdürülebilirlik, gelecek nesillerin ihtiyaçlarını karşılayamama riski taşımaksızın mevcut nesillerin ihtiyaçlarını karşılamayı hedefleyen bir kalkınma şeklinde tanımlanmaktadır (Benli vd., 2016). Şahin (2004), sürdürülebilirlik kavramının ortaya çıkışının, bazı süreç ve uygulamaların sürdürülemez olduğuna dair artan endişelerle ilişkili olduğunu belirtmektedir. Artan nüfus baskısının oluşturduğu gıda talebine karşın tüketim-üretim dengesinin bozulması,

doğanın ihtiyaçlar karşısında yetersizliği ve söz konusu koşullar, günlük yaşamda gözlemlenen olumsuz sonuçları, bu durumun sürdürülebilirliğin bu süreçte toplumsal boyutunu ortaya koymaktadır (FAO, 2022). Nüfus artışı ve mevcut yetersiz beslenme seviyesi, gıda talebinde dikkat çekici artışa sebep olmakla beraber bu durum hem güncel üretim kaynaklarının potansiyelini yükseltmek ve farklı gıda kaynaklarının optimize etmeyi gerekmektedir (Mariutti vd., 2021).

Sürdürülebilir gıda tüketim modelleri bireyin hayat kalitesini olumlu yönde etkilemesinin yanı sıra, doğal kaynak kullanımını ve çevresel etkiyi azaltarak olumlu etkiler göstermektedir. Besin içeriğinin çevresel etkisini değerlendirmek için su ve karbon ayak izi hesaplamaları kullanılmaktadır (Ermumcu, Aloğlu, Akdağ & Köroğlu, 2024). Karbon ayak izi, bir bireyin, binanın, şirketin veya ülkenin tüm faaliyetlerinden kaynaklanan toplam karbondioksit miktarıdır (Galli vd., 2012). Gıdanın karbon ayak izi sürdürülebilir seçimler yapma konusunda üreticiler ve tüketiciler sayesinde desteklenebilme olanağı sunabilmektedir (Clune vd., 2017). Karbon ayak izi, Wiedmann ve Minx tarafından "Bir faaliyetin doğrudan ve dolaylı olarak sebep olduğu ya da bir ürünün yaşam döngüsü boyunca biriken toplam karbondioksit emisyon miktarının bir ölçüsü" olarak ifade edilmektedir. Bu ifadede yoluyla, karbon ayak izi kavramı, başta karbondioksit olmak üzere sera gazı emisyonlarının çevreye salınan miktarının karşılaştırmalı analiz yapıldığı ifade edilebilir (Akar & Ağpak, 2025).

Yang ve diğerleri; Restoranların karbon ayak izlerini azaltma çabaları, farklı bölgelere uygulanabilir çözümler ve çeşitli yöntemler üzerinde yoğunlaşmıştır. Araştırmalar, güneş enerjisi, biyogaz ve biyodizel gibi yeşil teknolojilerin karbon emisyonlarını %20 ila %75 le oranında azaltabileceğini, kompostlama ve gıda atıklarının geri dönüşümünün ise metan emisyonlarını %30'a kadar azaltabileceğini göstermektedir. Menüde bitkisel proteinler ve yerel malzemeler kullanmak gibi değişikliklerle, gıdada önemli maliyet tasarrufları sağlanabilir. "Su ayak izi" kavramı ise ilk olarak 2002 yılında Arjen Hoekstra tarafından tanımlanmış ve Su Ayak İzi Ağı (WFN) ve Twente Üniversitesi tarafından daha da detaylandırarak ham madde işlenmesinden ürünün tüketici tarafından kullanımına kadar tüm süreci ve operasyonu kapsar ve "ürünün üretiminde doğrudan veya dolaylı olarak kullanılan temiz su miktarı" tanımlanmıştır (Alper, 2015; Şahin, 2018). Güneş vd. (2023) tarafından yapılan bir çalışma, su ayak izinin bir restoranın karbon emisyonlarını önemli ölçüde azaltabileceğini göstermiştir. Pastane mutfaklarında yapılan örnek bir anket (2023), su tüketimini azaltmanın, bitki bazlı ürünlere öncelik vermenin ve mutfak personeli ile müşteriler arasında farkındalığı artırmanın sürdürülebilir gastronomi pratikleri ve ekonomik fayda açısından önemini ortaya koymaktadır.

Çevresel ve sosyokültürel boyutlar çerçevesinde sürdürülebilir gastronomi yerel gıdaların kullanımına yönlendirme sağlar ve buna bağlı olarak yerelleştirilmiş gastronomi sistemleri, çevresel sürdürülebilirlik, sosyal adalet ve adil ticareti destekleyerek bölgesel kalkınmaya katkıda bulunurken; yerel gastronomik ürünler, gastronomi merkez ve üretim sistemlerinin büyüme ve gelişmesi için yeni tüketici segmenteleri ve pazarları yaratır. Bu yaklaşım, toplulukların çevresel sürdürülebilirlik ve ekolojik beslenmeye olan bağlılıklarını korurken

Çevresel ve sosyokültürel boyutlar çerçevesinde sürdürülebilir gastronomi yerel gıdaların kullanımına yönlendirme sağlar ve buna bağlı olarak yerelleştirilmiş gastronomi sistemleri, çevresel sürdürülebilirlik, sosyal adalet ve adil ticareti destekleyerek bölgesel kalkınmaya katkıda bulunurken; yerel gastronomik ürünler, gastronomi merkez ve üretim sistemlerinin büyüme ve gelişmesi için yeni tüketici segmenteleri ve pazarları yaratır. Bu yaklaşım, toplulukların çevresel sürdürülebilirlik ve ekolojik beslenmeye olan bağlılıklarını korurken sosyal ve ekonomik kalkınmalarını sürdürebileceklerini göstermektedir (Yurtseven, 2011). Scarpato (2002) sürdürülebilir gastronomiyi, çevresel etkiyi iyileştirip koruyan ekolojik sürdürülebilirliğe temellendiren kavram olarak tanımlamaktadır. Artan çevresel bilinç ve

tüketicilerin daha bilinçli seçimler yapması, gıda ve içecek sektöründe sürdürülebilir uygulamaların önemini giderek artırmaktadır. Bu durum, sürdürülebilir gastronomi yaklaşımının çok çeşitli bakış açılarıyla ele alınmasını gerektirmektedir.

Tablo1. Sürdürülebilir Gastronomi Alanında Yapılmış Çalışmalar

Yazar / Yıl	Çalışmanın Konusu	Temalar	Vurgu
Akdağ ve Üzülmez (2017)	Sürdürülebilir gastronomi turizmi kapsamında otantik yiyeceklere yönelik bir inceleme	Otantiklik, sürdürülebilirlik, yerel kültür	Otantik yiyeceklerin destinasyon kimliğine ve sürdürülebilir turizme katkı sağladığı belirtilmiştir.
Baran ve Karaca (2020)	Coğrafi işaretin sürdürülebilir gastronomi turizminde önemi	Coğrafi işaret, kültürel miras, sürdürülebilir kalkınma	Coğrafi işaretlemenin yerel ekonomi, kültürel mirasın korunması ve sürdürülebilir gastronomi için kritik bir araç olduğu vurgulanmıştır.
Pırnar (2012)	Sürdürülebilir restoranlar ve yavaş yemek	Yavaş yemek akımı, sürdürülebilirlik	Yavaş yemek hareketinin dünya çapında mutfak sanatları kültürünün korunmasına, biyolojik çeşitliliğin muhafaza edilmesine ve yerel tarımın desteklenmesine katkıda bulunduğunu belirtiyor.
Yüncü (2009: 28) ve Kozak (2012)	Sürdürülebilir Turizm Açısından Gastronomi Turizmi ve Perşembe Yaylası	Yerel ürünlerle pişirme yöntemi	Yerel ürünlerle pişirme yöntemlerinin sürdürülebilirlik açısından korunmasına ve bölgeler ve Yiyecek içecek işletmeleri için büyük bir önem arz ettiğini ifade etmektedir.
Andaç ve Tuncel (2023)	Sürdürülebilir ve Yeni Bir "Gıda" Alternatifi Olarak Yenilebilir Böcekler	Yeni gıda alternatifi yenilebilir böcekler	Yenilebilir böceklerin insanlar için sürdürülebilir bir gıda alternatifi olarak önem kazandığını belirtmektedir
Mahadevan (2015	Deniz yosunlarının (seaweed) sürdürülebilir bir gıda kaynağı olarak potansiyeli	Alternatif gıda örneği; Deniz yosunu	Deniz yosunlarının besin değerlerinin yüksek olması, üretimde kolaylık sağlaması ve çevreye etkisinin düşük olmasından dolayı alternatif gıda olabileceğini vurgulamaktadır
Annunziata vd., 2019	İnsanların organik gıda tüketimini sürdürülebilirlik bağlamında incelemek	Organik Gıda Tüketimi Etkenleri	Bireylerin organik gıda tüketimi, sürdürülebilirlik kaygısı, yaşam tarzı, yaş, cinsiyet ve çevresel etkilerin etken olduğunu belirtmektedir.
Smetana vd. (2016)	Endüstriyel ölçekli böcek üretiminin yaşam Döngüsü Değerlendirmesi (Life Cycle Assessment – LCA) yöntemiyle incelemeyi amaçlamaktadır	Endüstriyel ölçekli böcek üretiminin yaşam Döngüsü Değerlendirmesi	Doğru üretim ve doğru tüketim şartlarında böceklerin hayvansal gıdalarda ki proteinlere oranla daha faydalı ve daha sürdürülebilir olduğu kanısına varılmıştır.
Vieux vd. (2012)	Fransız diyetlerinin çevresel etkilerini, özellikle karbon (CO_2) ve su ayak izi üzerinden incelemek	Menü bazında karbon ve su ayak izi incelemesi	Bitkisel diyetlerin hayvansal (et ve süt)diyetlere oranla ekolojik etkisinin daha düşük olduğu ve daha sürdürülebilir olduğu belirlenmiştir.

Kaynak: (Akdağ & Üzülmez, 2017; Baran & Karaca, 2020; Pırnar, 2012; Yüncü, 2009, s. 28; Kozak, 2012; Vieux et al., 2012; Andaç & Tuncel, 2023; Mahadevan, 2015; Annunziata et al., 2019; Smetana et al., 2016) araştırmacılar tarafından oluşturulmuştur.

Sürdürülebilirlik, doğal kaynakların kullanımını temellendiren bununla beraber çevresel sistem bütünlüğünün korunması, ekonomik sürekliliğin sağlanması ve sosyal refahın desteklenmesi açısından değerlendirildiğinde, gıda güvenliğini güvence altına alan ve gelecek nesillerin sistemlerini koruyabilecek sürdürülebilir gıda üretimini zorunlu kılmaktadır (FAO, 2018). Dünya Turizm Örgütü'nün sürdürülebilir turizm konusuyla ilgili yaptığı tanımda ise gelecek nesillerin aynı gereksinimleri sağlayacak ve yönetebilme kurallına dayanan ; ekolojik işeyişin, bireylerin bağlantı kurdukları ekolojik döngünün korunmasını, biyoçeşitliliğin korunması ve yaşam döngünün sürdürülebilmesini sağlayan sistemlerin devam ettirilmesi ile beraber potansiyel mevcut kaynakların yerel ve turistlerin sosyal ve görsel ihtiyaçlarını giderebilmesi ve aynı ihtiyaçların gelecek kuşakların karşılayabilmesi olarak ifade edilmektedir (UNWTO, 2010). Günümüzde artan küresel iklim değişikliği, yaygın gıda israfı ve doğal kaynaklarının dengesiz kullanımı, gıda üretimi için mevcut gıda sistemlerinin yeniden değerlendirilmesini ve sürdürülebilir kalkınma açısından ele alınmasını gerektirmektedir.

Sürdürülebilir gıda sistemleri, tarladan sofraya kadar tüm paydaşları ve değer yaratan faaliyetleri kapsayan bütüncül bir çerçeve olarak tanımlanır ve bu sistemler; tarımsal üretim, kaynak tedariği ve atık yönetimi gibi alt bileşenlerin yanı sıra ticaret, enerji ve sağlık sistemleriyle olan etkileşimlerini de içerir. Dolayısıyla, tüm dış değişikliklerden kapsamlı bir şekilde etkilenirler ve gelecek nesiller de dahil olmak üzere herkes için yeterli gıda tedarikini sağlarken olumlu ekonomik, sosyal ve çevresel sonuçlar elde etmeyi amaçlamaktadır (Nguyen, 2018). Martinez ve diğ. (2010), yerel gıdayı, bir bölgedeki yerel topluluk üyeleri tarafından üretilen ve dağıtılan gıda olarak tanımlar. Johnson'a (2016) göre, yerel gıda tüketicilere mümkün olduğunca kaynağa yakın bir yerden ulaştırılan tarım ürünlerini ifade etmekle beraber bu yaklaşım, gıda zincirinin yerel yönünü vurgulayarak, üretim ve tüketim süreçlerinin coğrafi yakınlığını öne çıkarır. Sürdürülebilir gastronomi, sürdürülebilirlik kalkınma ilkelerini gastronomiye entegre eden bir yaklaşım olup, çevresel etkiyi azaltmak, sürdürülebilir gıdaya yönelik sorumluluk duygusunu geliştirmek ve toplum sağlığını korumak gibi hedefleri içerisinde bulundurmaktadır (Gün & Kılıç, 2022). Ayrıca, yerel toplulukların sosyal ve ekonomik kalkınmasına katkıda bulunan sürdürülebilir gastronominin temel bir bileşeni olarak kabul edilmektedir (Yurtseven & Kaya, 2010).

Sürdürülebilir Gastronomi gıdaların çevresel farkındalık düzeyinde üretim, hazırlama ve tüketim esaslı bir amaç olarak gelecek kuşaklara aktarılmasını ve yaşatılmasını sağlayan bir perspektif sağlamaktadır (Akdağ & Üzülmez, 2017). Hareket bireylerin gıda seçimleri sırasında sergiledikleri davranışları (örneğin yerel ürün tercih etme, mevsiminde beslenme ve sürdürülebilir gıdalara yönelme) ifade etmektedir. Bu bağlamda ekolojik gastronomi yaklaşımı, bireyin tabakta yaptığı her seçimin yalnızca bireysel tüketimle sınırlı kalmadığını; aynı zamanda çevre, doğal kaynak kullanımı ve gezegenin sürdürülebilirliği üzerinde doğrudan etkiler yarattığını vurgulamaktadır (Petrini, 2015).

Yeşil mutfak uygulamaları; gıda israfının azaltılması, atık miktarının en aza indirilmesi, doğal kaynakların aktif ve verimli kullanılması, çevre duyarlılığının geliştirilmesine yönelik çabaların yiyecek içecek sektörüne etkisini göstermesiyle ortaya çıkmasıyla bu kapsamında yeşil mutfak uygulamaları, gastronomi destinasyonları için yerel mutfak tanıtımı ve rekabet edebilme açısıyla gastronomi destinasyonları için yenilikçi fırsatlar getirmektedir (Çokadar & Işık, 2023). Bu çerçevede yiyecek içecek işletmeleri bünyelerinde olan alana has sürdürülebilir uygulamaları yeşil üretim anlayışını kaliteden ödün vermeden hayatta kazandırmaya, duyarlı algısını tüketici çerçevesinde ürettiği ürünleri tüketiciye sunmaya başlamıştır (Saygılı vd.,

2022). Güleç ve Ünlüönen (2022), Ankara'da faaliyet gösteren 14 çevre bilincine sahip otelde yürütülen bir çalışmada, bu işletmelerin benimsediği yeşil mutfak uygulamalarını analiz etmiştir. Bulgular, mutfak işlemlerinde oluşan atık miktarının oldukça yüksek olduğunu göstermektedir; özellikle meyve ve sebze işleme artıkları ve kullanılmış kızartma yağları öne çıkmaktadır. Açık büfe servis modeli, atık oluşumunu artıran temel faktörlerden biri olarak belirlenmiştir. Çalışma, üretim süreçlerinin standartlaştırılması, personelin çevre bilincine dayalı olarak eğitilmesi ve atık ayrıştırma ve geri dönüşümün kaynağında uygulanmasının atık yönetimini iyileştirebileceğini öne sürmektedir.

Öte yandan, Yeşil Mutfak Kalitesi yaklaşımı, mutfak ekipmanlarını ve üretim süreçlerini çok boyutlu bir perspektiften ele almaktadır; çevresel performans, hizmet kalitesi ve tüketici beklentileri arasındaki ilişkiyi değerlendirmeyi amaçlamaktadır. Bu çerçevede, enerji ve su tasarrufu, sürdürülebilir hammadde temini, atık minimizasyonu ve geri dönüşüm uygulamaları, tek kullanımlık ürünlerin azaltılması, kimyasal girdilerin sınırlandırılması ve çevre dostu fiziksel altyapı, sürdürülebilir mutfak yönetiminin temel bileşenleri olarak öne çıkmaktadır (Sever, 2016).

3. YÖNTEM

Bu çalışmanın amacı, gastronomi alanındaki akademik çalışmaları çevresel sürdürülebilirlik kavramı çerçevesinde sistematik olarak analiz etmek ve gastronomi literatüründe çevre dostu üretim ve tüketim yöntemlerinin nasıl ele alındığını kapsamlı bir şekilde belirlemektir. Sürdürülebilir gastronomi, doğal değişimlerin ve biyoçeşitliliğin korunmasına, ekosistemlere zarar vermeyen üretim yöntemlerinin kullanılmasına ve büyüme oranlarının en aza indirilmesine dayalı bir yaklaşım olarak görülmektedir. Bu olanakları araştırmak için, çevre yönetimi, karbon ayak izi azaltımı üretim verimliliği, tüketici davranışının ekolojik sürdürülebilirliği etkileri, gıda sistemler, yerellik unsurlarının iyileştirmesine odaklanan çalışmalar analiz edilmiştir. Çalışma, ekolojik olarak sürdürülebilir gastronomi alanındaki temel özellikleri, ana temaları ve çalışmaları belirlemek için sistematik literatür analizi tercih edilmiştir.

Sistematik Literatür taraması, bir araştırma yöntemi olarak, çeşitli alanların “kavramsal”, “metodolojik” ve “tematik” gelişimine önemli ölçüde katkıda bulunur (Binbaşıoğlu, 2020). Bu çalışmada, nitel bir araştırma yöntemi olarak sistematik literatür taraması yöntemi kullanılmıştır. Sistematik literatür taraması, belirli bir araştırma sorusuna uygun olarak, önceden tanımlanmış, açık ve objektif kriterlere dayalı olarak literatürdeki çalışmaların planlı bir değerlendirmesini içeren bir araştırma yaklaşımıdır. Sistematik literatür taraması, belirli bir araştırma alanındaki çalışmaları eleştirel bir bakış açısıyla değerlendiren ve analiz eden yaygın bir araştırma yöntemidir (Liberati ve ark., 2009: 26). Bu süreç, kullanılan veri tabanlarını, seçilen anahtar kelimeleri ve çalışmaların dahil etme ve hariç tutma kriterlerini ayrıntılı olarak belirterek, araştırma sürecinin şeffaflığını ve izlenebilirliğini sağlar. Bu yaklaşım, elde edilen sonuçların tarafsızlığına katkıda bulunur ve araştırmanın tekrarlanabilirliğini artırır. Sistematik literatür taramaları, mevcut akademik bilginin bütünsel bir değerlendirmesine olanak tanır ve literatürde sınırlı veya yetersiz ele alınmış araştırma alanlarının belirlenmesine katkıda bulunur (Tranfield, Denyer ve Smart, 2003; Kitchenham, 2004). Çalışmada sistematik literatür taraması kullanılmasının amacı planlı, şeffaf ve tarafsız bir şekilde çalışmaları incelemek ve bu çalışmalardan konuyla ilgili genel bir değerlendirme yapıp literatürdeki boşluğu doldurmak amaçlanmaktadır. Bu yaklaşım sayesinde çalışma, sürdürülebilir gastronomi literatürünü yalnızca betimleyen değil, aynı zamanda temalar arası ilişkileri ortaya koyarak alanın yapısal dinamiklerini açıklayan bütüncül bir analiz sunmaktadır. Veri toplama sürecinde, uluslararası literatürü temsil eden Scopus veri tabanına öncelik verilmiştir. Bu çalışmada birincil veri

kaynağı olarak Scopus seçilmiştir çünkü Scopus, önde gelen veri tabanlarında indekslenen etkili ve akademik açıdan titiz yayınları kapsayan, disiplinler arası hakemli araştırmalara ilişkin kapsamlı ve yüksek kaliteli bir genel bakış sunmaktadır (Domingo-Carrillo vd., 2020; Qiao vd., 2024).

Veri toplama süreci PRISMA yaklaşımına göre yapılandırılmıştır.

Tablo2. PRISMA akış şeması

Süreç Aşaması	Açıklama	Makale Sayısı
Başlangıç Veri tabanı Taraması	Scopus'ta "sustainable gastronomy", "sustainable cuisine" ve "green food" anahtar kelimeleri kullanılarak gerçekleştirilen tarama sonucunda elde edilen makale sayısı.	43
Tekrar Eden Kayıtların Çıkarılması	Scopus veri tabanlarından elde edilen tekrar eden makalelerin elenmesiyle kalan makale sayısı.	0
Dahil Edilme Kriterlerine Göre Filtreleme	İngilizce yazılmış, SSCI, ESCI veya Scopus'ta indekslenmiş ve tam metin erişimi olan çalışmaların seçilmesi.	20
Konu Uygunluğu İçin Özet Tarama	Makale özetlerinin taranması sonucu gastronomi sektörlerinde yeşil ekolojik sürdürülebilirlik konusuna odaklanmayan çalışmaların elenmesi.	15
Tam Metin İncelemesi	Tam metni incelenen çalışmalar arasından dahil edilme kriterlerini karşılayanların belirlenmesi.	15

Figure 1. PRISMA Flow Diagram of Study Selection

Adapted from Selçuk (2019).

"Sustainable gastronomy" (sürdürülebilir gastronomi), "sustainable cuisine" (sürdürülebilir mutfak) ve "green food" (yeşil gıda) anahtar kelimeleri kullanılarak gerçekleştirilen tarama sonucunda toplam 43 çalışma belirlenmiştir. Belirlenen dâhil etme ve hariç tutma kriterlerinin uygulanmasıyla, 15 çalışma analiz için uygun bulunarak araştırmaya dâhil edilmiştir.

Çalışmaya dâhil edilme kriterleri; Scopus veri tabanında indekslenmesi, tam metin erişimi sunması ve gastronomi sektöründe sürdürülebilirlik ile ekolojik boyuta doğrudan odaklanması şeklinde belirlenmiştir.

Bunun yanı sıra, çalışmanın ulusal literatürü de kapsayacak şekilde bütüncül bir yapıya kavuşturulması amacıyla, DergiPark platformu üzerinden yayımlanan hakemli dergilerdeki çalışmalar da taramaya dâhil edilmiştir. DergiPark'ta yer alan ve TR Dizin ile uluslararası indekslerde taranan dergilerde yayımlanan makaleler, aynı dâhil etme ve hariç tutma kriterleri doğrultusunda değerlendirilerek analize dâhil edilmiştir.

4. BULGULAR

Tablo3. Bulgularda Yer Alan Çalışmalar

Yazar	**Yayın Yılı**	**Çalışma İçeriği**	**Tema**
John Coveney, Barbara Santich	1997	Gıda sistemlerinin çevresel ve kültürel boyutlarını incelenmesi	Gıda Sistemi
Arjun Appadurai	1990	Küresel Kültürel Akışlar ve bunların sosyal ve coğrafi işleyişi	Küresel Akış
Janet E. Dickinson, Paul Peeters	2012	Çalışmada turizmde sürdürülebilirlik olgusunun ekolojik etkilerini ve tüketimi yönlendirmekteki etkisi	Tüketici Davranışı
Bill Bramwell, Bernard Lane	2012	Sürdürülebilir turizmin, sosyal ekonomik, ekolojik boyutu	Döngüsel Ekonomi
Wendell Berry	1992	Kırsal eğitim feslefesi, kırsal yaşam işleyişi	Gastronomi Politikaları ve Sürdürülebilirlik Stratejileri
Jean Duruz	2010	Cheong Liew'in "Asian" yemeklerini hazırlarken ortaya çıkan kültürel kimlik, küreselleşme, hibritleşme ve kozmopolitanizm etkisi	Gıda Atığı ve Döngüsel Ekonomi
Jianbo He, Zhen Wang, Qingling Yin	2014	Ekolojik tarım turizminin düşük karbonlu ekonomi açısından sürdürülebilir kalkınma bağlamında değerlendirilmesi	Karbon Ayak İzi
Mariarita Cammarata ve ark.	2023	Tarım ve gıda sektöründe karbon ayak izi (Carbon Footprint, CF) hesaplamalarının mevcut durumunu ve gelecekteki araştırma eğilimlerini araştırmak	İklim Değişikliği
Rosarıo Scarpto	2002	Gastronomiyi turizm etkinlikleri bağlamında sürdürülebilir boyutunu incelemek	Bütüncül Sistem
S Brittonf	1991	Turizmi kapitalist coğrafya bakış açısıyla analiz etmek	Bütüncül Sistem
Youguang Wei	2015	Sürdürülebilirliğe yeşil gıda perspektifinden incelenmesi	Gastronomi Politikaları ve Sürdürülebilirlik Stratejileri
Adela Balderas-Cejudo	2025	Gastronomiyi, sürdürülebirlik kültür ve inovasyon bakış açılarıyla değerlendirmek	Bütüncül Sistem
Gary Alan Fine	2003	Etnografik yöntemlerin topluluk ve birey üzerinde etkisi	Gastronomi Politikaları ve Sürdürülebilirlik Stratejileri
M. Vukolić, I. Petrović, M. Đukić	2025	Farm-stay deneyimlerinin sürdürülebilir gastronomi üzerinde incelenmesi	Yerel Mevsimsellik Dengesi
L. Fernandez, R. Gómez-Martínez, A. Silva	2025	Kısa tedarik zincirlerinin sürdürülebilir gastronomi üzerinde etkisi	Kısa Tedarik Zincir
A. K. Edenbrandt & C. J. Lagerkvist	2022	Tüketicilerin gıda ürünlerinde yer alan iklim bilgileri ve karbon ayak izi etiketlerine ilişkin algılarını, tutumlarını ve satın alma davranışlarını incelemek	Karbon Ayak İzi

E. Raveloaritiana & T. C. Wanger	2024	Çalışma, tarımsal çeşitlendirmenin uzun vadeli çevresel ve ekonomik faydalarını araştırmayı incelemektir	Organik Tarım
Lau, J., Smith, K., & Chen, Y.	2025	Çalışma yeşil restoranlarda tüketici davranışını değerlendirmek	Tüketici Davranışı
Everingham, P. & Chassagne, N.	2020	Turizm araştırmalarının sürdürülebilirlikle ilişkisini "postdisipliner" bir arada yeniden düşünmeyi ele almak	Gastronomi Politikaları ve Sürdürülebilirlik Stratejileri
Shahhosseini & Khalili Nasr	2024	Yeşil restoranlarda müşteri memnuniyetini hangi özellikler etkiler? Yön tabanlı duygu analizi yaklaşımını incelemek	Tüketici Davranışı ve Çevresel Farkındalık

İncelenen 20 çalışma içerik analizi yoluyla değerlendirilmiş; çalışmalar ortak temalar doğrultusunda kodlanmış ve sekiz ana tema altında sınıflandırılmıştır.

4.1.Ekolojik Sürdürülebilir Gastronominin Bütüncül Sistem Olarak Ele Alınması

Çalışmalarda benimsenen yaklaşım, sürdürülebilirlik literatürü açısından bakıldığında, gastronominin yalnızca gıda ürünlerinin üretimi ve tüketimiyle sınırlı bir alan olarak ele alınmasının yeterli olmadığını göstermektedir. Britton'a yaklaşımına göre turizm, ekonomik amaçlar güdüsüyle ticarileştirilen bir ekonomik işleyiş modelidir. Söz konusu durum sürdürülebilirlik sorunları; ekolojik bozulma ve kültürel araçsallaştırma gibi sorunlar yaratmaktadır. Balderas-Cejudo ve ark. (2025) ve Scarpato (2003) göre ise gastronomi ve turizm stratejileri sosyal adalet, kültürel birliktelik ve ekolojik denge bunlar birlikte değerlendirilmelidir.

Bulgular, gastronominin çok boyutlu bir sistem olarak ele alındığını kanıtlar niteliktedir. Bunun sürdürülebilir gastronominin sadece gastronomi ve turizm adı altında yetersiz kaldığı çok daha kapsamlı bir döngüde olduğu çıkarımda bulunulmaktadır.

4.2.Gastronomide Küresel Akış ve Yerel Mevsimsellik Dengesi

Appadurai'nin çalışmasının ortaya koyduğu küresel akış yaklaşımının (farklı unsurların insan, kültür, sermaye, medya sınırlar arasında devamlı dolaşım) modern dünyada yerel uygulamaların giderek yaygınlaşan dolaşım ağları içinde yeniden üretildiğini kanıtlamaktadır. Bu çıkarımdan gastronomik uygulamalar evrensel tüketim sistemlerinin tekrardan değerlendirilmesi gereken devingen sistemlerdir. Yerel üretimi, mevsimselliği ve bölgesel yapıyı küresel homojenleşmeye karşı korumak ekolojik sürdürülebilir gastronomi bağlamında giderek belirleyici bir nitelik kazanmaktadır. Bu yapı, özellikle çiftlik konaklamaları ve kırsal gastronomi deneyimleri alanında giderek daha görünür hale gelmektedir (Vukolić vd., 2025).

Bulgular sadece üreticiler değil, aynı zamanda medya söylemleri, gastronomi festivalleri ve yönetim mekanizmaları da yerel özelliklere ve mevsimselliğe dayalı bu üretim ve tüketim uygulamalarının yaygınlaşmasında önemli bir rol oynağını açıklar niteliktedir. Nitekim modern dünyada sürdürülebilir gastronomi dolaşım ve yönetim mekanizmalıyla köklü değişimlere yön verebilme potansiyeline sahiptir.

4.3.İklim Değişikliği ve Ekolojik Sürdürülebilir Gastronomi

Bulgular, iklim değişikliğinin hem tarımsal üretim koşulları hem de tüketici talebi yoluyla sürdürülebilir gastronomiye dönüşüm getirdiğini gösteriyor. Analiz edilen çalışmalar, iklim değişikliğinin tarımsal ekosistemler üzerinde doğrudan bir etkiye sahip olduğunu ve ekonomik ve sosyal dinamikler aracılığıyla gıda talebini dolaylı olarak şekillendirdiğini ortaya koyuyor (Cammarata vd., 2023).

Bu durum, gastronominin yalnızca tüketim pratikleriyle sınırlı olmayan, üretim süreçleri ve çevresel politikalarla bütünleşik bir sistem olarak ele alınmasını gerekli kılmaktadır.

4.4.Sürdürülebilir Gıda Üretimi ve Tedarik Sistemleri

Coveney ve Santich'in değerlendirmeleri, Modern gıda sistemleri, insan sağlığı merkezli bir gelişim yörüngesi izlemiştir; ancak bu süreç genellikle çevresel sürdürülebilirliğin pahasına gerçekleşmektedir. Endüstriyel tarım uygulamaları verimliliği ve gıda güvenliğini artırırken, toprak bozulması, su kirliliği ve biyoçeşitlilik kaybı gibi ekolojik sorunları da kötüleştirmektedir. Fernandez vd., 2025 çalışmasında ise ekolojik sürdürülebilir gastronominin uygulama düzeyinde yerellik, mevsimsellik, düşük işlenmiş gıdalar ve kısa tedarik zincirleri etrafında şekillendiğini ortaya koymaktadır. Kısa tedarik zincirlerinin karbon salımını azalttığı, yerel üreticileri desteklediği ve gastronomik sürdürülebilirliği güçlendirdiği belirtilmektedir. Bu yapı, özellikle farm-stay (turistlerin çiftliklerde konaklandığı ve doğal döngüde tarım, hayvancılık deneyimlerine katıldığı yerel yaşamın içinde turizm faaliyeti) gastronomi deneyimlerinde daha görünür hale gelmektedir (Vukolić vd., 2025).

Bulgular, gastronominin piyasaya sadece sunulan yemekler ve sağlık yararları açısından değil, aynı zamanda çevresel etkileriyle ortak biçimde ele alınması gerektiğini göstermektedir. Bu nedenle, ekolojik olarak sürdürülebilir gastronomi, insan sağlığı ve ekosistem sağlığı arasında bir denge kurmayı hedefleyen bütünsel bir yaklaşım olarak görülmektedir.

4.5.Gıda Atığı ve Döngüsel Ekonomi

Bramwell ve Lane'in değerlendirmeleri, turizmin savaş sonrası döneme hâkim olan büyüme odaklı kalkınma modelinden, sürdürülebilir kalkınmaya dayalı bir yaklaşıma doğru evrildiğini göstermektedir. Ekonominin devamlı büyümesinin sonucunda yarattığı çevresel ve sosyal zararları turizm planlamasını tekrar gözden geçirilmesini mecbur kılmıştır.

Duruz'un çalışması ise, gastronomi uygulamalarının küreselleşme bağlamında kimlik, mekân ve kültürel bellekle yakından iç içe geçtiğini göstermektedir. Göç ve kültürel etkileşimle şekillenen melezliğin bir örneği olan füzyon mutfağı, çağdaş bir trendden ziyade sürekli bir gastronomi gerçekliğini temsil etmektedir.

Bulgular, sürdürülebilirliğin ekolojik süreçleri koruma, kültürel mirası muhafaza etme ve nesiller arası eşitliği sağlama ilkelerine dayalı bütüncül bir planlama yaklaşımı gerektirir. Sürdürülebilir gastronomi açısından bakıldığında, bu yaklaşım, gıda üretim ve tüketim uygulamalarını yalnızca ekonomik verimlilik açısından değil, aynı zamanda ekolojik bütünlük ve kültürel süreklilik çerçevesinde de değerlendirmeyi gerektirir.

4.6.Karbon Ayak İzi ve Çevresel Etki

He vd. (2023), düşük karbonlu bir ekonomi beklentisi, enerji tüketimi ve emisyonlar açısından turizm faaliyetlerinin yeniden yapılandırılmasını gerektirmektedir. Eko-tarım turizmi modeli,

tarımsal üretim, kırsal kalkınma ve çevre korumanın entegrasyonu yoluyla düşük karbonlu bir turizm yapısının mümkün olduğunu göstermektedir. Yenilenebilir enerji kullanımı, kaynak verimliliği, çevre dostu tüketim alışkanlıklarının teşvik edilmesi ve bilimsel temelli kapasite planlaması gibi uygulamalar, turizmin çevresel etkisini azaltırken yerel ekonomileri destekleyebilir. Artan çevresel kaygılarla birlikte tüketiciler giderek daha fazla organik, düşük karbonlu ürünleri tercih etme durumunun oluştuğunu ortaya koymaktadır (Edenbrandt ve Lagerqvist, 2022).

Bu tercih, gıda üretiminde sürdürülebilir bir yaklaşımı güçlendirmekte; karbon yönetimi ve organik tarım uygulamalarının yaygın olarak benimsenmesi, sürdürülebilir gastronominin temel bileşenleri arasında yer almaktadır (Raveloaritiana & Wanger, 2024). Bu bağlamda, eko-tarım turizmi, sürdürülebilir gastronomi bağlamında düşük karbonlu bir üretim-tüketim döngüsünü teşvik eden bütüncül bir model olarak görülebilir.

4.7.Tüketici Davranışı ve Çevresel Farkındalık

Tüketici odaklı bir araştırmanın sonuçları, gastronomideki sürdürülebilir uygulamaların duygusal tepkiler ve davranışsal niyetlerle bağlantılı olduğunu göstermektedir. "Yeşil" restoranlardaki gıda israfını azaltma uygulamalarının tüketicilerin çevresel sorumluluk duygusunu artırdığı ve böylece geri dönüt niyetlerini güçlendirdiği belirtilmektedir (Lau vd., 2025). Bununla birlikte, bu etkiyi elde etmek için sürdürülebilir uygulamaların müşteriler tarafından açık ve somut bir şekilde algılanması gerektiği vurgulanmaktadır (Shahhosseini & Khalili Nasr, 2024). Turizm tüketimin de zaman algısı belirleyicidir; hızlı ulaşım tercihleri karbon salımını artırırken, bazı tüketiciler deneyim odaklı olarak daha yavaş ve çevre dostu seçeneklere yönelmekte, bu da özellikle gastronomide sürdürülebilir yerel tüketimi desteklemektedir (Dickinson & Peeters, 2012).

Bu durum turizm faaliyetlerin hızlandığı modern dünyada hava ve kara ulaşımın getirdiği sera gazı emisyonlarında artış olduğu görülmektedir. Karbon ayak izini azaltmaya yönelik olan “yavaş seyahat” deneyimini benimseyen turistlerin ekolojik döngüyü desteklemesinin yanında seyahat deneyimlerinden daha fazla zevk aldığı görülmektedir (Dickinson ve Lumsdon vd., 2010; Germann Molz vd., 2009; Parkins vd., 2004; Reisch vd., 2001).

Bu bağlamda, bulgular gastronomideki sürdürülebilir uygulamaların medyada, festivallerde ve yönetim mekanizmaları aracılığıyla nasıl temsil edildiği ve bu algıların tüketiciler tarafından nasıl yorumlandığı ve davranışlarına nasıl yansıdığını önemini destekler niteliktedir.

4.8.Gastronomi Politikaları ve Sürdürülebilirlik Stratejileri

Wei’nin çalışması, gurme turizminin yeşil gelişim ilkeleri doğrultusunda yeniden yapılandırılmasının sürdürülebilir kalkınma açısından stratejik bir gereklilik olduğunu ortaya koymaktadır. Çiftlikten sofraya yaklaşımı, enerji verimliliği, atık minimizasyonu ve yerel dağıtım kanallarının etkin kullanımı gibi uygulamalarla birlikte, gastronomi üretiminin ve tüketiminin ekolojik ayak izini azaltmayı amaçlamaktadır. Dahası, yerel normlara bağlılık, ürün bulunabilirliğinin sağlanması ve sağlıklı beslenmenin standartlaştırılması, sürdürülebilir gastronominin sadece bir gösteri değil, kültürel ve sosyal yönleri kapsayan bütüncül bir çerçeve olduğunu göstermektedir. Bu "yeşil" ekonomik gastronomi turizmi, sürdürülebilir

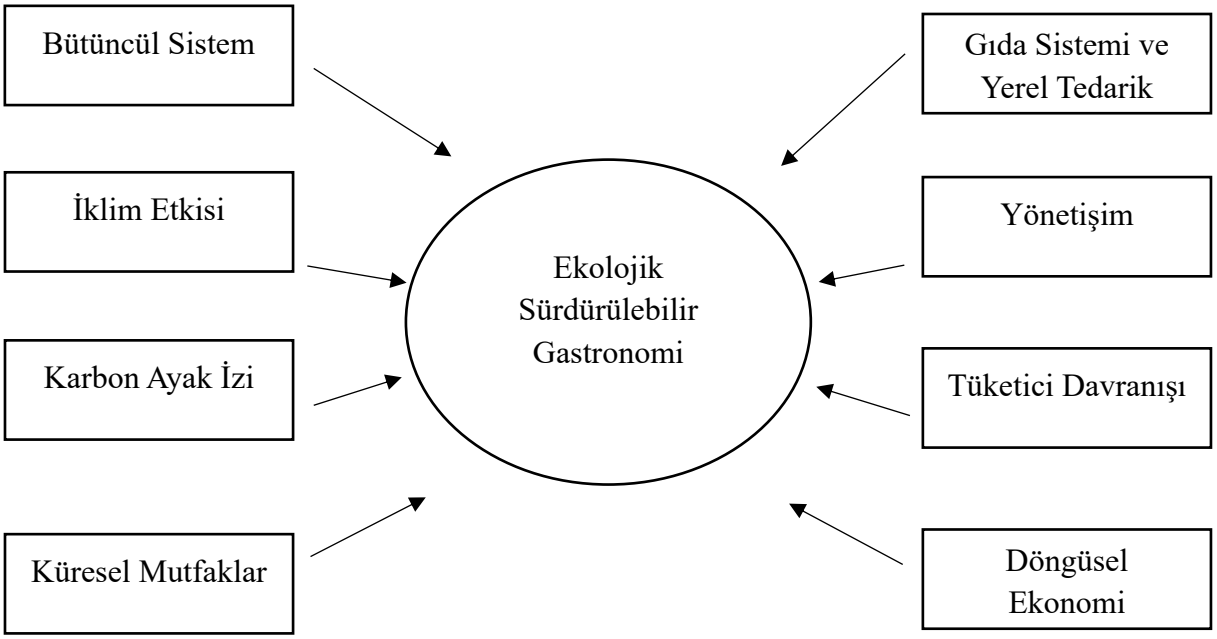
Hiyerarşi, zaman baskısı, ekonomik kısıtlar ve mesleki kimlikler tarafından şekillenen bir örgütsel kültür olarak konumlandırmaktadır. Bu yapı içerisinde gastronomik üretim, kâr maksimizasyonu, müşteri beklentileri ve profesyonel değerler arasındaki dengeye

dayanmaktadır. Ekolojik sürdürülebilir gastronomi açısından değerlendirildiğinde, sürdürülebilir uygulamaların hayata geçirilebilmesi yalnızca teknik düzenlemelerle değil; mutfak içi değer sisteminin, iş bölümü anlayışının ve mesleki normların dönüşümüyle mümkündür. Dolayısıyla sürdürülebilirlik, restoran bağlamında çevresel bir strateji olmanın ötesinde, örgütsel kültürün yeniden yapılandırılmasını gerektiren sosyal bir süreçtir.

Berry'nin ise kırsal topluluk ve üretim anlayışı, sürdürülebilirliğin ekonomik büyüme yerine uzun vadeli ekolojik dengeyi esas alması gerektiğini vurgulamaktadır. Üretimin doğayla uyumlu, yerel bilgiye dayalı ve topluluk merkezli olması gerektiği görüşü, gastronominin yalnızca tüketim temelli bir deneyim değil; etik, ekolojik ve kültürel bir sorumluluk alanı olduğunu ortaya koymaktadır. Bu bağlamda ekolojik sürdürülebilir gastronomi; yerel kültürün korunması, kırsal üretim bilgisinin sürdürülmesi ve doğal kaynakların gelecek kuşaklara aktarılması temelinde şekillenen bütüncül bir yaklaşım olarak değerlendirilebilir.

Önceki bölümlerde ele alınan yönetim, algı ve tüketici temsili süreçleri, gastronominin turizm bağlamında nasıl konumlandığının anlaşılmasını gerektirir. Bu çerçevede, sonuçlar gastronominin küresel turizm sisteminde giderek artan bir şekilde mekânın ticarileştirilmesi için bir araç haline geldiğini göstermektedir (Britton, 1991; Richards, 2018). Yerel mutfağın turizm ürünlerine dönüştürülmesinin, gastronomi uygulamalarının standartlaşmasına ve ekolojik bağlamdan kopmasına yol açabileceği savunulmaktadır. Bu sürecin mevsimsellik, biyoçeşitlilik ve küçük ölçekli üreticiler üzerinde baskı oluşturduğu ileri sürülmektedir (Everingham ve Chassagne, 2020).

İncelenen literatür ekolojik sürdürülebilir gastronominin;



Sunulan kavram, tüm yönleriyle bütünsel bir sistemi temsil etmektedir.

SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışma sürdürülebilir gastronominin ekolojik boyutunu ele alarak tematik olarak sınıflandırılıp değerlendirmiştir. Bulgular gastronominin bu çok boyutlu çerçevesi, sürdürülebilirliğin sadece teknik veya agresif bir konu olmadığını; aynı zamanda sosyal, kültürel ve etik dönüşümün devam eden bir süreci olduğunu göstermektedir. Bu çalışmada yapılan sistematik literatür analizi, gastronominin gıda üretimi ve tüketimine odaklanan dar bir alan olarak ele alınmasının çevresel sürdürülebilirliğe ulaşmak için yetersiz olduğunu göstermektedir. Gastronomi, coğrafi faktörler, sosyal ürünler, kültürel uygulamalar, sağlık, mekânsal bağlam ve yönetişimle iç içe geçmiş bütünsel bir sistem olarak ele alınmalıdır (Balderas-Cejudo vd., 2025; Scarpato, 2003). Bu sistem yaklaşımı, çevresel olarak sürdürülebilir gastronominin yalnızca zararlı etkilerini azaltmakla kalmayıp, aynı zamanda gıdanın sosyal ve mekânsal merkezileşmesini de yeniden ele aldığını göstermektedir.

Gıdada Sürdürülebilirliğin kontrol ve devamlılığın sağlanabilmesi için üretimden tüketime olan süreçte küresel akış ve mevsimselliğin, iklimin, gıda sistemlerinin, gıda atığı ve karbon ayak izinin bu çalışmada ekolojik denge esaslı önemi belirtilmiştir. Sadece bu boyutlarla da değil aynı zamanda ekolojik denge için tüketici çevre farkındalığı ve sürdürülebilir gastronomini politikalarında alt tabanda bireyin motivasyonlarında şekillendirici bir öge olduğu çıkarımı yapılmıştır.

Genel olarak, incelenen literatür, sürdürülebilir gastronominin, bütünsel bir sistem yaklaşımının yönlerini, iklim değişikliğinin etkisini, gastronomi turizmini, küresel mutfak etkileşimlerini, yerel ve kısa tedarik zincirlerini, yönetim süreçlerini, tüketici davranışını ve mekânın ticarileştirilmesini ele alan çok düzeyli bir çerçeveyi temsil ettiğini göstermektedir. Bu köklü değişimler yeşil mutfak uygulamalarıyla son zamanlarda yaşanan farkındalıkla desteklenmektedir. Öncelikle, yeme-içme işletmelerinin menülerinde yerel ve mevsimlik ürünlerin kullanımının artırılması, karbon emisyonlarını azaltacak ve yerel üreticileri destekleyecektir. Ayrıca, sürdürülebilir gıda üretim ve tedarik sistemleri geliştirmek, gıda atığının kontrollü bir şekilde en aza indirgenmesi, tedarik zincirlerini kısaltmak ve çevre dostu üretim yöntemlerini teşvik etmek çok önemlidir. Tüketici davranışlarını sürdürülebilir kalkınmaya yönlendirmek de önem taşımaktadır. Bu nedenle, tüketicilerin sürdürülebilir gıda tüketimi konusunda farkındalığını artırmak, çevre bilincini yükseltmek ve sürdürülebilir gastronomi uygulamalarını teşvik etmek gerekmektedir. Dahası, sürdürülebilirlik ve eko-gastronominin gastronomi eğitimi veren kurumların müfredatına daha geniş bir şekilde entegre edilmesi, bu alanda geleceğin profesyonellerini daha derin bir anlayışla hazırlamaya yardımcı olacaktır.

Bu çalışma kapsamında ele alınan ekolojik sürdürülebilir gastronomi yaklaşımı doğrultusunda, gastronomi sektöründe çevresel sürdürülebilirliğin güçlendirilmesi için çeşitli öneriler geliştirilebilir. Fine'ın etnografik analizi, Berry'nin ise kırsal topluluk ve üretim anlayışı, Wei'nin çalışması, gurme turizminin yeşil gelişim ilkeleri doğrultusunda yeniden yapılandırılmasının, sürdürülebilir gastronomi için önem arz eden gastronomi politikalarıdır (Fine, 2003; Wei, 2015; Wiebe, 2023). Bu anlayış ve analizleri yaşama uyarlamamız ekolojik döngü için olumlu sonuçlar kazandırabilmektedir.

KAYNAKÇA

Akar, B., & Ağpak, H. (2025). Gaziantep mutfağının ekolojik yüzü ile karbon ayak izi ve dünya mutfakları ile kıyaslanması. *Toros University Journal of Food, Nutrition and*

Akdağ, G., & Üzülmez, M. (2017). Sürdürülebilir gastronomi turizmi kapsamında otantik yiyeceklere yönelik bir inceleme. *Journal of Tourism & Gastronomy Studies, 5*(Special Issue 2), 301–309.

Alper, F. (2015). Sürdürülebilirlik kavramı içerisinde su ayak izi: Tekstil sektörü örneği [Çevre Bilimleri ve Mühendisliği]. Fen Bilimleri Enstitüsü.

Andaç, A. E., & Tuncel, N. Y. (2023). Sürdürülebilir ve yeni bir "gıda" alternatifi olarak yenilebilir böcekler. *Journal of Advanced Research in Natural and Applied Sciences, 9*(1), 251–267.

Annunziata, A., Agovino, M., & Mariani, A. (2019). Measuring sustainable food consumption: A case study on organic food. *Sustainable Production and Consumption, 17*, 95–107.

Appadurai, A. (1990). Disjuncture and difference in the global cultural economy. *Theory, Culture & Society, 7*(2–3), 295–310.

Balderas-Cejudo, A., Iruretagoyena, M., Alonso, L., Hill, I., & Larson, K. (2025). Gastronomy and beyond: A collaborative initiative for rethinking food's role in society, sustainability, and territory. *International Journal of Gastronomy and Food Science.*

Baran, Z., & Karaca, Ş. (2021). Coğrafi işaretin sürdürülebilir gastronomi turizminde önemi. *Düzce Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi, 11*(2), 253–263.

Barzallo-Neira, C., & Pulido-Fernández, J. I. (2025). The demand for gastronomic tourism: Characterization and tourists' profiles. *Sustainability, 17*(16), 7206.

Benli, H. (2016). Türkiye'de sıcak su üretimi için güneş enerjili su ısıtıcılarının potansiyel uygulaması. *Yenilenebilir ve Sürdürülebilir Enerji İncelemeleri, 54*, 99–109.

Binbaşıoğlu, H. (2020). Akıllı turizm üzerine bibliyometrik bir literatür taraması. *Journal of Tourism & Gastronomy Studies, 8*(4), 2825–2847.

Britton, S. (1991). Tourism, capital, and place: Towards a critical geography of tourism. *Environment and Planning D: Society and Space, 9*(4), 451–478.

Cammarata, M., Timpanaro, G., Incardona, S., La Via, G., & Scuderi, A. (2023). The quantification of carbon footprints in the agri-food sector and future trends for carbon sequestration: A systematic literature review. *Sustainability, 15*(21), 15611.

Clune, S., Crossin, E., & Verghese, K. (2017). Systematic review of greenhouse gas emissions for different fresh food categories. *Journal of Cleaner Production, 140*, 766–783. https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0959652616303584

Coveney, J., & Santich, B. (1997). A question of balance: Nutrition, health and gastronomy. *Appetite, 28*(3), 267–279.

Çokadar, E., & Işık, N. (2023). Yeşil mutfak uygulamaları: Gaziantep örneği. *Journal of Travel and Tourism Research, 23*, 38–64.

Dentoni, D., vd. (2023). Beyond sustainability, toward resilience and regeneration. *International Journal of Sustainable Development & World Ecology.*

Domingo-Carrillo, M. Á., Chávez-Miranda, E., & Escobar-Pérez, B. (2020). Scientific production on revenue management in tourism on Web of Science and Scopus. *Current Issues in Tourism, 23*(7), 880–905.

Doğan, M. (2023a). *Yeşil mutfak, sürdürülebilirlik ve gastronomi.* EFE Akademi Yayınları.

Doğan, M. (2023b). Yeşil mutfak, sürdürülebilirlik ve gastronomi. In *Turizmin gelişiminde gastronomi turizmi* (ss. 126–141). EFE Akademi Yayınları.

Duruz, J. (2010). Four dances of the sea: Cooking "Asian" as embedded cosmopolitanism. *Globalization, food and social identities in the Asia Pacific Region*, 1–19.

Dickinson, J. E., & Peeters, P. (2014). Time, tourism consumption and sustainable development. *International journal of tourism research, 16*(1), 11-21.

Edenbrandt, A. K., & Lagerkvist, C. J. (2022). Consumer perceptions and attitudes towards climate information on food. *Journal of Cleaner Production, 370*, 133441.

Eren, R., Uslu, A., & Aydın, A. (2023). The effect of service quality of green restaurants on green restaurant image and revisit intention. *Sustainability, 15*(7), 5798.

Ermumcu, M. Ş. K., Aloğlu, B., Akdağ, N., & Köroğlu, N. B. (2024). Türkiye beslenme rehberinde yaş gruplarına özgü önerilen menülerin yaşam döngüsü göstergeleriyle incelenmesi: Su ve karbon ayak İzi. *Fenerbahçe University Journal of Health Sciences*, *4*(1), 144-164.

Everingham, P., & Chassagne, N. (2020). Postdisciplinary tourism research and sustainability: Prospects and challenges. *Tourism Geographies, 22*(1), 1–12.

Fernandez, L., Gómez-Martínez, R., & Silva, A. (2025). Short supply chains and sustainable gastronomy: Reducing carbon footprints in food supply. *Journal of Sustainable Food Supply, 12*(1), 78–95.

Fine, G. A. (2003). Towards a peopled ethnography: Developing theory from group life. *Ethnography, 4*(1), 41–60.

Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2015). *Eating from the farm: The social, environmental, and economic benefits of local food systems.* FAO.

FAO. (2022). *The state of food security and nutrition in the world 2022: Repurposing food and agricultural policies to make healthy diets more affordable.* Food and Agriculture Organization of the United Nations.

Galli, A., Wiedmann, T., Ercin, E., Knoblauch, D., Ewing, B., & Giljum, S. (2012). Integrating ecological carbon and water footprint into a "footprint family" of indicators: Definition and role in tracking human pressure on the planet. *Ecological Indicators, 16*, 100–112.

Güleç, H., & Ünlüönen, K. (2022). Çevreye duyarlı mutfak uygulamaları: Ankara yeşil otel restoranları örneği. *Journal of Tourism and Gastronomy Studies, 10*(2), 1226–1251.

Gün, S., & Kılıç, G. D. (2023). Eko gastronomi ve sürdürülebilir gastronomi (Eco gastronomy and sustainable gastronomy). *Journal of Tourism & Gastronomy Studies, 10*(2), 999–1015.

Güneş, E., Yüksel, Ö., Başalp, A., Nizamlıoğlu, H. F., Erçetin, H. K., & Engin, Ç. (2023).

Sürdürülebilir Mutfakta Su Ayak İzi: Örnek Bir Pastane İncelemesi. Uluslararası Türk Dünyası Turizm Araştırmaları Dergisi, 8(2), 150-161. https://doi.org/10.37847/tdtad.1363923

Johnson, T. G. (2016). Local food systems: Definitions and sustainability implications. *Journal of Sustainable Food Systems, 5*(2), 45–59.

Katırcıoğlu, G. (2019). Okul dışı öğrenme ortamlarının 7. sınıf öğrencilerinin geri dönüşüm konusundaki doğa algısı ve bilinç düzeyine etkisi (Yüksek lisans tezi). T.C. Pamukkale Üniversitesi, Matematik ve Fen Bilimleri Eğitimi Anabilim Dalı.

Kurt, Ü., Doğan, Z., & Balan, F. (2017). Kurumlar ve ekolojik sürdürülebilirlik: Gelişmekte olan ülkeler üzerine bir analiz. *Akademia Doğa ve İnsan Bilimleri Dergisi, 3*(1), Art. 1.

Lau, J., Smith, K., & Chen, Y. (2025). Consumer behaviour in green restaurants: Environmental responsibility and revisit intentions. *Sustainability, 17*(8), 4102.

Mariutti, L. R. B., Rebelo, K. S., Bisconsin-Junior, A., de Morais, J. S., Magnani, M., Maldonade, I. R., … & Cazarin, C. B. B. (2021). Sağlığı iyileştirmek ve gıdaya erişimi ve

gıda alımını garanti altına almak için alternatif gıda kaynaklarının kullanımı. *Food Research International, 149*, 110709.

Martinez, S. W., vd. (2010). *Local food systems: Concepts, impacts, and issues*. USDA Economic Research Service.

Mahadevan, K. (2015). Seaweeds: A sustainable food source.

In B. K. Tiwari & D. J. Troy (Eds.), *Seaweed sustainability: Food and non-food applications* (pp. 347–360).

Michelin Guide. (2021). The Michelin Guide and sustainable gastronomy.

Nguyen, H. (2018). Sustainable food systems: Concept and framework. FAO.

Petrini, C. (2015). *Slow food: Why our food should be good, clean, and fair*. Rizzoli.

Pırnar,İ. " *ürdürülebilir restoranlar ve yavaş yemek*", (2012),http://www.yasar.academia .edu/IgePirnar/Papers/824175/Surdurulebilir_restoranlar_ve_yavas_yemek, (Erişim Tarihi 31.06.2012).

Raveloaritiana, E., & Wanger, T. C. (2024). Decades matter: Agricultural diversification increases financial profitability, biodiversity, and ecosystem services over time. *arXiv*.

Roininen, K., Arvola, A., & Lähteenmäki, L. (2006). Exploring consumers' perceptions of local food with two different qualitative techniques: Laddering and word association. *Food Quality and Preference, 17*(1–2), 20–30.

Scarpato, R. (2002). Sustainable gastronomy as a tourist product. In A.-M. Hjalager & G.

Richards (Eds.), *Tourism and gastronomy* (pp. 51–70). Routledge.

Scarpato, R. (2003). Sustainable gastronomy as a tourist product.

In A.-M. Hjalager & G. Richards (Eds.), *Tourism and gastronomy* (pp. 132–152). Routledge.

Smetana, S., Palanisamy, M., Mathys, A., & Heinz, V. (2016). Sustainability of insect use for feed and food: Life Cycle Assessment perspective. *Journal of cleaner production*, *137*, 741-751.

SAYGILI, D., YERLİKAYA, O., & KARAGÖZLÜ, C. (2022). Sürdürülebilir gıda sistemlerinde yeşil mutfak. *SÜRDÜRÜLEBİLİR, 100.*

Sever, Y. (2016). Yeşil mutfak kalitesi ölçüm modeli: Y-MUTKAL (Doktora tezi). Eskişehir Osmangazi Üniversitesi.

Shahhosseini, M., & Khalili Nasr, A. (2024). Yeşil restoranlarda müşteri memnuniyetini hangi özellikler etkiler? Yön tabanlı duygu analizi yaklaşımı. *Seyahat ve Turizm Pazarlaması Dergisi, 41*(4), 472–490.

Şahin, Ü., (2004) "Bir Truva Atı Olarak Sürdürülebilir Kalkınma", Üç Ekoloji Dergisi, 9-30.

Tranfield, D., Denyer, D., & Smart, P. (2003). Towards a methodology for systematic review. *British Journal of Management, 14*(3), 207–222.

Liberati, A., Altman, D. G., Tetzlaff, J., Mulrow, C., Gøtzsche, P. C., Ioannidis, J. P. A., Clarke, M., Devereaux, P. J., Kleijnen, J., & Moher, D. (2009). The PRISMA statement for reporting systematic reviews and meta-analyses of studies that evaluate health care interventions: Explanation and elaboration. Journal of Clinical Epidemiology, 62(10), 1–34.

UNWCED. (1987). *Our common future.* Oxford University Press.

UNWTO. (2010). *International recommendations for tourism statistics 2008.* World Tourism Organization.

https://unstats.un.org/unsd/publication/seriesm/seriesm_83rev1e.pdf

Vukolić, M., Petrović, I., & Đukić, M. (2025). Farm-stay experiences and sustainable gastronomic tourism: Local heritage in rural settings. *International Journal of Gastronomy and Food Science, 24,* 100416.

Wei, Y. G. (2015). The green development of gourmet tourism. *Advance Journal of Food Science and Technology, 8*(8), 546–549.

Wiedmann, T., & Minx, J. (2008). A definition of 'carbon footprint'. In C. C. Pertsova (Ed.), *Ecological economics research trend* (ss. 1–11). Nova Science Publishers.

Wiebe, J. R. (2023). Eating for a human economy: Food politics and pleasures in Wendell Berry's fiction. *ISLE: Interdisciplinary Studies in Literature and Environment, 32*(3), 834–854.

Vieux, F., Darmon, N., Touazi, D., & Soler, L. G. (2012). Greenhouse gas emissions of self-selected individual diets in France: changing the diet structure or consuming less?. *Ecological economics, 75*, 91-101.

Yang, S. Y., Huang, C. E., Mwangi, J. K., Mutuku, J. K., & Chang-Chien, G. P. (2025). Green technology innovations for carbon footprint reduction in the restaurant industry: A systematic review. *Aerosol and Air Quality Research, 25*(8), 42.

Yurtseven, H. R. (2011). Sustainable gastronomic tourism in Gökçeada. *International Journal of Humanities and Social Science, 1*(18), 17–26.

Yurtseven, H. R., & Karakaş, N. (2013). Creating a sustainable gastronomic destination: The case of Cittaslow Gökçeada. *American International Journal of Contemporary Research, 3*(3), 91–100.

Yurtseven, H. R., & Kaya, O. (2010). Eko-gastronomi ve sürdürülebilirlik. In *11. Ulusal Turizm Kongresi Bildiriler Kitabı* (ss. 57–65).

Yüncü, H. R. (2010). Sürdürülebilir turizm açısından gastronomi turizmi ve Perşembe Yaylası. *10. Aybastı-Kabataş Kurultayı, 11*, 27–34.

Zolfani, S. H., Sedaghat, M., Maknoon, R., & Zavadskas, E. K. (2015). Sustainable tourism: a comprehensive literature review on frameworks and applications. Economic research-Ekonomska istraživanja, 28(1), 1-30.

Food Made Good. (n.d.). *Food Made Good

CRIMINAL-LEGAL ASPECTS OF A SHIP CAPTAIN'S FAILURE TO RENDER ASSISTANCE TO PERSONS IN DISTRESS

PhD candidate Vugar GADIMOV

Baku State University, Law faculty, Department of Criminal Law and Criminology

ORCID ID: https://orcid.org/0000-0002-7324-7050

ABSTRACT

The issue of a ship captain's criminal liability for failure to help persons in distress remains highly relevant in modern maritime law. This study examines the criminal-law aspects of such liability through the prism of international maritime conventions and the positive experience of foreign criminal legislation. The purpose of the research is to provide a criminal-law assessment of the captain's omission and to identify key legal approaches to responsibility in this field.

The study is based primarily on the Criminal Code of the Republic of Azerbaijan. It also examines existing international maritime law conventions, as well experiences of criminal legislation in CIS countries, the Organization of Turkic States, the European Union, and selected Eastern Partnership states. Historical, comparative-legal, and analysis-synthesis methods will be applied to assess the criminal-law aspects of a ship captain's failure to render assistance to persons in distress.

As a result of the study, the limits of a ship captain's criminal liability, as well as the objective and subjective elements of the offense, and its characteristic features, will be analysed in depth.

The study demonstrates that a ship captain's failure to render assistance to persons in distress is a complex criminal-law issue, shaped by both national legislation and international maritime conventions. Comparative analysis shows positive practices from CIS countries, the Organization of Turkic States, the European Union, and selected Eastern Partnership states, which can guide the development of Azerbaijan's legal framework. The research concludes that clear legal definitions of the captain's duties and liability, as well as harmonization with international standards, are essential for ensuring accountability and protecting human life at sea.

Keywords: maritime criminal law, international maritime conventions, criminal responsibility

INTRODUCTION

The criminal-law regulation of a ship captain's failure to render assistance to persons in distress expresses a norm situated at the intersection of maritime safety law and criminal law doctrine. In the context of modern navigation, at a time when maritime transport constitutes one of the principal components of the global trade and communication system, the failure to assist persons endangered at sea falls not only within the scope of international maritime law but also within the subject matter of criminal law.

The international legal foundations of the captain's duty to render assistance to persons in distress are firmly enshrined in the instruments of the law of the sea. In particular, pursuant to Article 98(1) of the United Nations Convention on the Law of the Sea (UNCLOS), every State shall require the master of a ship flying its flag, insofar as he can do so without serious danger

to the ship, the crew, or the passengers, to render assistance to any person found at sea in danger of being lost (Churchill, 1999).

Within the national legal system of the Republic of Azerbaijan, this obligation is safeguarded by Article 269 of the Criminal Code, liability for failure to render assistance to persons in danger. The criminalization of such omission by the captain is aimed at preventing situations where, despite the receipt of an SOS signal or the identification of persons in distress whether on the captain's own vessel or on another ship and where there exists a real and feasible opportunity to render assistance without creating serious danger, assistance is nevertheless not provided. Accordingly, the principal direct object of the offence consists of the social relations ensuring maritime safety, while the additional object comprises the social relations concerning the protection of the life and health of persons in danger (Samandarov, 2018).

In this regard, the study will analyze the relevant provisions of the domestic legislation of the Republic of Azerbaijan concerning this offence from a criminal-law perspective, examine its foundations in international law, and, through a comparative assessment of the criminal legislation of certain foreign States, identify general approaches, distinctions, and in the field of criminal-law protection of the duty to render assistance at sea.

MAIN PROVISIONS

The regulation of the criminal liability of a ship captain for failure to render assistance to persons in distress at sea must be analyzed within the broader system of international maritime law, transnational humanitarian obligations, and the functional logic of criminal responsibility arising from omission. By its very nature, maritime navigation characterized by its international dimension and exposure to significant risks requires a coherent and predictable normative mechanism capable of ensuring an effective response to emergencies (Attard, 2014). Among the various duties entrusted to ship captains, the obligation to render assistance possesses particular normative significance, as it is directly aimed at safeguarding human life in situations of immediate danger.

The international legal foundation of this obligation is primarily enshrined in Article 98 of the 1982 United Nations Convention on the Law of the Sea (UNCLOS). Pursuant to this provision, every State shall require the master of a ship flying its flag, insofar as he can do so without serious danger to the ship, the crew, or the passengers, to:

– (a) render assistance to any person found at sea in danger of being lost;

– (b) proceed with all possible speed to the rescue of persons in distress upon receiving information indicating the need for assistance, to the extent that such action may reasonably be expected of him; and

– (c) after a collision, render assistance to the other ship, its crew and passengers and, where possible, inform the other ship of the name of his own vessel, its port of registry, and the nearest port at which it will call.

Under paragraph 2 of the same Article, every coastal State is required to promote the establishment, operation, and maintenance of an adequate and effective search and rescue service regarding safety on and over the sea and, where circumstances so require, to cooperate with neighbouring States for this purpose through mutual regional arrangements. This provision constitutes the codification of a long-established rule of customary international law and reflects

a universal consensus on the protection of life at sea through mandatory cooperation (Tanaka, 2019).

The formulation of the norm demonstrates a balanced legal construction: the obligation is imperative in nature, yet limited by the condition of acting "without serious danger," thereby incorporating the principle of proportionality. This limitation prevents the rescue duty from resulting in the unreasonable exposure of additional human lives to risk and ensures a rational allocation of risks.

The normative content of Article 98 is further concretized in Regulation V/33 of the International Convention for the Safety of Life at Sea (SOLAS). This provision requires ship masters, upon receiving information from any source that persons are in distress at sea, to proceed with all possible speed to their assistance, thereby eliminating uncertainty concerning the origin of the distress signal. The inclusion of the phrase "from any source" broadens the scope of application and ensures the possibility of an emergence response even in the absence of a formal distress signal. This approach strengthens the preventive dimension of maritime safety and reduces the likelihood of avoidable loss of life (Rothwell, 2015).

Furthermore, the 1979 International Convention on Maritime Search and Rescue (SAR) establishes an institutionalized coordination mechanism among States for the organization and conduct of search and rescue operations. The SAR framework integrates the obligations incumbent upon individual ship captains into a structured system of international cooperation, thereby enhancing the effectiveness of rescue measures (Molenaar, 1998).

Taken together, these instruments form a unified tripartite legal regime: a substantive obligation (UNCLOS), an operational implementation mechanism (SOLAS), and an institutional coordination framework (SAR). This integrated structure demonstrates that the duty to render assistance is not an isolated norm, but rather a constituent element of a comprehensive international legal architecture (Tetley, 2002).

Under the national legal framework, the obligation of a ship's master to render assistance in situations of maritime distress is firmly established. Article 50 of the Merchant Shipping Code of the Republic of Azerbaijan imposes a statutory duty on the captain to provide aid to any person found in danger at sea, provided that such action does not create serious risk to the vessel or to individuals on board. This norm reflects the fundamental principle of solidarity and mutual assistance that underpins maritime navigation. Furthermore, the Code expressly links the breach of this duty to criminal responsibility, thereby elevating the obligation from a purely regulatory requirement to a legally enforceable command.

This duty is criminalised in Article 269 of the Criminal Code of the Republic of Azerbaijan. The provision establishes liability for a ship's master who, despite having the opportunity to assist persons in distress on sea or other navigable waters, fails to do so without exposing the vessel, crew, or passengers to serious danger (Aghayev, 2010). The offence thus operationalises the domestic implementation of widely recognised international maritime standards concerning distress response and rescue obligations.

The protective scope of the provision is twofold. On the primary level, it safeguards the safety and reliability of maritime navigation as a system of public order. On the secondary level, it protects life and bodily physical integrity of individuals who find themselves in peril. In this sense, the offence embodies both collective and individual interests, reflecting the dual function of maritime criminal regulation.

From an objective standpoint, the crime is committed through omission. Liability arises not from any active conduct, but from the failure to perform a legally mandated act. However,

criminal omission presupposes the existence of a concrete legal duty and a real capacity to act (Robinson, 1984). Accordingly, the assessment of responsibility requires verification of two cumulative elements:

– (1) the presence of a distress situation duly identified by the master (including receipt of a distress signal or direct observation of persons in danger), and

– (2) the practical possibility of rendering assistance under conditions that do not create serious risk to the vessel or persons on board (Samadova, 2020).

The notion of "real possibility" must be interpreted in an objective and contextual manner. Relevant factors include meteorological conditions, navigational circumstances, technical characteristics of the vessel, distance from the scene of distress, available resources, and overall safety considerations. The evaluation should not be influenced by subjective preferences, commercial interests, contractual obligations, or economic considerations. In particular, potential financial losses, cargo damage, delays, or reputational consequences cannot serve as lawful grounds for refusing assistance.

At the same time, the law recognises a justified limitation. Where rendering aid would create a genuine and substantial threat to human life or physical safety aboard the assisting vessel, the duty may be lawfully restricted. This exception must be interpreted narrowly, consistent with the overarching priority accorded to human life in both domestic and international legal systems. The balance struck by the legislator reflects the principle that property interests cannot outweigh fundamental human rights in emergency contexts (Ashworth, 2016).

The offence is characterised by a special subject. Only a ship's master, or another person exercising equivalent command authority, may incur liability under this provision. The master occupies a legally defined position of responsibility, entrusted with navigational control and decision-making authority, particularly in emergency situations. This hierarchical role justifies heightened accountability, as the master is not merely an operational manager but also the primary guarantor of safety on board.

Subjectively, the offence requires intent. The master must be aware of the existence of a distress situation and consciously choose not to provide assistance. Both direct intent where assistance is deliberately refused and indirect intent where the consequences are foreseen and accepted satisfy the mental element. This distinguishes the offence from negligent non-performance and underscores its deliberate character (Simester, 2019). The presence of intent also reflects the moral gravity attributed to failure to act in life-threatening maritime circumstances.

Comparative analysis reveals that although certain offences in the Criminal Code similarly involve omission, their legal structures differ significantly. Some provisions addressing endangerment may rely on negligence as the form of guilt, whereas Article 269 presupposes intentional conduct. Moreover, the nature of the protected interests varies. While certain offences primarily address public safety or transport regulation, the core value underlying Article 269 is the protection of human life in emergency conditions.

From a systematic perspective, the classification of this offence within the chapter concerning transport safety may invite doctrinal discussion. Although the maritime context is evident, the substantive essence of the provision resembles a specialised form of life-endangering omission (Sanchez, 2008). The offence shares conceptual proximity with crimes against the person, particularly those structured around failure to act in situations involving imminent danger. This structural similarity raises interpretative questions regarding optimal codification and internal coherence of the Criminal Code.

Comparative analysis confirms that many European legal systems regulate failure to render assistance as a general humanitarian offence. In Germany, § 323c of the Strafgesetzbuch imposes liability for failure to provide assistance in cases of accident or common danger, subject to the requirement that assistance is reasonable. In France, Article 223-6 of the Code pénal criminalises omission of assistance when it can be rendered without risk. In Italy, Article 593 of the Codice Penale establishes similar liability. In Spain, Article 195 of the Código Penal likewise penalises non-assistance under conditions of manifest peril. These provisions share common structural elements: conditional obligation, proportional risk assessment, and protection of life and health as the primary legal value (Papastavridis, 2014).

The comparative findings demonstrate convergence between Azerbaijani law and European standards regarding substantive content, even if systematic classification differs. This alignment reflects the universal character of maritime humanitarian obligations and the harmonising influence of international treaties (Treves, 2010).

In France, criminal liability for failure to assist a person in danger is established under Article 223-6 of the Code pénal. This provision criminalises the omission to assist a person facing serious and imminent danger where assistance can be rendered without risk to the rescuer or third parties. The norm is general in scope and applies irrespective of the environment in which the danger arises, including maritime situations. In addition, the Code des transports incorporates France's obligations under international maritime conventions and imposes a specific duty upon shipmasters to render assistance at sea. Thus, French law combines a general criminal omission offence with sector-specific maritime obligations.

In Germany, § 323c of the Strafgesetzbuch (Unterlassene Hilfeleistung) establishes criminal liability for failure to render assistance in cases of accident or common danger, provided that such assistance is reasonable ("zumutbar") and does not expose the rescuer to substantial risk. The German doctrine further recognises that certain individuals occupy a legally defined guarantor position (Garantenstellung), which intensifies their duty to act. A ship captain, by virtue of command authority and statutory responsibilities under maritime law, is considered to hold such a guarantor position. Germany's maritime regulatory framework, implementing obligations under UNCLOS and SOLAS, further reinforces the captain's duty to rescue.

In Türkiye, Article 98 of the Türk Ceza Kanunu criminalises failure to provide assistance or notify authorities when a person is in immediate danger. This provision is general and applies across contexts, including maritime situations. Complementarily, the Türk Ticaret Kanunu contains specific maritime provisions obliging shipmasters to render assistance to persons in distress at sea. Accordingly, Turkish law adopts a dual model: a general criminal offence supported by sector-specific maritime regulation.

In Georgia, Article 127 of the Criminal Code of Georgia criminalises leaving a person in danger where assistance could be provided. The Maritime Code of Georgia further establishes the master's duty to render assistance consistent with international maritime conventions. Georgian law therefore addresses the issue primarily through a general omission offence, supplemented by maritime-specific statutory obligations.

In the Republic of Moldova, Article 163 of the Criminal Code of Moldova (Lăsarea în primejdie) penalises leaving a person in a life-threatening situation without assistance when help could be provided without danger. Maritime legislation implementing international obligations complements this provision by affirming the captain's rescue duty. Moldova thus follows the general omission model reinforced by maritime law.

In Ukraine, Article 135 of the Criminal Code of Ukraine criminalises leaving a person in danger. The Merchant Shipping Code of Ukraine explicitly imposes upon the shipmaster the duty to

render assistance to persons in distress at sea. Ukrainian law, therefore, reflects a combined structure: general criminal liability supported by a specialised maritime obligation.

In the Netherlands, Article 450 of the Wetboek van Strafrecht establishes liability for failure to render assistance where help can be given without serious danger. The Scheepvaartwet implements international maritime conventions and codifies the master's duty to assist persons in distress. The Dutch approach similarly integrates a general humanitarian offence with maritime-specific duties.

In Spain, Article 195 of the Código Penal criminalises omission to assist a person in manifest and serious danger when assistance can be provided without risk. Additionally, the Ley de Navegación Marítima codifies the shipmaster's obligation to render assistance in accordance with international maritime law. Spain thus follows the predominant European model combining general criminal omission with maritime regulatory reinforcement.

From a comparative perspective, several conclusions emerge. First, all examined jurisdictions recognise criminal liability for failure to render assistance. Second, most European systems regulate the matter through a general omission offence applicable in all danger situations, including maritime contexts. Third, maritime legislation in each state implements international obligations derived from Article 98 of the United Nations Convention on the Law of the Sea and Regulation V/33 of the International Convention for the Safety of Life at Sea, thereby establishing a specific statutory duty for shipmasters (Guilfoyle, 2010).

Compared to these models, the Azerbaijani approach which criminalises the ship captain's failure to render assistance through a specific provision (Article 269 of the Criminal Code of the Republic of Azerbaijan) represents a sector-specific criminalisation rather than reliance solely on a general omission norm. While substantively aligned with European standards, Azerbaijan's legislative technique differs in structural design, emphasising the special status and heightened responsibility of the shipmaster as a distinct criminal subject.

Although the criminal charges in this case were not based on failure to render assistance, the ensuing judicial process and ultimate legal decision are highly instructive for the principle under examination. In January 2020, Italy's Supreme Court ruled that Captain Rackete's arrest was unlawful, emphasising that her entry into Italian waters was justified by the imperative to protect human lives she had rescued and that humanitarian assistance at sea cannot be penalised when it arises directly from internationally recognised obligations. The court found that the actions taken by the captain were consistent with the legal duty to protect human life and that criminal sanctions were therefore inappropriate under the circumstances (Mogiani, 2020).

This case illustrates several key points relevant to the criminal-legal analysis of failure to render assistance:

– It demonstrates how domestic legal systems may conflict with international humanitarian obligations when rescue operations intersect with immigration or security regulations.

– Judicial assessment may prioritise the duty to save life over statutory restrictions when evidence shows that assistance was undertaken in good faith and without jeopardy to the assisting vessel.

– The legal exoneration of a captain who acted to rescue persons in distress reinforces the normative hierarchy that places human life above technical regulatory compliance, a hierarchy reflected in UNCLOS and SOLAS obligations but interpreted through domestic criminal procedure.

Thus, even when a captain's conduct is challenged at the national level, courts may resort to systemic interpretation to reconcile domestic law with binding international obligations concerning rescue at sea (McLaughlin, 2011). Such judicial reasoning is relevant when considering how failure to render assistance may be treated by domestic criminal law both in terms of liability and potential defences grounded in internationally protected humanitarian imperatives.

CONCLUSION

The analysis confirms that the duty of a ship captain to render assistance at sea constitutes a binding international legal obligation grounded in UNCLOS, SOLAS, and SAR, reflecting the humanitarian principle that the protection of human life prevails over commercial or operational interests. Comparative examination of European criminal legislation demonstrates substantial convergence in treating failure to render assistance as a conditional offence of criminal omission, limited by the absence of serious risk to the rescuer.

In the Republic of Azerbaijan, Article 269 of the Criminal Code implements these international commitments through a sector-specific model, recognising the special legal status and heightened responsibility of the shipmaster. While substantively consistent with European standards, the provision raises doctrinal questions regarding its systematic placement and the precision of key evaluative criteria such as "serious danger" and the "real possibility" of providing assistance.

In light of the foregoing, we consider that criminal liability for this offence should be considered. In particular, it is deemed appropriate to provide for the possibility of imposing an additional punishment deprivation of the right to hold certain positions or engage in certain activities by expressly stipulating in the sanction of the relevant article the wording "with or without application" of this penalty, thereby drawing the court's attention to its potential relevance in sentencing. Such legislative clarification would enhance individualised punishment and reinforce preventive objectives.

Furthermore, from a systematic perspective, we are of the opinion that this offence should be relocated to the section of offences against the person, specifically within the chapter concerning crimes against life and health. Given that the primary protected legal interest is human life and physical integrity, such reclassification would ensure greater doctrinal coherence and better reflect the substantive nature of the protected values.

Overall, the criminal-legal regulation of a ship captain's failure to render assistance exemplifies the intersection of international maritime obligations and domestic criminal policy. Strengthening its sanctioning framework and refining its systematic placement would contribute to enhanced legal certainty, improved normative coherence, and more effective protection of human life at sea.

REFERENCES

Aghayev I.B. Criminal Law of the Republic of Azerbaijan. General and Special Parts. Textbook. Baku: Nurlar, 2010. (Ağayev İ.B. Azərbaycan Respublikasının Cinayət hüququ. Ümumi və Xüsusi Hissələr. Dərslik. Bakı: Nurlar, 2010)

Ashworth A. Principles of Criminal Law. 8th ed. Oxford: Oxford University Press; 2016.

Attard DJ, Fitzmaurice M, Martinez N, eds. The IMLI Manual on International Maritime Law, Volume I: The Law of the Sea. Oxford: Oxford University Press; 2014.

Churchill RR, Lowe AV, Sander C. The Law of the Sea. 3rd ed. Manchester: Manchester University Press; 1999.

Guilfoyle D. The high seas rescue regime and its interaction with human rights law. International and Comparative Law Quarterly. 2010.

McLaughlin R. Search and rescue obligations and cooperation in maritime zones. International Journal of Marine and Coastal Law. 2011.

Mogiani M. Analysis of media articles on the Sea Watch Case: Facts and controversial issues. Affiliation: University of Vienna. 2020

Molenaar EJ. Coastal State Jurisdiction over Vessel-Source Pollution. The Hague: Kluwer Law International; 1998.

Papastavridis E. The duty to render assistance at sea and its interpretation under UNCLOS. Journal of Maritime Law and Commerce. 2014.

Robinson P.H. Criminal Liability for Omissions – A Brief Summary and Critique of the Law in the United States. New York Law School Law Review. 1984

Rothwell DR, Elferink AOE, Scott KN, Stephens T, eds. The Oxford Handbook of the Law of the Sea. Oxford: Oxford University Press; 2015.

Samandarov F.Y. Criminal Law. General Part. Baku: Hüquq Yayın Evi, 2018. 724 p. (Səməndərov F.Y. Cinayət hüququ. Ümumi hissə. Bakı: Hüquq Yayın Evi, 2018)

Samedova Sh.T. Criminal Law of the Republic of Azerbaijan. Special Part: in two volumes. Baku: Adiloghlu, 2020. (Самедова Ш.Т. Уголовное право Азербайджанской Республики. Особенная часть: в двух частях. Баку: Адильоглы, 2020)

Sanchez J-M.S. Criminal Omissions: Some Relevant Distinctions. New Criminal Law Review. 2008

Simester AP, Sullivan GR. Criminal Law: Theory and Doctrine. 6th ed. Oxford: Hart Publishing; 2019.

Tanaka Y. The International Law of the Sea. 3rd ed. Cambridge: Cambridge University Press; 2019.

Tetley W. International Maritime and Admiralty Law. Cowansville: Editions Yvon Blais; 2002.

Treves T. Human rights and the law of the sea. Berkeley Journal of International Law. 2010

Criminal Code of France [Electronic resource].
URL: https://www.wipo.int/wipolex/en/legislation/details/23231

Criminal Code of Georgia [Electronic resource].
URL: https://matsne.gov.ge/en/document/view/16426

Criminal Code of Germany [Electronic resource].
URL: https://www.gesetze-im-internet.de/englisch_stgb/englisch_stgb.html

Criminal Code of Moldova [Electronic resource].
URL: https://legislationline.org/sites/default/files/2025-03/MDA-64897.pdf

Criminal Code of Spain [Electronic resource].
URL: https://documents.law.yale.edu/sites/default/files/criminal_code_spain.pdf

Criminal Code of the Netherlands [Electronic resource].
URL: https://antislaverylaw.ac.uk/wp-content/uploads/2019/08/Netherlands-Criminal-Code.pdf

Criminal Code of the Republic of Azerbaijan [Electronic resource].
URL: https://natlex.ilo.org/dyn/natlex2/natlex2/files/download/64893/AZE-64893.pdf

Criminal Code of Türkiye [Electronic resource].
URL: https://www.refworld.org/legal/legislation/natlegbod/2004/en/74104

Merchant Shipping Code of the Republic of Azerbaijan [Electronic resource].
URL: https://natlex.ilo.org/dyn/natlex2/natlex2/files/download/89953/AZE-89953.pdf
International Convention on Maritime Search and Rescue (SAR) [Electronic resource].
URL:https://digitallibrary.un.org/record/417074?ln=en
United Nations Convention on the Law of the Sea (UNCLOS) [Electronic resource].
URL: https://www.un.org/depts/los/convention_agreements/texts/unclos/unclos_e.pdf
Regulation V/33 of the International Convention for the Safety of Life at Sea (SOLAS) [Electronic resource].
URL: https://nmsa.gov.pg/wp-content/uploads/2016/11/SOLAS-Regulation-33-Distress-Situations-Obligations-and-procedures.pdf

THE ROLE OF CUSTOMER INTERACTION IN CUSTOMER RELATIONSHIP MANAGEMENT: A BIBLIOMETRIC ANALYSIS ON SOCIAL MEDIA AND THE FOOD AND BEVERAGE INDUSTRY

MÜŞTERİ İLİŞKİLERİ YÖNETİMİNDE MÜŞTERİ ETKİLEŞİMİNİN ROLÜ: SOSYAL MEDYA VE YİYECEK-İÇECEK SEKTÖRÜ ÜZERİNE BİBLİYOMETRİK BİR ANALİZ

Gülşahi GÜLER

Ordu Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Yüksek Lisans Öğrencisi,

Prof. Dr. Cavit YAVUZ

Ordu Üniversitesi, Turizm Fakültesi

Özet

Çalışmada, müşteri ilişkileri yönetiminde müşteri etkileşiminin önemi konusu adı altında Scopus veri tabanından yararlanılarak ‘müşteri ilişkileri yönetimi’, ‘sosyal medya’, ‘müşteri iletişimi’, ‘müşteri etkileşimi’, tarama terimleriyle 2011-2026 yılları arasında yazılmış olan çalışmaların belirli parametreler çerçevesinde bibliyometrik analiz yöntemiyle incelenmesi amaçlanmıştır. Araştırma kapsamında Scopus veri tabanı üzerinden yapılan taramada 116 adet çalışma elde edilmiştir. Bu verilerden yiyecek içecek sektörüyle ilgili olanları ele alarak tam 91 adet makale incelenmiştir. Çalışmada Biblioshiny, Bibliometrix programının analiz etme, anlamlandırma ve verileri haritalama gibi özelliklerde kullanılmıştır. Yıllık bilimsel üretim, yıllık ortalama makale alıntısı, en çok alıntı yapılan ülkeler, en çok küresel atıf alan çalışmalar, en ilgili kurumlar, en üretken yazarlar, yazarların ülkelere göre dağılımı, en çok yayın yapılan kaynaklar, anahtar kelime bulutu gibi birçok veri elde edilmiştir. Analizlere göre en fazla atıf alan ülkeler ABD, Avustralya ve Finlandiya olarak izlenmektedir. Analiz sonuçlarında 218 yazar bulunsa da en üretken yazarlar Harrigan P, Sims JD ve Yoon olarak sıralanmaktadır. Yıllık ortalama makale alıntısı 2011, 2020, 2022, 2025 yıllarında yüksek ivmeler kazandığı ama süre içerisinde inişler de yaşandığı görülmektedir. Yönetimiedya, müşteri ilişkileri yönetimi, müşteri etkileşimi, müşteri iletişimi ile ilgili olan yayınlarda en fazla kullanılan anahtar kelimeler; müşteri etkileşimi, sosyal medya ve müşteri ilişkileri yönetimi (CRM) olmuştur. Bu analizler sonucunda çalışmanın, yiyecek içecek sektöründe müşteriyle doğru iletişimin işletmelere olan müşteri sadakati ve işletmenin sürdürülebilirliği arasındaki bağlantıyı anlamlandırmak adına literatüre yol gösterici olması beklenmektedir.

Anahtar kelimler: Müşteri ilişkileri yönetimi, müşteri etkileşimi, müşteri iletişimi, sosyal medya

ABSTRACT

This study aims to examine the importance of customer engagement within the scope of customer relationship management through a comprehensive bibliometric analysis. In the research, studies published between 2011 and 2026 were retrieved from the Scopus database

using the keywords “customer relationship management,” “social media,” “customer communication,” and “customer engagement.” Among the 116 studies obtained, 91 articles directly related to the food and beverage sector were included in the analysis.

In the data analysis process, Biblioshiny, an interface of the Bibliometrix package, was utilized for analyzing, interpreting, and mapping the data. As a result of the analysis, various bibliometric indicators were obtained, including annual scientific production, average annual citations, the most cited countries, the most globally cited studies, the most relevant institutions, the most productive authors, the distribution of authors by country, the most preferred publication sources, and keyword clouds.

According to the findings, the countries with the highest number of citations were identified as the United States, Australia, and Finland. Although a total of 218 authors were included in the dataset, the most productive authors were Harrigan P., Sims J.D., and Yoon. It was observed that the average annual citations showed significant increases in the years 2011, 2020, 2022, and 2025, although fluctuations were also present over time. The most frequently used keywords in the analyzed studies were “customer engagement,” “social media,” and “customer relationship management (CRM).”

As a result, this study is expected to contribute to the literature by providing insights into the relationship between effective customer communication, customer loyalty, and business sustainability in the food and beverage sector.

Keywords: Customer relationship management, customer engagement, customer communication, social media

Giriş

Küreselleşme ile hız kazanan dijitalleşme ve artan rekabet koşulları, işletmeleri müşteri odaklı pazarlama stratejileri geliştirmeye yönlendirmiştir (Kotler, Kartajaya, & Setiawan,2017). Özellikle hizmet sektöründe faaliyet gösteren işletmeler için müşteri ile karşılıklı olarak kurulan ilişkiler, sadece satış esnasında değil sonrasında işletmede müşteri sadakatini yakalayıp uzun zamanlı bir değer kazanma politikasının temelidir. Bu yüzden müşteri ilişkileri yönetiminde işletme ve müşteri arasındaki etkileşimi sürdürebilir kılmak stratejik anlamda önemli bir yere sahiptir.

Müşteri ilişkileri yönetimi anlayışıyla müşteri etkileşimi kavramının önemli bir hale gelmesinin temel nedenlerinden biri de müşterilerin pasif alıcılardan aktif katılımcılar haline gelmesidir. Hizmet sektöründe dijitalleşme ile işletmelerin müşteriyle kurduğu ilişkiler geleneksel yapının ötesine geçerek daha etkileşim odaklı bir yapıya dönüşmüş ve iletişimin niteliği önemli ölçüde değişmiştir (Lemon & Verhoef, 2016). Bu da işletmelerin pozitif yönde rekabet üstünlüğünü arttırarak pazarda işletmeyi avantajlı hale getirir. Müşteri etkileşiminin, müşterilerin işletmeyle kurduğu duygusal ve davranışsal bağları güçlendirerek müşteri sadakati, müşteri memnuniyeti ve müşterinin tekrar satın alma davranışında belirleyici bir rolü vardır.

Teknolojinin küreselleşmesiyle birlikte artan sosyal medya platformlarının hizmet sektöründe müşteri ile etkileşim kurarak iletişim halinde olmanın yaygın araçlarından biri haline gelmiştir. Sosyal medya işletme ve müşteri arasında doğrudan ve kısa sürede etkileşime yardımda bulunan bir köprü olarak müşteri deneyimini şeffaf ve güvenilir bir şekilde tecrübe paylaşımına destek verdiği için müşteri sadakati ve Pazar rekabetinde işletmeye önem kazandırır.

Yiyecek içecek sektörü, müşteri deneyiminin belirleyici olduğu ve müşteri memnuniyetinin sunulan hizmet kalitesi, fiziksel ortam ve süreçleri ile doğrudan ilişkili olduğu sektörlerden

biridir (Ryu & Han, 2010; Namkung & Jang, 2007). Bu yüzden müşterilerin deneyimlerini olumlu ya da olumsuz sosyal medyada paylaşmış olmaları, diğer hizmet alma isteğinde olan insanların satın alma davranışı doğrudan etkiler. Özellikle restoran işletmeleri açısından müşteri yorumları, geri bildirimleri, değerlendirmeleri, işletme imajı ve tercih edilebilirliği kısmında önemli bir payı vardır. Bundan dolayı sosyal medyadan müşteriyle doğrudan kurulan etkileşim, yiyecek içecek sektörü pazarında rekabet avantajı sağlamak adına önemli bir araç haline gelmiştir.

Bu çalışmanın amacı, müşteri ilişkileri yönetiminde müşteri etkileşiminin önemini sosyal medya ve yiyecek içecek sektörü kapsamında ele alınan akademik çalışmaların bibliyometrik analiz yöntemiyle incelenmesidir.

Kavramsal Çerçeve

Müşteri ilişkileri yönetimi işletmelerin müşteriyle uzun vadeli, sürdürülebilir ve karşılıklı değer algısı oluşturarak müşteri işletme ilişkisi kurmayı hedefleyen stratejik bir pazarlama ve yönetim anlayışıdır. CRM, müşteri verilerinin toplanması, analiz edilmesi ve bu veriler doğrultusunda müşteri odaklı stratejilerin geliştirilmesini kapsayan bütüncül bir süreçtir (Payne & Frow, 2005). Bu yaklaşım, müşteri ihtiyaçlarının daha iyi anlaşılmasını sağlayarak müşteri memnuniyeti ve sadakatinin arttırılmasına katkıda bulunmaktadır (Buttle & Maklan, 2019).

Geleneksel CRM anlayışı operasyonel süreçlere ve veri yönetimi üzerinde dururken teknolojinin getirdiği dijitalleşmenin işletmelerde yer edinmesiyle birlikte işletmelerin müşteriye sadece işlem odaklı değil ilişki odaklı yaklaşmış haline dönüşerek işletme ve müşteri arasındaki doğrudan etkileşimi zorunlu hale getirmiştir.

Müşteri etkileşimi, müşterilerin bir marka, imaj tanıtımı veya işletme ile kurduğu bilişsel, duygusal ve davranışsal bağları ifade eden çok boyutlu bir kavramdır. Bu kavram müşterinin pasif bir tüketici olmanın ötesine geçerek marka ile aktif bir ilişki kurmasını ve bu ilişkiye katılım göstermesini içermektedir (Vivek et al.,2012). Müşteri etkileşiminin yüksek olduğu durumlarda, müşterilerin işletmeye olan bağlılıklarının arttığı, tekrar satın alma davranışı sergilediklerine olumlu ağızdan ağıza iletişimde bulundukları görülmektedir (Hollebeek, 2011). Bundan dolayı hizmet sektöründe müşteri ile kurulan etkileşimin kalitesi, algılanan hizmet kalitesinin önemli bir belirleyicisi olup müşteri etkileşiminin, müşteri sadakati, müşteri memnuniyeti ve işletmenin pazardaki sürdürülebilirliği açısından belirleyici bir rolü vardır.

Teknolojinin gelişmesiyle doğru orantıda gücünü arttıran sosyal medya işletmelerin müşteriyle etkileşim kurmasında önemli bir araç haline gelmiştir. Sosyal medya platformları kullanıcıların içerik üretmesine, deneyimlerini paylaşmasına ve işletmelerle doğrudan iletişim kurmasına olanak sağlayarak çift yönlü ve etkileşimli bir iletişim ortamı sunmaktadır (Kaplan &Haenlein, 2010). Sosyal medyanın artan gücü ve kullanıcı sayısıyla birlikte hızlı gelen geri dönüşler sayesinde müşterilerle doğrudan kurulan iletişim müşteri memnuniyeti ve müşterinin işletmeye olan bağlılığını olumlu yönde arttırmaktadır.

Yiyecek içecek sektörü doğrudan müşteri deneyimi ve hizmet kalitesinin ön planda olduğu bu yüzden de müşteri etkileşiminin kritik bir rol haline geldiği sektörlerden bir tanesidir. Bu sektörde sunulan hizmetlerin soyut niteliği, tüketicilerin karar verme sürecinde diğer müşterilerin deneyimlerine daha fazla önem vermesine neden olmaktadır (Ryu & Han, 2010). Özellikle sosyal medya ve çevrimiçi değerlendirme platformlarında paylaşılan müşteri yorumları ve deneyimleri, potansiyel müşterilerin satın alma kararını doğrudan etkileyebilmektedir (Kim et al.,2016). Çevrimiçi değerlendirme platformları ve sosyal medya aracılığıyla yapılan etkileşimler tamamen şeffaf ve deneyimlere dayalı olduğundan dolayı bir işletmeye karşı yapılan olumsuz herhangi bir yorumun sonradan işletme tarafından iletişime geçilip müşteri değeri gözüyle düzeltilmeye çalışılması ne kadar yararlı ve karşılıklı değeri

arttırdığını gösterip olumlu yöne çevirse de, yapılan olumsuz yorum veya değerlendirmeye işletme özelinden olumlu ya da olumsuz hiçbir geri dönüş alınamamış olması da müşteri gözünde ve hizmet pazarında işletme değerini olumsuz yönde etkilemektedir. İşletmelerin sosyal medyayı etkili ve işlevsel kullanabiliyor olması potansiyel müşterileri işletme bünyesine kazandırıp rekabet pazarında işletme lehinde olumlu sonuçlar doğurur.

Bütün bu kavramsal çerçeve ele alındığında, müşteri ilişkileri yönetimi, müşteri sadakati kazanarak uzun vadeli ilişkilerle, aralarında güven ve çift yönlü değer duyguları uyandırmayı hedefleyen stratejik bir yapı sunarken, müşteri etkileşimi bu ilişkinin kalitesini birbirlerine bağlılıkla birlikte bütüncül kalıcı ve sağlam bir temel oluşturmayı hedeflemektedir. Sosyal medya ise bu iletişimi etkileşimle destekleyen ve güçlü temeller üzerine atılmasına yardım eden önemli bir yapı taşıdır. İşletmelerin müşterilerle hızlı, doğrudan, etkili ve şeffaf iletişim kurmasını sağlar. Özellikle yiyecek içecek sektöründe müşteri deneyimlerinin paylaşılabilir ve görünür olması, işletimlerin geri dönüş alarak kendi bünyesine katması gereken ve çıkarılması gereken yönlerini birçok müşteri üzerinden görüp ona göre bir hıza belirleyebilmesi yönünden oldukça değerlidir. Sosyal medya işletmeler yönünden takibinin yapılması ve talep edilen hizmete göre kendine yol çizme olanağı sağlaması açısından önemli bir değer aracıdır.

Bununla birlikte son zamanlarda sosyal medyanın hız kazanmasıyla müşteri davranışlarında önemli değişimler yaşanmış ve bu durum işletmelerin etkileşim stratejilerini değiştirmelerine neden olmuştur. Özellikle mobil teknolojiler ve sosyal medya platformlarının yaygınlaşması, müşterilerin bilgiye erişimini kolaylaştırmış ve karar verme süreçlerinde daha bilinçli ve seçici olmalarını sağlamıştır (Lemon & Verhoef, 2016). Sosyal medya platformlarının yaygınlaşmasından sonra müşteriler sadece tüketici değil aynı zamanda dijital içerik üreticisi ve marka tanıtım yüzü haline geldiği için işletmelerin kendileriyle doğrudan etkileşim haline girmeleri müşteri sakadaki ve güvenine olan değeri arttırmıştır. Müşterilerin deneyimlerini anlık olarak paylaşmaları, işletmenin pazardaki itibarını doğrudan etkilemektedir. Dolayısıyla, işletmelerin sosyal medya odaklı müşteri etkileşimini etkin bir şekilde yönetmeleri, yalnızca müşteri memnuniyetini artırmakla kalmayıp aynı zamanda kriz yönetimi ve marka imajının korunması açısından da kritik bir gereklilik haline gelmiştir (Ashley & Tuten, 2015).

Tüm bu durumlar göz önüne alındığında sosyal medyanın yiyecek içecek işletmeleri üzerindeki etkileri göz ardı edilemeyecek kadar fazla ve en ufak olumsuzlukta direkt işletmeye de olumsuz yönde yansıyacağını kaçırmamak gerekir. Bu yüzden sosyal medyadaki yorum ve paylaşılan deneyimler dikkatle incelenerek işletme bünyesinde oluşabilecek herhangi bir olumsuzluğa yer vermeden olarak müşteri güvenini sağlamak ve sadakati yakalamak için direkt iletişime geçerek geri dönüşü sağlamak çok önemlidir. Unutulmamalıdır ki sosyal medyadan işletme ile ilgili dolaşan herhangi bir olumsuz yorum çok daha fazla sayıda olan olumlu yorumlardan çok daha hızlı ve etkili yayılma özelliğine sahiptir. Bu yüzden sosyal medya rekabet pazarı, müşteri sadakati, müşteri memnuniyeti ve çift yönlü değeri yakalayıp sürdürülebilirliği yakalamak açısındasın çok önemli bir araçtır.

Yöntem

Bu çalışmada analiz yöntemi olarak, bibliyometrik analiz yöntemi kullanılmıştır. Bibliyometrik analiz, belirli bir araştırma alanındaki bilimsel yayınların nicel yöntemlerle incelenmesini sağlayarak literatürdeki eğilimlerinin, yazar iş birliklerinin ve atıf yapılarının ortaya konulmasına olanak tanıyan bir araştırma yöntemidir (Donthu et al.,2021). Çalışmanın amacı müşteri ilişkileri yönetiminde müşteri ile etkileşimin önemini sosyal medya ve yiyecek içecek sektörü çevresinde ele alan akademik çalışmaların incelenmesidir.

Araştırma sürecinde veri toplama süreci, uluslararası akademik yayınları içinde barındıran Scopus veri tabanı üzerinden gerçekleştirilmiştir. Veri toplama sürecinde" customer relationship management" (müşteri ilişkileri yönetimi)," customer interaction" (müşteri etkileşimi)," customer interaction" (müşteri iletişimi) ve "social media" (sosyal medya) anahtar kelimeleri kullanılmıştır. Bu anahtar kelimelerden 116 çalışma elde ettim. Elde ettiğim verilerin konu ile doğrudan bağlantısı olmayanlar ve tekrar eden çalışmaların çıkarılmasından sonra 91 adet veriyle araştırmama devam edilmiştir.

Araştırma özelinde elde edilen verilen, bibliyometrik analiz yöntemiyle incelenerek kullanıma hazır hale getirilmiştir. Bu doğrultuda yıllık bilimsel üretim, yıllık ortalama makale alıntısı, en çok alıntı yapılan ülkeler, en çok küresel atıf olan çalışmalar, en ilgili kurumlar, en üretken yazarlar, yazarların ülkelere göre dağılımı, en çok yayın yapan kaynaklar, anahtar kelime bulutu analizleri yapılmıştır. Analiz sürecinde görselleştirme ve bibliyometrik haritalama işlemleri için R programla dili tabanlı bibliometrix paketinin web ara yüzü olan Biblioshiny kullanılmıştır. Biblioshiny, bibliometrik verilerin analiz edilmesi ve görselleştirilmesi için kullanıcı dostu bir ara yüz sunarak araştırmacılara kapsamlı analiz imkânı sağlamaktadır (Aria & Cuccurullo,2017).

Elde edilen bulgular doğrultusunda, müşteri ilişkileri yönetimi, sosyal medya, müşteri etkileşimi ve müşteri iletişimi kavramları arasındaki ilişkiler incelenmiş ve literatürde öne çıkan çalışmalar analiz edilmiştir. Bu kapsamda yapılan analizlerin, ilgili alandaki akademik gelişimin anlaşılmasına katkı sağlaması ve gelecekte yapılacak olan çalışmalar için yol gösterici olması amaçlanmıştır.

Bulgular

Bu araştırma, bibliyometrik analiz yöntemi kullanılarak müşteri ilişkileri yönetimi ve müşteri etkileşimi bağlamında yiyecek içecek hizmetleri alanındaki çalışmaların analizini içermektedir. Bu kapsamda; customer relationship management (Müşteri ilişkileri yönetimi), customer interaction (müşteri etkileşimi). customer communication (müşteri iletişimi), social media (sosyal medya) anahtar kelimeleri kullanılarak, Scopus veri tabanı üzerinden 116 çalışmaya ulaşılmıştır. Çalışmalar toplamda 218 yazar tarafından gerçekleştirilmiş ve bu yazarlardan 13 tanesi tek yazarlı olarak çalışmalarını yayınlamıştır. Yıllık ortalama büyüme oranı-7.06 % ve yıllık ortalama yayın sayısı 5.69 olup, toplam referans sayısı 12570 ve yayın başına düşen ortalama atıf sayısı 35.44'tür.

Annual Scientific Production (Yıllık Bilimsel Üretim)

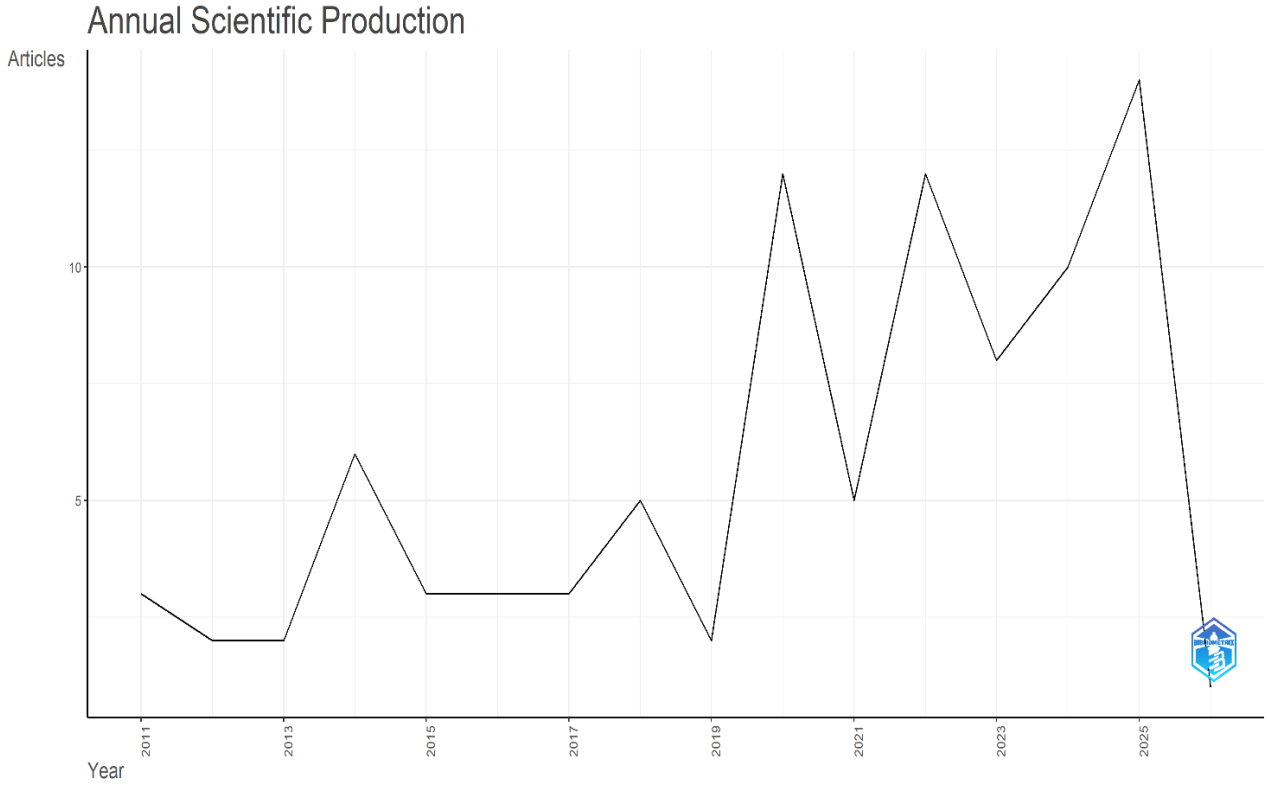
Grafik incelendiğinde, araştırmaların 2011 yılında başlayarak her sene yapıldığı ama ara ara dalgalanmaların olduğu, çoğu zaman artarak bir dalgalanma oluştuğu görülmektedir.

2011-2013 yılları arasında yayın sayısının durağan ve az miktarda olduğu görülmektedir. 2014 yılında kendini gösteren bir artış yaşanmış, fakat ilerleyen yıllarda artışın sınırlı kalıp ve düşüş yaşanmaya başladığı görülmektedir.

2015-2018 yılları arasında üretim sayısı durağanlık göstermekte olup 2019 yılında yaşanan düşüş kendini oldukça belli etmektedir. 2020 yılı ilk kez bu kadar yüksek miktarda yayın yaparak çok belli bir artışı içinde barındırmıştır.

2020 sonrasında ise dalgalanmalar görünse de genel olarak yayın sayısında bir artış olduğunu söyleyebiliriz. 2020 yılında en yüksek üretimi ilk defa görmüş olsak da 2022 ve 2025 seneleri

zirve noktaları görerek artışı devam ettirmiştir. Bu bulgulara göre son yıllarda alanın oldukça ilgi gördüğü ve artışla üretim yaşandığını görülmektedir.



Şekil 1: Yıllık Bilimsel Üretim Grafiği Yıllara Göre Dağılımı

Average Citations Per Year (Yıllık Ortalama Makale Alıntısı)

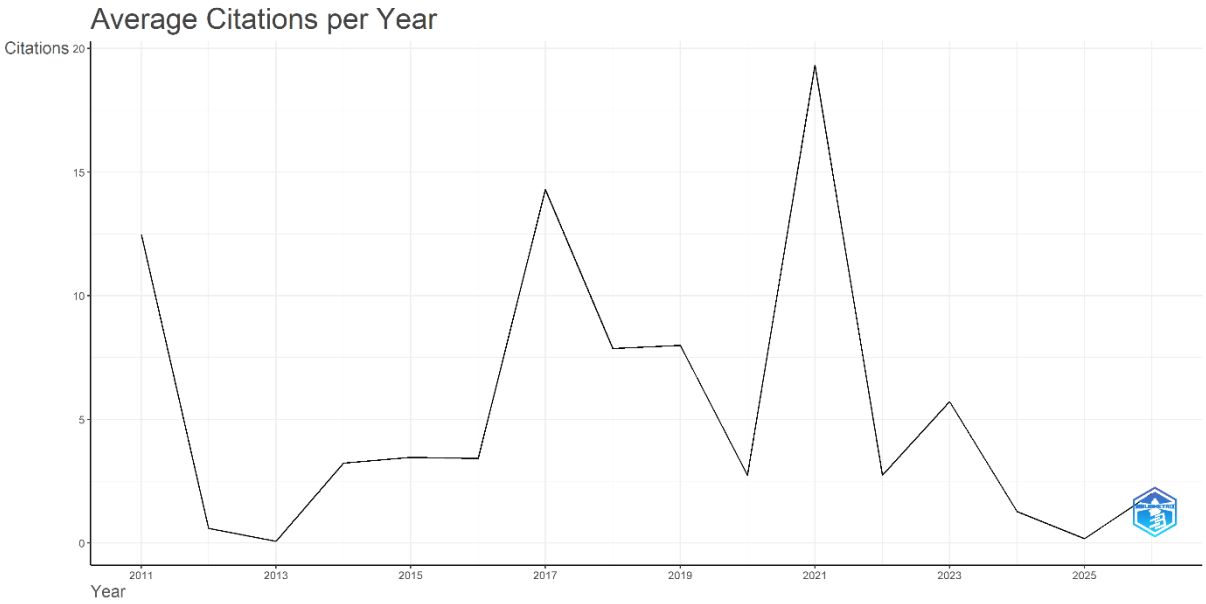
Yıllık ortalama atıf sayısının yıllar içinde düzensiz ve dalgalı olarak seyrettiği görülmektedir. 2011 yılında ortalama atıf sayısının yüksek olduğu görülse de 2012 ve 2013 yılları arasında belirgin bir düşüş yaşandığı gözlemlenmektedir. Bu yüzden bu yıllarda yapılan çalışmaların literatürde sınırlı etki bırakmış yorumunu yapabiliriz.

2014-2016 yılları arasında gözle görülür bir artış söz konusudur. 2017 yılında ise ilk sıçramasını yaşayıp en yüksek veriyi elde ettiğini görebiliyoruz. Bu durum bize bu yıllarda yapılan çalışmaların literatürde yer edinip önemli bir seviyede referans alındığını gösterir.

2018-2019 da ise atıf sayısının yeniden gerilediği 2020 yılında oldukça düştüğü fakat 2021 yılı ile en zirve noktayı görerek çalışmaların değer kazandığı görülmüştür.

2021'den sonra çok belirgin bir düşüş yaşanmış ve sonrasında 2025'e kadar bu düşüş seyrini çok fazla kaybetmeden korumuştur.

Bu dalgalı yapı, atıf sayılarının zamana bağlı birikim gösterip literatürde yer edinmesiyle açıklanabilir. Yeni yayınlanan çalışmaların daha yeteri kadar atıf almamış olması, son yıllardaki düşük değerlerin temel nedenidir. Bunun yanı sıra belli dönemlerde görülen ani artışların nedeni de o dönemlerde yayımlanan çalışmaların yüksek etkili olduğunu yorumlatır.



Şekil 2: Alıntı Yapılan Makalelerin Yıllara Göre Dağılımı Grafiği

Most Cited Countries (En Çok Alıntı Yapılan Ülkeler)

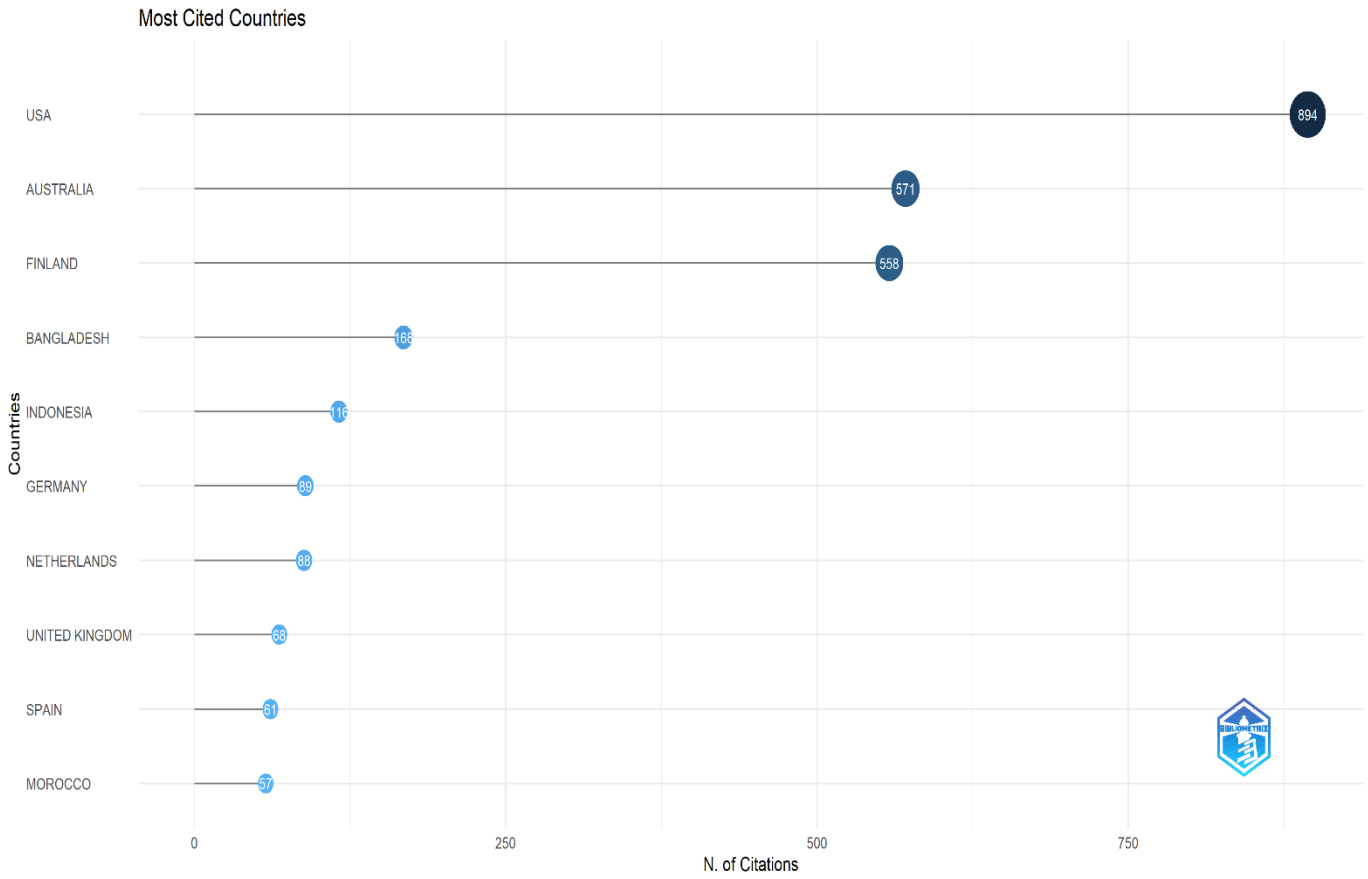
Grafik incelendiğinde en çok atıf alan ülkenin gözle görülür bir farkla ABD olduğu görülmektedir. Bu kadar belirgin bir fark olması ABD'nin literatürde oturmuş ve merkezi, belirleyici bir yeri olduğunu gösterir.

ABD'yi sırasıyla Avustralya ve Finlandiya takip etmektedir. Bu ülkelerin de diğerlerine kıyasla önde olması akademik açıdan etkili ve kaliteli çalışmalar yaptığını gösterir.

Bangladeş ve Endonezya orta düzeyde atıf alan ülkelerden olup; Almanya, Hollanda ve Birleşik Krallık gibi gelişmiş ülkelerin atıf sayılarının düşük olması dikkat çekmektedir.

Bu dağılım, araştırma alanında coğrafi yoğunlaşmanın olduğunu göstermektedir. Özellikle ABD'nin baskınlığı akademik üretim ve etki gücünün belirli ülkelerde toplandığını ortaya koymaktadır.

Ayrıca bazı ülkelerin çalışma sayısı fazla olsa da atıf oranların düşük olması çalışmaların literatürde kendisine kaliteli bir yer bulamadığını yorumlatır.



Şekil 3: En Çok Alıntı Yapılan Ülkelerin Dağılımı

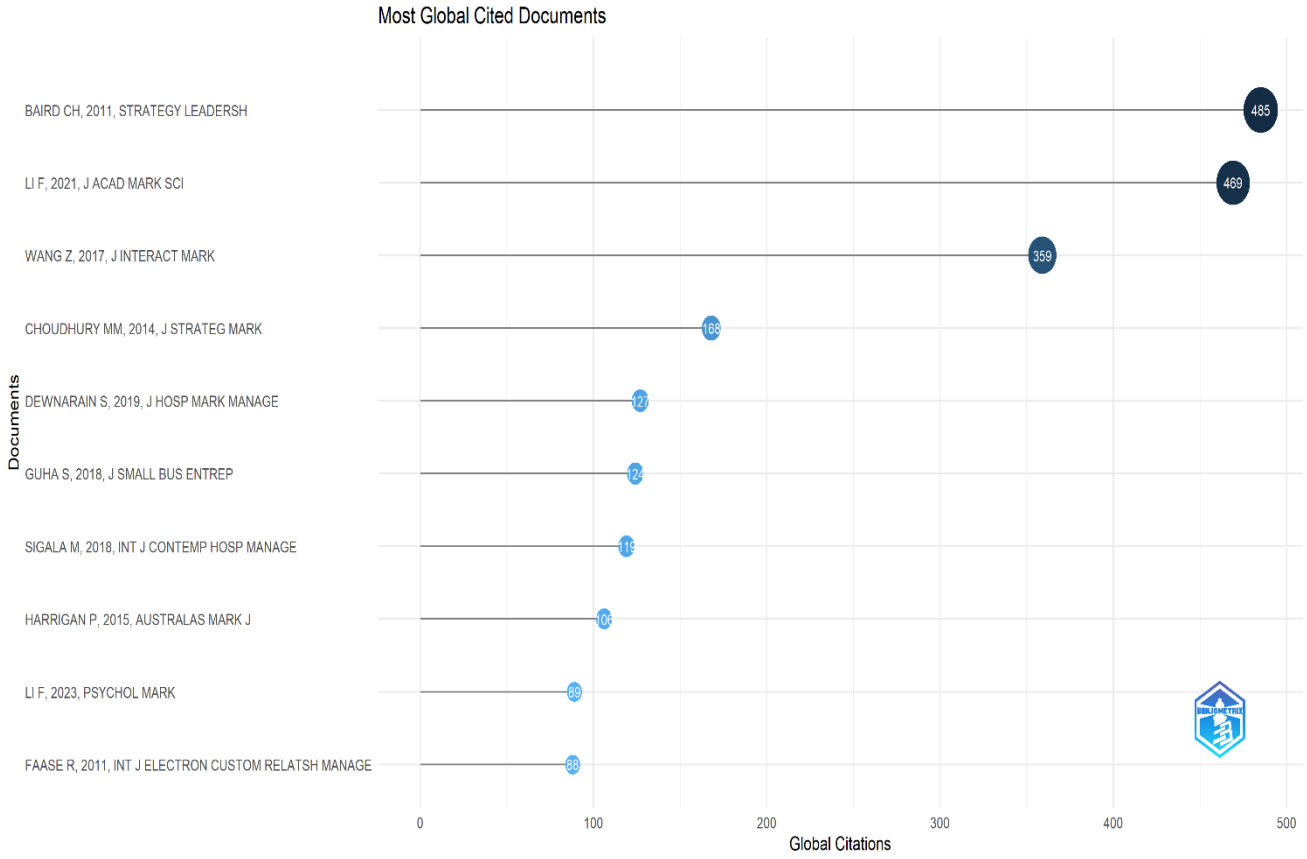
Most Global Cited Documents (En Çok Küresel Atıf Alan Çalışmalar)

Grafiğe bakıldığında, literatürde en fazla etkisi olan çalışmaların belirli araştırmaların etrafında yoğunlaştığı görülmektedir. En fazla atıf alan çalışma Baird (2011) tarafından yapılan bir araştırma olduğu ve diğerlerine kıyasla büyük bir farkla ayrıldığını görmekteyiz. Bu yüzden çalışmanın alan için temel referans niteliği taşıdığı yorumunu rahatlıkla yapabiliriz.

Baird (2011) çalışmasını sırasıyla Li (2021) ve Wang (2017) takip etmektedir. Bu çalışmaların atıflarının da fazla olması diğer çalışmalar için yönlendirici bir etkileri olduğunu ve literatürde önemli bir yer edindiklerini gösterir.

Choudhury (2014), Dewnarain (2019), Guha (2018) de bu çalışmaları takip etmektedir ama etkileri diğerleri kadar büyük değildir. Fakat yine de literatürde kendilerine yer edinebilmiş olmaları da bu çalışmaların yararlı araştırmalar olduğunu yorumlatır.

Analiz sonuçları, araştırma alanında belirli çalışmaların literatürün gelişiminde önemli rolünün olduğunu ve bu çalışmaların yüksek atıf sayılarıyla alanın teorik temelini oluşturduğunu ortaya koymaktadır.

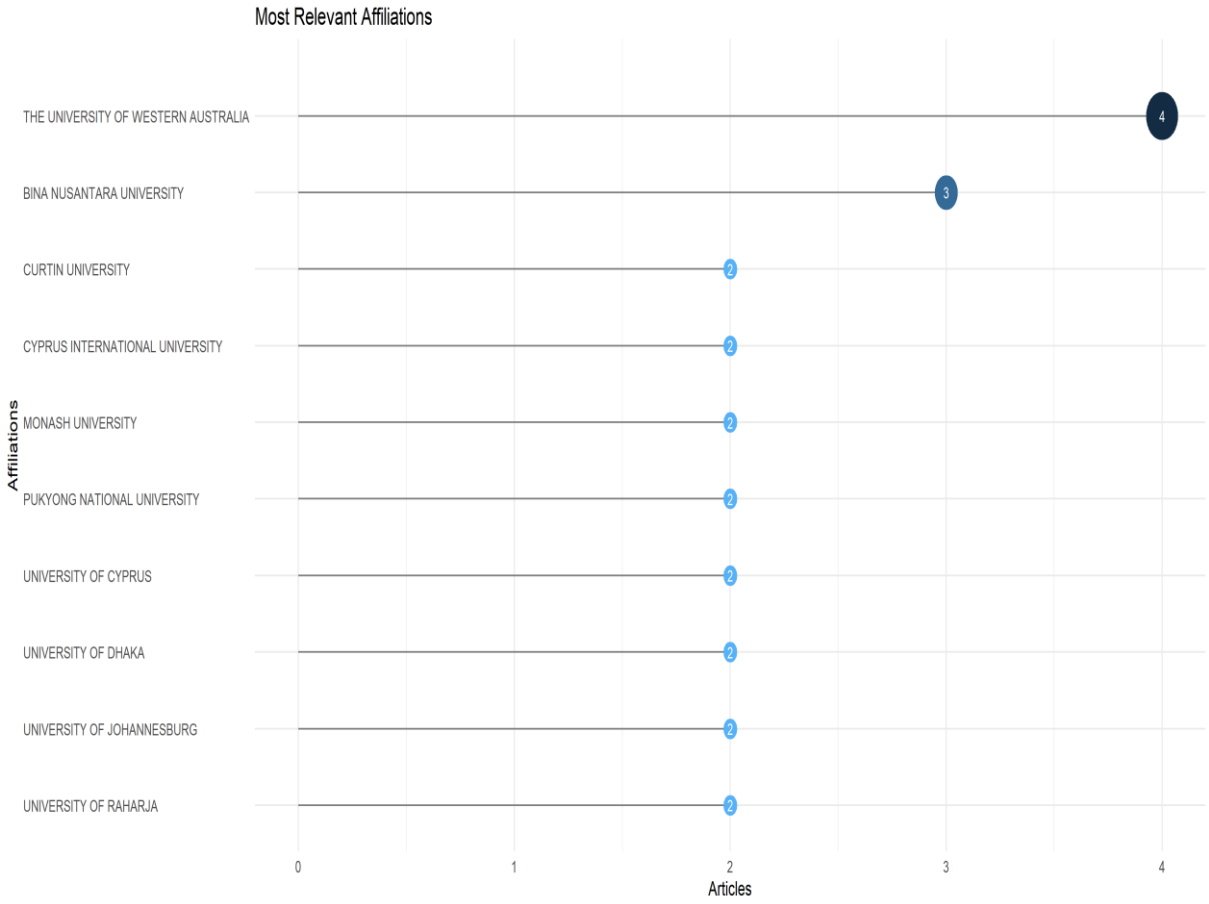


Şekil 4: Küresel Atıf Alan Çalışmaların Dağılımı

Most Relevant Affiliations (En İlgili Kurumlar)

Araştırma alanında en fazla yayına katkı sağlayan kurum The University of Western Australia olduğu ve diğerlerine kıyasla daha fazla yayın yaptığı görülmektedir. Bunu sırasıyla Bina Nusantara University, Curtin University, Cyprus International University, Monash University ve diğerleri takip etmektedir. Bu kurumların çoğunun yayın sayısı birbirine oldukça fazla yakındır (genellikle 2).

Bu durum araştırma alanında tek bir kurumda yoğunlaşılmadığını tam tersi dağınık ve çok fazla merkezli bir yapıya sahip olunduğunu göstermektedir. En yüksek yayına sahip kurum ile diğer kurumlar arasında farkın çok az olması bu alanda henüz lider bir kurum olamadığını göstermektedir.



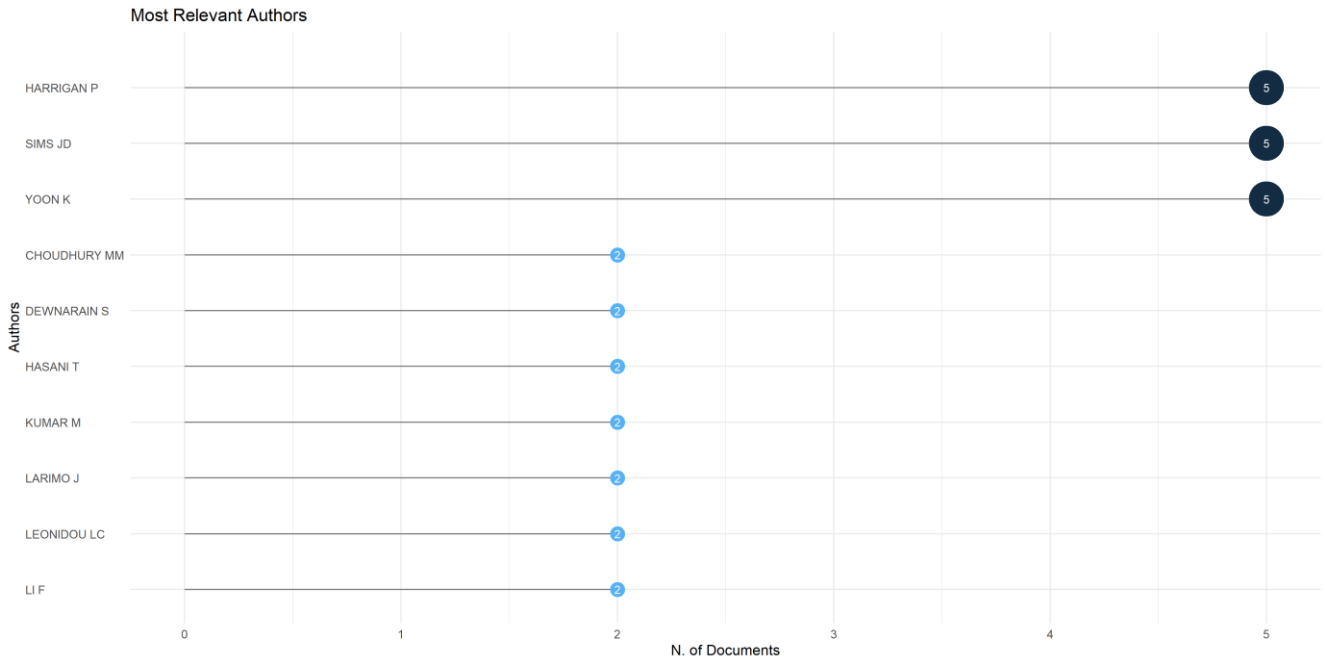
Şekil 5: Kurumlar Arası Dağılım

Most Relevant Authors (En Üretken Yazarlar)

Grafikte yazarlar ve yayın sayıları karşılaştırılarak alana katkıda bulunan yazarlar sıralanmıştır. En üretken yazarlar 5'er yayın yaparak Harrigan P, Sims JD ve Yoon K olarak sıralanmıştır. Bu durum yazarların bu alanda öncü ve belirleyici bir karaktere sahip olduklarını gösterir.

Bunları 2'şer yayın ile Choudhury MM, Dewnarain S, HasaniT, Kumar M, Larimo J, Leonidou LC ve Li F takip etmektedir. Bu yazarlar alana katkı sağlamış ama diğerleri gibi lider bir kimliğe ulaşamamışlardır.

Yayın sayısının 5'te odaklanması, literatürde belirli yazarların öne çıktığını ve çekirdek bir araştırmacı grubu oluşturduğunu gösterir. Diğerlerinin 2'yle kısıtlamış olması da alanın gelişimini sürdürdüğünü ve gelecek olan katkılara açık olduğunu yorumlatır. Bu dağılım, bibliyometrik açıdan lotka yasası ile de ilişkilendirilir; yani az sayıda yazar çok sayıda yayın üretirken, çok sayıda yazarın alana daha az katkısı vardır.



Şekil 6: En Fazla Yayın Üreten Yazarlar

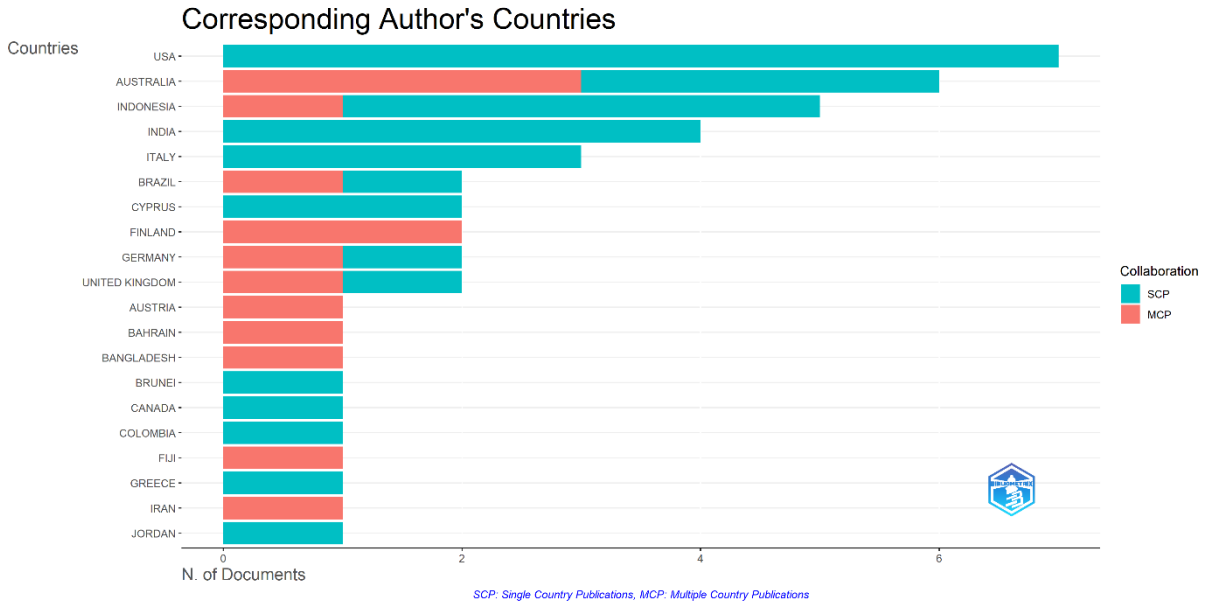
Corresponding Author's Countries (Yazarların Ülkelere Göre Dağılımı)

Bu grafik yazarların ülkelere göre dağılımını ve uluslararası iş birliği düzeylerini göstermektedir. Tek ülke kaynaklı çalışmalar (SCP), uluslararası iş birliği ile yapılan çalışmalar (MCP) iki ayrı dağılma vardır.

En çok alıntı yapılan ülkelerin başında geldiği gibi burada da ABD yerini korumaktadır. ABD en fazla yayına sahip olup ve çalışmalarını tek ülke kaynaklı yayınlayan alanda bağımsız ve güçlü bir araştırma kapasitesine sahip olduğunu belirgin bir şekilde göstermektedir.

Avusturalya ikinci sırada yer almaktadır. Çalışmalarının en önemli özelliği hem SCP hem de MCP oranları yüksektir. Bu da ülkenin uluslararası iş birliklerine açık olduğunu yorumlatmaktadır.

Endonezya ve Hindistan gibi ülkelerde çalışmalar yapılmakta ama uluslararası iş birliği kısıtlı kalmaktadır. Bu yüzden yine literatürde en çok katkı sağlayan ABD, Avusturalya, Endonezya ve Hindistan olarak ilerlemektedir.

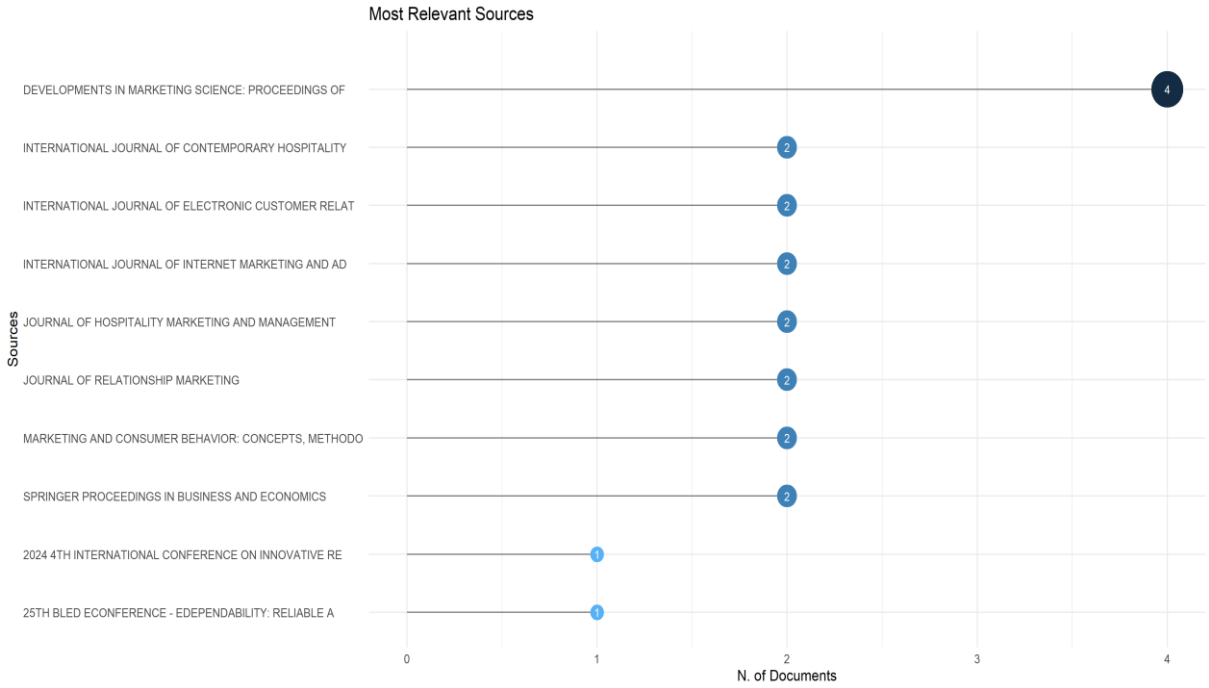


Şekil 7: Yazarların Ülkelere Dağılımı

Most Relevant Sources (En Çok Yayın Yapılan Kaynaklar)

Grafikte bulunan kaynaklar, araştırmalarda en fazla katkı sağlayan dergi ve konferansları göstermektedir. Yayın sayıları 1-4 arasına olduğundan dolayı literatürün tek bir kaynaktan değil farklı platformlara yayıldığı görülür. Developments in Marketing Science: Proceedings of the Academy of Marketing Science 4 ile en yüksek yayın sayısına sahiptir.

Kaynaklar incelendiğinde, literatürün belirli bir dergide yoğunlaşmadığı farklı dergi ve konferanslara yayıldığı görülmektedir. En önemlisi Developments in Marketing Science: Proceedings of the Academy of Marketing Science olsa da konaklama, pazarlama ve müşteri ilişkileri yönetimi alanındaki dergilerin de literatürde belirgin bir yere sahip olduğunu görebiliriz.



Şekil 8: En Çok Yayın Yapılan Kaynaklar

World Could (Anahtar Kelime Bulutu)

Araştırmanın temelini dijitalleşme, sosyal medya ve müşteri ilişkileri yönetimi (CRM) çerçevesinde yürütüldüğü görülmektedir.

Müşteri etkileşimi en büyük kavramlardan bir tanesi olup onu da sırasıyla sosyal medya ve CRM izlemektedir. Müşteri etkileşimi kavramının bu kadar büyük olması çalışmada müşterinin işletmeyle kurduğu aktif etkileşime oldukça yer verildiğini görürüz. Sosyal medyanın bunu takip etmesi dijital platformlar özelinde müşteri ilişkileri üzerinde yoğunlaşılmış olduğu görülür. CRM ise geleneksel müşteri yönetimi anlayışının teknolojiyle dijitalleştiğini gösterir. Bu kavramların yanında müşteri memnuniyeti, sadakat ve satış performansı gibi kavramların da düşünce olarak çalışmayı desteklediğini göz ardı etmemek gerekir.



Şekil 9: Anahtar Kelime Bulutu

Sonuç

Bu çalışmada, müşteri ilişkileri yönetiminde müşteri ile etkileşimin önemi sosyal medya üzerinden ele alınmış ve ilgili literatür bibliyometrik analiz yöntemiyle incelenmiştir. Scopus veri tabanından elde dilen 91 adet akademik çalışma üzerinden yapılan analizler, alanın zaman içerisinde önemli ölçüde gelişim gösterdiğini ve özellikle dijitalleşmenin etkisiyle müşteri etkileşimi kavramının önem kazandığını ortaya koymuştur.

Elde edilen bulgular, müşteri ilişkileri yönetiminin alışılagelmiş yapısından uzaklaşarak daha etkileşim odaklı bir karaktere sahip olma yolunda olduğu gözlemlenmiştir. Özellikle teknolojinin gelişmesiyle sosyal medya platformlarının yaygınlaşması, işletmeler ile müşteriler arasındaki iletişimi çift yönlü boyuta getirerek müşteri etkileşimini arttırmıştır. Bu durum müşteri memnuniyeti ile müşteri sadakati üzerinde belirleyici bir rol oynamıştır. Analiz sonuçları, müşteri etkileşimi, sosyal medya ve müşteri ilişkileri yönetimi kavramlarının literatürde çoğunlukla birlikte ele alındığını ve bu kavramlar arasında güçlü bir ilişki bulundurduğunu ortaya çıkarmıştır.

Bununla birlikte, yiyecek -içecek sektöründe müşteri deneyiminin ön planda olması, müşteri etkileşimini daha önemli hale getirmiştir. Müşterilerin sosyal medya üzerinden deneyimlerini paylaşması, işletmelerin imajını doğrudan etkileyen bir unsur haline gelmiştir. Bu yüzden, işletmelerin sosyal medya odaklı müşteri ilişkileri yönetimi stratejileri geliştirmek ve takip etmesi önemli hale gelmiştir. Bibliyometrik analiz sonuçlarında özellikle son yıllarda sosyal medya ve müşteri etkileşimi kavramlarına yönelik literatürün genişlediği ve bu konulara ilginin arttığı gözlemlenmektedir.

Çalışma kapsamında elde dilen bulgular doğrultusunda, işletmelerin müşteri ile etkileşim süreçlerinin etkin bir şekilde yönetmelerinin rekabet avantajı elde etmeleri açısından önemli olduğu söylenebilir. Özellikle sosyal medya araçlarının etkin kullanımı, müşteri memnuniyetinin artırılması, müşteri sadakatinin sağlanması ve marka imajının güçlendirilmesi açısından önemli bir basamak haline gelmiştir.

Sonuç olarak, müşteri ilişkileri yönetiminde müşteri etkileşimi ve sosyal medya araçlarının birlikte ele alınması hem literatür hem de yiyecek-içecek sektörü uygulamaları açısından önemli bir katkı sağlamaktadır. Gelecekte yapılacak çalışmalarda, farklı veri tabanlarının kullanılması, farklı sektörlerin karşılaştırılması ve nicel yöntemlerle desteklenen araştırmaların gerçekleştirilmesi önerilebilmektedir. Bunun yanı sıra özellikle yiyecek- içecek sektöründe müşteri ile etkileşimin işletme performansı üzerindeki etkilerinin daha detaylı incelenmesi literatüre önemli katkılar sağlayacaktır.

KAYNAKÇA

Ashley, C., & Tuten, T. (2015). Creative strategies in social media marketing: An exploratory study of branded social content and consumer engagement. *Psychology & Marketing, 32*(1), 15–27.

Brodie, R. J., Hollebeek, L. D., Jurić, B., & Ilić, A. (2011). Customer engagement: Conceptual domain, fundamental propositions, and implications for research. *Journal of Service Research, 14*(3), 252–271.

Buttle, F., & Maklan, S. (2019). *Customer relationship management: Concepts and technologies* (4th ed.). Routledge.

Hollebeek, L. D. (2011). Demystifying customer brand engagement: Exploring the loyalty nexus. *Journal of Marketing Management, 27*(7–8), 785–807.

Kaplan, A. M., & Haenlein, M. (2010). Users of the world, unite! The challenges and opportunities of social media. *Business Horizons, 53*(1), 59–68.

Kim, W. G., Li, J. J., & Brymer, R. A. (2016). The impact of social media reviews on restaurant performance: The moderating role of excellence certificate. *International Journal of Hospitality Management, 55*, 41–51.

Lemon, K. N., & Verhoef, P. C. (2016). Understanding customer experience throughout the customer journey. *Journal of Marketing, 80*(6), 69–96.

Payne, A., & Frow, P. (2005). A strategic framework for customer relationship management. *Journal of Marketing, 69*(4), 167–176.

Ryu, K., & Han, H. (2010). Influence of the quality of food, service, and physical environment on customer satisfaction and behavioral intention in quick-casual restaurants. *Journal of Hospitality & Tourism Research, 34*(3), 310–329.

Vivek, S. D., Beatty, S. E., & Morgan, R. M. (2012). Customer engagement: Exploring customer relationships beyond purchase. *Journal of Marketing Theory and Practice, 20*(2), 122–146.

Kotler, P., Kartajaya, H., & Setiawan, I. (2017). *Marketing 4.0: Moving from traditional to digital*. Wiley.

Namkung, Y., & Jang, S. (2007). Does food quality really matter in restaurants? Its impact on customer satisfaction and behavioral intentions. *Journal of Hospitality & Tourism Research, 31*(3), 387–409.

Donthu, N., Kumar, S., Mukherjee, D., Pandey, N., & Lim, W. M. (2021). How to conduct a bibliometric analysis: An overview and guidelines. Journal of Business Research, 133, 285–296.

Aria, M., & Cuccurullo, C. (2017). Bibliometrix: An R-tool for comprehensive science mapping analysis. *Journal of Informetrics, 11*(4), 959–975.

FROM NATURE TO DIGITAL, FROM CONSUMER TO DESIGNER: PEDAGOGICAL AND EPISTEMOLOGICAL FOUNDATIONS OF TECHNOLOGY INTEGRATION IN BIOLOGY EDUCATION WITH META-ANALYTIC EVIDENCE

DOĞADAN DİJİTALE, TÜKETİCİDEN TASARIMCIYA: BİYOLOJİ ÖĞRETİMİNDE TEKNOLOJİ ENTEGRASYONUNUN PEDAGOJİK VE EPİSTEMOLOJİK TEMELLERİ İLE META-ANALİTİK GÖRÜNÜMÜ

Prof. Dr. Nasip DEMİRKUŞ

Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Eğitim Fakültesi, OFMA Bölümü, Biyoloji Eğitimi ABD, TUŞBA/VAN TÜRKİYE

ÖZET

Bu derleme çalışması, biyoloji eğitiminde dijital teknolojilerin ve materyal geliştirme stratejilerinin pedagojik, bilişsel ve epistemolojik temellerini bütünleşik bir çerçevede ele almaktadır. Çalışmada; E18 Modeli ve 8D Prensibi gibi özgün yerel teorik yapılar, Amerikan Psikoloji Derneği (APA) ilkeleri, İkili Kodlama Teorisi (Dual Coding Theory) ve çoklu zekâ kuramlarıyla ilişkilendirilmiş; bu modeller meta-analitik ve deneysel uluslararası bulgularla sınanmıştır. Doğadan dijitale uzanan materyal tasarım süreci, nesnel (ışık kutusu, mikroskop, dijital kamera) ve sanal (Photoshop, FlipAlbum, MATLAB simülasyonları) araçların pedagojik sınıflandırması üzerinden ele alınmıştır. Deterministik ve stokastik simülasyonların biyoloji öğrencilerinin akademik başarısına etkisi (etki büyüklüğü g=1.16–2.241), artırılmış gerçeklik (AR) uygulamalarının uzamsal öğrenmeye katkısı ve oyun tabanlı öğrenmenin motivasyonel çıktıları analiz edilmiştir. Bulgular, hibrit (karma) pedagojik modellerin, tek tip ve tek formatlı öğretim yaklaşımlarına kıyasla bilişsel katılımı, kavramsal kalıcılığı ve sentez becerisini belirgin ölçüde artırdığını ortaya koymaktadır.

Anahtar Kelimeler: biyoloji eğitimi, dijital materyal geliştirme, E18 Modeli, sanal laboratuvar, bilişsel yük, sentez gücü, simülasyon, artırılmış gerçeklik

ABSTRACT

This review study examines the pedagogical, cognitive, and epistemological foundations of digital technology integration and material development strategies in biology education within an integrative framework. The study relates locally developed theoretical constructs — namely the E18 Model and the 8D Principle — to the American Psychological Association (APA) guidelines, Dual Coding Theory, and multiple intelligences theory, testing these models against meta-analytic and experimental international evidence. The material design process from nature to digital is addressed through a pedagogical classification of physical tools (light box, microscope, digital camera) and virtual tools (Photoshop, FlipAlbum, MATLAB simulations). The effects of deterministic and stochastic simulations on biology students' academic achievement (effect sizes g=1.16–2.241), the contribution of augmented reality (AR) applications to spatial learning, and the motivational outcomes of game-based learning are analyzed. Findings indicate that hybrid (blended) pedagogical models significantly enhance cognitive engagement, conceptual retention, and synthesis competencies compared to uniform, single-format instructional approaches.

Keywords: biology education, digital material development, E18 Model, virtual laboratory, cognitive load, synthesis power, simulation, augmented reality

ÇALIŞMANIN TÜRÜ VE YÖNTEMİ

Bu çalışma, kuramsal derleme ve betimsel analiz yöntemiyle yürütülmüştür. Biyoloji eğitimi, öğretim teknolojileri ve materyal geliştirme alanlarında yayımlanmış ulusal ve uluslararası akademik çalışmalar; Web of Science, Scopus ve Google Scholar veri tabanları aracılığıyla taranmış; belirlenen anahtar kelimeler ve dahil etme–dışlama kriterleri doğrultusunda seçilen kaynaklar eleştirel olarak değerlendirilmiştir. Çalışma, herhangi bir birincil veri toplama sürecini (deney, anket, gözlem) içermemekle birlikte, özgün yerel pedagojik modelleri (E18 Modeli, 8D Prensibi) uluslararası meta-analitik bulgularla sentezleyen özgün bir kuramsal çerçeve sunmaktadır.

GİRİŞ

Çağdaş fen bilimleri eğitimi, salt teorik bilgi aktarımından ziyade, bilginin üretilmesi, yapılandırılması ve teknolojik araçlarla entegre edilerek somutlaştırılması süreçlerini merkeze almaktadır. Özellikle biyoloji gibi doğası gereği hem mikro hem de makro evrenleri kapsayan, dinamik, görsel ve karmaşık süreçleri barındıran bir disiplinde, geleneksel öğretim yöntemleri tek başına yetersiz kalmaktadır. Öğrencilerin soyut biyolojik kavramları zihinlerinde yapılandırabilmeleri, hücresel süreçlerden ekosistem dinamiklerine kadar uzanan geniş yelpazeyi kavrayabilmeleri için öğretim teknolojileri ve materyal geliştirme stratejileri kritik bir rol oynamaktadır. Bilimsel bilginin yarılanma ömrünün giderek kısaldığı günümüz bilgi çağında, eğitimcilerin temel misyonu yalnızca mevcut müfredatı aktarmak değil, öğrencilere bilgiyi arama, analiz etme ve yeni bağlamlarda sentezleme becerilerini kazandırmaktır.

Bu araştırma raporu, biyoloji eğitiminde materyal tasarımı, sanal ve nesnel teknolojik araçların kullanımı, alan araştırmaları ile laboratuvar uygulamalarının dijital ortama aktarılması ve tüm bu süreçlerin pedagojik ve bilişsel temellerini derinlemesine incelemektedir. Araştırmanın temel dayanak noktalarından birini, doğadan materyal toplama süreçlerinden (örneğin, endemik bitki türlerinin veya zoolojik numunelerin toplanması), bu numunelerin ışık kutusu (light box), mikroskop ve dijital kameralar aracılığıyla dijitalleştirilmesine; elde edilen verilerin görsel editörler (Photoshop, Flash, FlipAlbum) ile işlenerek pedagojik materyallere dönüştürülmesine kadar uzanan entegre metodolojik çerçeve oluşturmaktadır (Demirkuş, 2005). Söz konusu süreç, öğrencinin bilişsel katılımını en üst düzeye çıkararak pasif bir alıcı olmaktan çıkıp, bilginin aktif bir üreticisi (tasarımcısı) konumuna geçmesini sağlamaktadır.

Bununla birlikte, analizin teorik çerçevesi, eğitimde "Algıda Değişmezlik" (Perceptual Constancy), fıtrat (bireysel bilişsel ve duyuşsal eğilimler) ve çoklu zekâ teorilerini harmanlayan "E18 Modeli", "8D Prensibi" ve "Sentez Gücü" kavramları üzerine inşa edilmiştir (Demirkuş, 2025; Demirkuş, 2026). Geleneksel laboratuvar pratiklerinin sanal laboratuvarlar, deterministik ve stokastik simülasyonlar, artırılmış gerçeklik (AR) uygulamaları ve dijital eğitsel araçlarla desteklenmesinin öğrencilerin akademik başarıları, bilişsel yük yönetimi ve prosedürel bilgi edinimleri üzerindeki meta-analitik etkileri de global akademik bulgularla sentezlenerek değerlendirilmektedir (Aligo & Prudente, 2025; Whitworth vd., 2018). Bu kapsamlı inceleme, biyoloji eğitiminde teknoloji entegrasyonunun yalnızca araçsal bir yenilik olmadığını, aksine epistemolojik ve pedagojik bir paradigma değişimi olduğunu ortaya koymayı amaçlamaktadır.

BİYOLOJİ EĞİTİMİNDE PEDAGOJİK VE EPİSTEMOLOJİK TEMELLER

Eğitim bilimleri literatüründe öğretim, öğrenim ve eğitim kavramları sıklıkla birbirinin yerine kullanılsa da, akademik bir çerçevede kesin sınırlarla ve işlevsel farklılıklarla ayrılırlar. Öğretim (instruction), hedef kitleye bilginin aktarılması için tasarlanan sistematik, planlı ve dışsal süreçlerin tamamını ifade ederken; öğrenim (learning), bireyin bu bilgiyi içselleştirme, mevcut zihinsel şemalarına entegre etme ve özümseme sürecidir (Demirkuş, 2025). Eğitim (education) ise bu iki süreci de kapsayan, bireyin mesleki, bilişsel, duyuşsal ve ahlaki gelişimini bütünüyle hedefleyen çok boyutlu ve yaşam boyu devam eden bir yapıdır. Biyoloji eğitiminde materyal tasarımı, salt bilginin mekanik bir biçimde iletilmesi için değil, "etkili öğrenişin" gerçekleşebilmesi için mutlak gerekli olan "hazır bulunuşluk" ve "düşüncenin nefes alması" aşamalarını fasilite etmek amacıyla yapılandırılmaktadır (Demirkuş, 2025).

Öğrenme Teorileri ve Eğitsel Yaklaşımların Evrimi

Biyoloji eğitiminde kullanılan materyallerin ve öğretim teknolojilerinin tasarımı, tarihsel süreç içerisinde çeşitli öğrenme teorilerinden beslenerek evrilmiştir. Bu teorik altyapının anlaşılması, hangi dijital aracın hangi pedagojik amaçla kullanılması gerektiğine dair temel bir rehber sunmaktadır. Davranışçı ve bilişsel yaklaşımlar arasındaki geçiş, bu evrimin en belirgin aşamalarından biridir. Geleneksel biyoloji laboratuvarlarında (örneğin insan fizyolojisi veya basit anatomi deneylerinde), öğrencilere belirli protokolleri izlemeleri için net yönergeler verilir ve doğru ölçümler olumlu pekiştireçlerle (notlandırma veya sözlü onay) ödüllendirilir. Ancak Thorndike, Pavlov ve Skinner gibi teorisyenlerin temellendirdiği bu davranışçı (behaviorist) yaklaşım, öğrenmenin sosyal, içsel ve derin bilişsel boyutlarını göz ardı etme riski taşımaktadır (Mukhalalati vd., 2019). Davranışçı ekol, öğrenciyi bir etki-tepki mekanizmasına indirgeyerek, biyolojinin gerektirdiği üst düzey eleştirel düşünme ve karmaşık sistem analizi becerilerinin gelişimini sekteye uğratabilir.

Bu noktada Piaget ve Bruner'in öncülük ettiği bilişselci (cognitivist) teoriler devreye girmektedir. Biyolojideki karmaşık sistemleri (örneğin hücre bölünmesi, gen ekspresyonu veya metabolik yolaklar) anlamlandırmak için kavram haritaları, kavram ağları ve kavram çarkları gibi bilişsel materyallerin kullanımı, bilginin zihinde sembolik olarak yapılandırılmasını ve uzun süreli belleğe etkin bir biçimde aktarılmasını sağlamaktadır (Demirkuş, 2025; Mukhalalati vd., 2019). Kültürel-Tarihsel Teori (Cultural-Historical Theory) bağlamında ise Galperin'in çalışmaları ön plana çıkmaktadır. Kültürel olarak bilgilendirilmiş ve bağlamlandırılmış sınıf uygulamaları, teknolojinin yardımıyla öğrencilerin bilimsel kavramları kendi sosyokültürel altyapılarıyla ilişkilendirerek öğrenmelerini sağlar. Dijital simülasyonların ve çevrimiçi işbirliği platformlarının entegrasyonu, salt teknik bir aktarım olmanın ötesinde, bilginin toplumsal ve kültürel bir matris içinde yeniden üretilmesine olanak tanır (Engeness & Lund, 2020). Bu yaklaşım, öğrencinin kültürel arka planının, karmaşık biyolojik olguları (örneğin evrim veya genetik varyasyonlar) anlamlandırmasında bir bariyer değil, kolaylaştırıcı bir köprü olarak işlev görmesini sağlar.

Bilişsel yük yönetimi açısından Paivio'nun İkili Kodlama Teorisi (Dual Coding Theory), dijital materyal geliştirmenin kalbini oluşturmaktadır. Bu teoriye göre, birbirini tamamlayan görsel ve işitsel bilgilerin eşzamanlı olarak sunulması bilişsel öğrenmeyi maksimize eder (Mayer, 2009). Biyoloji eğitiminde iyi tasarlanmış eğitim videoları, dijital simülasyonlar veya üç boyutlu animasyonlar, çalışma belleğindeki (working memory) içsel bilişsel yükü (intrinsic cognitive load) yöneterek, öğrencilerin yalnızca pasif izleyici olmaktan çıkıp aktif katılımcılar haline gelmelerine olanak tanır. Etkileşimli ortamlar, konunun ilgisiz detaylarından kaynaklanan harici yükü (extraneous load) azaltırken, bilginin şemaya dönüştürülmesi sürecindeki bilişsel çabayı (germane load) optimize eder. Bu bağlamda Demirkuş (2026), Bilişsel Yük Teorisi'nin (Sweller, 2024) ve Şema Teorisi'nin (Anderson, 2020) eğitimde semantik gürültünün (semantic

noise) temel kaynağı olduğunu ve öğrencilerin çalışma belleklerinin gereksiz yere tükenmesini önlemek amacıyla öğretim materyallerinin mühendislik hassasiyetiyle tasarlanması gerektiğini vurgulamaktadır (Demirkuş, 2026).

Amerikan Psikoloji Derneği (APA) İlkeleri ve Kapsayıcı Eğitim

Eğitimde materyal geliştirme süreçleri, psikolojik ilkelerden bağımsız düşünülemez. Amerikan Psikoloji Derneği'nin (APA) eğitimde kaliteyi artırmaya yönelik yayınladığı yirmi temel prensip (Top Twenty Principles), öğrencilerin gelişimsel düzeylerinin, yaşlarından bağımsız olarak, ne tür öğretimsel deneyimlerin uygun olacağını belirlemede kritik olduğunu vurgular (APA, 2015). Öğrencilerin sahip oldukları ön bilgiler ve zihinsel akıl yürütme kapasiteleri, materyal tasarımında temel alınmalıdır. Ayrıca, kapsayıcı öğretim (inclusive teaching) ilkeleri gereği, tüm öğrencilerin teknolojik araçlara ve dijital materyallere eşit erişiminin sağlanması gerekliliği etik ve pedagojik bir zorunluluktur. Sosyoekonomik statü farklılıkları, teknolojik altyapı eksiklikleri (örneğin yüksek hızlı internete veya güncel cihazlara erişememe) ve bireysel yetenek farklılıkları göz önüne alınarak esnek ve çok boyutlu materyaller tasarlanmalıdır (APA, n.d.). Değerlendirme süreçlerinin hem güvenilir (reliable) hem de geçerli (valid) olması, öğrencilerin bilgi, beceri ve yetenekleri hakkında doğru çıkarımlar yapılabilmesi için vazgeçilmezdir.

E18 MODELİ, FITRAT ÇEŞİTLİLİĞİ VE ÖĞRETİMDE 8D PRENSİBİ

Biyoloji materyal tasarımının merkezinde yer alan özgün ve yerel pedagojik çerçevelerden biri, Prof. Dr. Nasip Demirkuş tarafından sistematize edilen E18 Modeli ve 8D Prensibi'dir (Demirkuş, 2025). Bu teorik yapı, bireylerin bilişsel süreçlerinin "tek tip" bir fabrikasyon ürünü olmadığı gerçeği üzerine inşa edilmiştir. Toplumdaki zekâ, nefis, değer yargıları ve fıtrat (yapısal özgünlük) çeşitliliği, eğitim politikalarının ve materyal tasarımlarının şekillendirilmesinde birincil belirleyici olmak zorundadır (Demirkuş, 2025).

E18 Modeli ve Çoklu Sunum Stratejisi

E18 yaklaşımı, bir biyoloji ders içeriğinin, insan fıtratlarının kavrama çeşitliliğini kucaklayacak şekilde çok boyutlu ve faktöriyel olarak tasarlanmasını zorunlu kılan kapsamlı bir eğitim modelidir (Demirkuş, 2025). Standart ve tek boyutlu (örneğin sadece metin veya sadece düz anlatım) ders işleme yöntemleri, sınıfın büyük bir bölümünde bilişsel kopuşlara neden olmaktadır. E18 modeli, zekâ türlerine göre spesifik uyarlamalar talep eder:

- Görsel Zekâ: Bu fıtrata sahip öğrenciler için mikroskobik dijital görüntüler, Photoshop ile rötüşlanmış yüksek çözünürlüklü organel yapıları, PowerPoint sunuları ve zihin haritaları vazgeçilmezdir.
- İşitsel Zekâ: Karmaşık fizyolojik süreçlerin (örneğin Krebs döngüsünün) ritmik ve vurgulu sesli anlatımları, podcast tarzı ders kayıtları ve CD/DVD/İnternet tabanlı işitsel materyaller bu grup için optimize edilmelidir.
- Sözel-Yazımsal Zekâ (E18 modelinde kullanılan terim; Gardner'da "Sözel-Dilsel Zekâ"): Yapılandırılmış kavram çözümleme tabloları, detaylı makale özetleri, laboratuvar föyleri ve metin tabanlı etkileşimli dokümanlar.
- Mantıksal Zekâ: Neden-sonuç ilişkilerine dayalı e-öğrenme modülleri, interaktif linklerle desteklenmiş çapraz referanslı notlar ve deterministik simülasyonlar (Demirkuş, 2025).

E18 modeli, ideal bir ders notunun veya laboratuvar materyalinin, sınıf içindeki fıtrat yelpazesine hitap edebilmesi adına bu dört ana zekâ kanalına aynı anda uyarlanmasını emreder. Bu durum, eğitimciye "öğrenme ortamının küratörü" olma misyonunu yükler. Öğrenciler,

sunulan geniş materyal havuzundan kendi yapılarına en uygun olan bilişsel rotayı (stratejiler dizisini) seçerek otonom öğrenme becerilerini geliştirirler.

Algıda Değişmezlik (Perceptual Constancy) İlkesi

Çoklu sunum stratejilerinin ve farklılaştırılmış eğitimin barındırdığı en büyük risk, bilginin formattan formata geçerken kavramsal sapmalara uğramasıdır. E18 Modeli ile materyal çeşitlendirilirken, Gestalt psikolojisinden ve bilişsel bilimlerden eğitim bilimlerine uyarlanan "Algıda Değişmezlik" ilkesi devreye girmektedir (Demirkuş, 2025; Demirkuş, 2026). Bu ilke, sunum formatı (görsel, işitsel veya dokunsal) ne olursa olsun, hedef biyolojik kavramın tüm öğrenciler tarafından yapısal olarak aynı, saptırılmamış ve bilimsel olarak doğru şekilde algılanmasını güvence altına alır. Demirkuş (2026), algısal değişmezliği ölçülebilir bir eğitim mühendisliği standardına (≥%99 kavramsal eşdeğerlik) dönüştürerek, tek bir kavramın 30 farklı öğrencide 30 farklı çağrışım uyandırmasını "semantik gürültü" olarak tanımlamakta ve bu durumun öğrenme başarısızlığının birincil nedeni olduğunu ileri sürmektedir. Örneğin, osmoz kuralları veya DNA replikasyonunun semikonservatif doğası anlatılırken; bunu bir bilgisayar animasyonundan izleyen öğrenci ile laboratuvarda canlı hücre plazmolizi deneyi yaparak gözlemleyen öğrencinin zihninde oluşan temel bilimsel "öz" ve mekanizma kavrayışı birebir örtüşmelidir. Öğrenci, materyalin dışsal formunu kendi zekâ profiline göre özgürce seçer, ancak edindiği kapsamlı (bütüncül) kavramların bilimsel geçerliliği sabittir. Algıda değişmezlik ilkesi, öğrencinin sınav anketlerine yönelik veri toplama amacına uygun sınav sistemleriyle sınanarak sürekli teyit edilmeli ve geri bildirimlerle desteklenmelidir.

Öğretimde 8D Prensibi

Endüstriyel kalite kontrol ve problem çözme tekniği olarak bilinen 8D (8 Disciplines) yöntemi, başlangıçta Ford Motor Company tarafından geliştirilmiş ve zamanla evrenselleşmiştir. Demirkuş'un E18 çerçevesinde bu endüstriyel model eğitim bilimlerine adapte edilmiş ve "Öğretimde 8D Prensibi" olarak literatüre kazandırılmıştır (Demirkuş, 2025). Eğitimdeki 8D Prensibi, öğrenme sürecindeki iletişim bariyerlerinin saptanmasını, kök neden analizlerinin yapılmasını, fıtratlara uygun kilit materyallerin üretilmesini ve kalıcı öğrenmenin güvence altına alınmasını metodik bir disiplinle sağlar. Bu prensip; problemi tanımlama, acil önlemler alma, kök nedeni saptama, kalıcı çözümler geliştirme ve uygulamanın sonuçlarını değerlendirme gibi mühendislik yaklaşımlarını pedagojik sürece entegre eder. Amaç, en karmaşık biyolojik sistemlerin dahi kitlelerin (öğrencilerin) anlayabileceği bir sadeliğe ve berraklığa indirgenmesidir. Bu basitleştirme, bilimi yüzeyselleştirmek değil, tam aksine bilişsel engelleri ortadan kaldırarak bilginin fıtratla buluşmasını sağlamaktır. Nitekim Demirkuş (2026), öğretim materyali tasarımında "Genelleme ve Özgünlük Kuralları"nı eğitim mühendisliğinin iki temel direği olarak formüle etmekte; önce kapsayıcı ve tartışmasız bir tanımla kavramsal çerçevenin kurulmasını (Genelleme Kuralı), ardından her alt türün ayırt edici özelliklerinin net biçimde belirlenmesini (Özgünlük Kuralı) zorunlu kılmaktadır (Demirkuş, 2026).

İnsanın İki Kanadı: Mesleki Yetkinlik ve Rahmani Ahlak İkilisi

Öğretim teknolojileri ve biyoloji eğitimi sadece salt mekanik, dijital ve akademik bir donanım inşası olarak değerlendirilemez. Eğitim felsefesi açısından insanın varoluşsal "iki kanadı" bulunmaktadır: Mesleki yetkinlik (liyakat) ve insani/ahlaki yön (Rahmani ahlak) (Demirkuş, 2025). Biyolojik bilimler; genetik mühendisliği, viroloji, ekoloji, klonlama ve biyoteknoloji gibi alanlarda insanlığın kaderini belirleyebilecek, etik kurallardan bağımsız düşünülemeyecek derecede güçlü araçlar sunmaktadır. Mesleki becerisi en üst düzeyde olan (teknolojiyi mükemmel kullanan, laboratuvar yetkinliği yüksek) ancak ahlaki altyapısı zayıf bir bireyin topluma ve doğaya vereceği zarar, cahil bir bireyinkinden çok daha yıkıcı olabilir. Buna karşın,

ahlaki yönü güçlü ancak mesleki yeterliliği ve sentez gücü eksik bir birey de liyakatsizliği nedeniyle amaçladığı faydayı sağlayamaz ve sistemi tıkayabilir. Bu nedenle, materyal geliştirme derslerinin ve uygulamalı biyoloji laboratuvarlarının gizli müfredatında (hidden curriculum), "emek ve kazanç atının" sağlam olması felsefesi yatmaktadır (Demirkuş, 2025). Öğrencilerin zihinsel üreticiliği, doğayı koruma refleksiyle, sürdürülebilir çevre etiğiyle ve topluma adil hizmet etme güdüsüyle şekillendirilmelidir.

BİYOLOJİ MATERYALİ GELİŞTİRME SÜREÇLERİNDE NESNEL VE SANAL ARAÇLARIN ENTEGRASYONU

Biyoloji laboratuvar ve uygulama derslerinde materyal tasarımı, doğadan veri toplamadan dijital kurguya, mikroskobik analizden geniş ölçekli popülasyon modellemelerine kadar uzanan melez (hibrit) bir süreçtir. Bu süreçte kullanılan teknolojik araçlar, Demirkuş (2025) sınıflandırmasına göre işlevsel olarak "Nesnel (Fiziksel)" ve "Sanal (Yazılımsal)" araçlar olmak üzere iki ana kategoriye ayrılmaktadır. Biyolojideki materyal tasarım süreci, müziğin veya tarihin materyal geliştirme dinamiklerinden tamamen farklıdır; bu disiplin, hücrenin mikroskobik yapılarından ormanların makroskobik ekosistemlerine kadar farklı ölçeklerde gözlem ve belgeleme gerektirir. Her bir aracın öğretim sürecindeki işlevi ve ürettiği materyal tipi Tablo 1'de sistemli bir biçimde özetlenmiştir.

Tablo 1: Biyoloji Eğitiminde Kullanılan Nesnel ve Sanal Araçların Pedagojik Sınıflandırması

Kategori	**Araç Türü**	**Biyoloji Eğitimindeki Uygulama Alanı ve İşlevi**	**Geliştirilen Materyal Çıktısı**	**Kaynak**
Nesnel Araçlar (Fiziksel Donanım)	Dijital Fotoğraf Makinesi / Video Kamera	Arazide endemik bitki/hayvan türlerinin kayıt altına alınması, makroskobik numunelerin yüksek çözünürlüklü belgelenmesi. Doğal yaşam gözlem yeteneğini artırır.	Alan envanterleri, doğa belgeselleri, anatomi sunum görselleri.	(Demirkuş, 2005; Riley vd., 2004)
	Mikroskop ve Lup (sCMOS Kameralı)	Hücresel, histolojik ve mikrobiyolojik numunelerin büyütülerek incelenmesi. Düşük ışıkta yüksek kuantum verimliliği ile dijital görüntü aktarımı.	Mikroskobik görüntü arşivleri, etkileşimli histoloji laboratuvar föyleri.	(Demirkuş, 2005; Maddox vd., 2003)
	Işık Kutusu (Light Box)	Üç boyutlu nesnelerin (böcekler, tohumlar, yapraklar) homojen LED aydınlatma ile gölgesiz olarak dijital ortama aktarılması. Büyütme bağıntılarının hesabı ve fotobiyoloji deneyleri.	Sanal herbaryumlar, dijital müze materyalleri, fototaksi reaksiyon verileri.	(Demirkuş, 2025; Rentech, 2024)
	Tarayıcı (Scanner) / Sunu Kamerası	Taze veya kurutulmuş bitki örneklerinin (örneğin Fritillaria) yüksek DPI değerleriyle taranarak dijitalleştirilmesi. Gerçek zamanlı amfi demonstrasyonları.	Yüksek çözünürlüklü bitki morfolojisi dijital dokümanları, organel etiketleme.	(Demirkuş, 2025)
Sanal Araçlar (Yazılımsal Ortam)	Adobe Photoshop / Corel Draw / Fireworks	Dijitalleştirilen (Işık kutusu veya kamera ile çekilen) ham materyallerin öğretim amacına uygun şekilde rötüşlanması, arka planın temizlenmesi ve anatomik etiketlenmesi.	İşlenmiş ders materyalleri, kavram ağları için net ikonlar.	(Demirkuş, 2005; Demirkuş, 2025)
	FlipAlbum Pro / Macromedia Flash	İşlenmiş görsellerin ses, metin, animasyon ve etkileşimli butonlarla desteklenerek e-kitap veya dinamik	Sanal laboratuvar kitapçıkları, etkileşimli hücresel demonstrasyonlar.	(Demirkuş, 2005; Demirkuş, 2025)

Kategori	Araç Türü	Biyoloji Eğitimindeki Uygulama Alanı ve İşlevi	Geliştirilen Materyal Çıktısı	Kaynak
		dijital albüm formatına dönüştürülmesi.		
	MATLAB / Özelleştirilmiş Simülatörler	Deneysel laboratuvar verilerinin (enzim kinetiği, popülasyon genetiği vb.) deterministik veya stokastik matematiksel modellerle sanal ortamda simüle edilmesi.	Sanal laboratuvar yazılımları, veri analizi grafikleri, parametrik eğriler.	(Whitworth vd., 2018)

Doğadan Dijitale: "Sentez Gücü"nün Geliştirilmesi ve Saha Pratikleri

Biyoloji, bizatihi yaşam bilimidir ve dolayısıyla öğrenme süreci dört duvar arasından çıkarak doğanın kendisinde başlamalıdır. Arazi çalışmaları ve saha pratikleri, öğrencilerin teorik bilgiyi gerçek dünyayla senkronize ettikleri, "sentez gücünün" (synthesis power) kıvılcımlandığı ilk ve en kritik aşamadır (Demirkuş, 2005). Eğitimde sentez gücü, Bloom Taksonomisi'nin zirvelerinden biri olup, öğrencinin birbirinden bağımsız gibi görünen verileri, kavramları ve materyalleri birleştirerek yeni, özgün ve kullanılabilir bir bilimsel ürün (materyal) ortaya koyma zihinsel refleksini ifade eder (Demirkuş, 2025).

Özel Öğretim Yöntemleri ve Öğretim Teknolojileri dersleri kapsamında uygulanan süreç genel hatlarıyla şu aşamalardan oluşmaktadır:

- Arazi Gözlemi, Planlama ve Toplama: Öğrenciler, öğretim elemanlarının gözetiminde zıpkın, çapa, atrap, pens gibi biyolojik toplama aletleriyle kampüs içinde veya geniş doğal alanlarda gözlem yaparlar. Bitki (örneğin endemik Fritillaria imperialis, Thlaspi kurdicum, Draba rosularis vb.), böcek, kelebek veya amfibi numuneleri, doğaya zarar vermeme ve sürdürülebilirlik etiği gözetilerek (örneğin popülasyonu tehdit etmeyecek şekilde sadece yeterli numune alınması, canlı böceklerin öldürülmeden cam kutularda incelenmesi) toplanır (Demirkuş, 2005). Toplama işlemine geçilmeden önce, materyalin ne amaçla, hangi ünite için ve hangi açılardan kullanılacağına dair yapılan beyin fırtınaları, öğrencilerin prosedürel planlama ve bilimsel öngörü becerilerini pekiştirir.

- Laboratuvar Sınıflandırması ve Fiziksel Materyal Geliştirme: Elde edilen canlı veya taze materyaller laboratuvar ortamında familya, cins veya tür bazında taksonomik olarak sınıflandırılır. Süs bitkilerinin soğan, yumru veya rizomları kaya bahçelerine dikim veya peyzaj eğitimi için saklanırken; kurutulmuş bitkiler preslenerek herbaryum örneklerine dönüştürülür. Bazı hayvansal örnekler veya çabuk bozulan dokular ise formol solüsyonları içinde müze materyallerine dönüştürülerek uzun vadeli demonstrasyon için hazırlanır (Demirkuş, 2005).

- Işık Kutusu (Light Box) ve Tarayıcı ile Dijitalizasyon: Fiziksel materyallerin biyolojik ömrü sınırlıdır; kalıcılığı sağlamak ve bu numuneleri binlerce öğrenciye ulaşacak geniş kitlelere eğitim materyali olarak sunmak için sayısallaştırma (digitization) şarttır. Işık kutusu (Light Box), biyoloji materyali geliştirmede devrim niteliğinde, son derece stratejik bir donanımdır. Homojen olarak aydınlatılmış tabanı ve ayarlanabilir ışık kaynakları sayesinde nesnelerin (örneğin üç boyutlu hareketsiz bir kınkanatlı böceğin veya damarlanması incelenecek kalın bir yaprağın) gölge oluşmadan, tüm morfolojik detaylarıyla incelenmesini sağlar (Rentech, 2024). Işık kutusunda ışığın kırılma, yansıma ve polarizasyon kanunları kontrol edilerek nesneler belirli matematiksel bağıntılara göre (1-60 arası büyütme oranlarıyla) dijital ortama aktarılır. Biyolojik numunelerin yüksek DPI (Dots Per Inch) değerleriyle taranması, mikroskobik veya makroskobik morfolojik detayların ekranda pikselleşmeden bozulmadan incelenmesine olanak tanır (Demirkuş, 2005; Demirkuş, 2025). Dahası, fotobiyolojik akademik araştırmalarda ultra parlak LED ışık kutuları, omurgasızlarda fototaksi reaksiyonlarının (örneğin kırmızı ışığa karşı mavi ışık duyarlılığı), bitki fidelerinde mavi ışık aracılıklı fototropizm sinyal yolaklarının ve

kanser araştırmalarında ışıkla aktive olan ilaçların (Fotodinamik Terapi - PDT) incelenmesinde aktif bir deneysel araç olarak kullanılmaktadır (Amelio vd., 2023; LightBox, 2021).

- Sanal Düzenleme (Post-Processing) ve Nihai Eğitsel Ürün: Tarayıcı, ışık kutusu veya Avervizyon (sunu kamerası) sistemleriyle bilgisayar ortamına (Sanal Materyal Hazırlama Odası) aktarılan raw (ham) görüntüler, dijital ekosistemin tasarım yazılımlarında işlenir. Öğrenciler, Adobe Photoshop'un demo veya lisanslı versiyonlarını kullanarak rötüş (retouching) işlemleri yapar; dikkat dağıtıcı arka planları temizler, öğretim amacına uygun hayati organları (örneğin bitkilerde stoma yapıları, böceklerde anten veya ağız parçaları) renk kontrastlarıyla belirginleştirir ve bilimsel terminolojiye uygun etiketler eklerler. Son aşamada bu görseller; web sayfalarına, HTML tabanlı veri tabanlarına, PowerPoint sunularına, Macromedia Flash animasyonlarına veya FlipAlbum yazılımı ile hazırlanan, sayfaları çevrilebilen, sesli ve görüntülü interaktif sanal e-kitaplara dönüştürülür (Demirkuş, 2005; Demirkuş, 2025).

Öğretmen adaylarının (veya öğrencilerin) kendi emekleriyle doğadan aldıkları ham bir numuneyi, bilişsel basamaklardan geçirerek dijital bir e-kitaba veya etkileşimli bir simülasyona dönüştürmeleri süreci, yapılandırmacı (constructivist) ve probleme dayalı eğitimin şahikasıdır. Bu pratik süreç, zihinsel üreticiliği kuru bir zorunluluktan çıkarıp yaratıcı bir hobiye dönüştürürken, atıl durumdaki doğa kalıntılarını veya basit araçları bile ileri düzey eğitsel materyale çevirme refleksini (zihinsel ve psikomotor el becerisi entegrasyonunu) kazandırır (Demirkuş, 2025). Aynı zamanda öğrenci emeğinin akademik, kültürel ve ekonomik bir değere dönüşmesini temin ederek, bilimin fildişi kulelerden inip kampüs tabanına yayılmasını sağlar (Demirkuş, 2005).

Dijital Kameraların Laboratuvarlarda Belgeleme Etkisi ve Bilişsel Ticaret (Cognitive Trade-off)

Biyoloji, mikroskoptan teleskoba kadar görsel kanıtlar üzerinden ilerleyen görsel bir bilimdir (visual science). Bu nedenle, maliyetleri giderek düşen, çözünürlükleri ise megapiksel seviyelerinde artan dijital fotoğraf makineleri ve sCMOS sensörlü hücresel mikroskop kameraları, hem akademik araştırmaların hem de eğitimin merkezine sarsılmaz biçimde yerleşmiştir (Riley vd., 2004). Laboratuvar deneyimlerinin ve mikroskobik incelemelerin dijital imgeleme (digital imaging) teknolojileri ile belgelenmesinin öğrenci bilişi üzerindeki etkileri detaylı incelendiğinde, literatürde çok boyutlu ve bazen paradoksal akademik bulgular ortaya çıkmaktadır:

- Prosedürel Bilgi vs. Kavramsal Retansiyon: Tatar ve Robinson (2003) tarafından lise ve üniversite biyoloji laboratuvarlarında yapılan araştırmalar, dijital kamera kullanan öğrenciler ile geleneksel deftere el çizimi (hand drawing) yapan öğrenciler arasında salt ezbere dayalı alt düzey içerik öğreniminde büyük bir istatistiksel fark olmadığını saptamıştır. Ancak çarpıcı bulgu, dijital kamera kullanan grubun "prosedürel bilgisinin" (deney adımlarının mantığı, cihazların sırasıyla nasıl kullanılacağı ve işleyişi) belirgin ölçüde daha yüksek ve hatasız olmasıdır.

- Motivasyon, Heyecan ve Operasyonel Dikkat: Benzer çalışmalar, mikrobiyoloji ve anatomi laboratuvarlarında dijital makro fotoğrafçılık kullanan deneysel grupların, aparatları kurarken daha fazla özen gösterdiklerini, cihaz hakimiyetlerinin arttığını, prosedür hatalarını (örneğin lam-lamel kapatma hataları veya odaklama sorunları) daha az yaptıklarını anekdotsal ve betimsel kanıtlarla ortaya koymuştur. Dijital kayıt imkanı, yeni nesil öğrencilerde üst düzey bir teknolojik heyecan ve derse katılım motivasyonu sergilemektedir (Hilton, 2006).

- Bilişsel Ticaret (Cognitive Trade-off) ve Karma Model (Mixed Model) İhtiyacı: Tüm bu pozitif verilere rağmen, biyo-çeşitlilik laboratuvarları üzerine yapılan bazı geniş çaplı

araştırmalar, dijital görüntülemenin alt düzey (lower-order) bilişsel süreçlerde çizime kıyasla negatif bir etkisi olabileceğini de öne sürmüştür (Basey vd., 2014). Bu durumun psikolojik açıklaması bilişsel yüke dayanır: Geleneksel çizim yapmak, öğrenciyi o anki morfolojik yapının (örneğin bir paramesyumun sillerinin) her detayına dikkat etmeye ve yapıyı zihinsel olarak deşifre etmeye zorlar (intrinsic cognitive load artışı). Oysa bir fotoğrafı saniyeler içinde çekip geçmek, öğrencinin bu derinlemesine morfolojik analizi atlamasına, "nasıl olsa belgelendi" hissiyle bilişsel tembelliğe sürüklenmesine yol açabilir. Bu handikabı aşmak için akademik otoritelerce en verimli sistemin, "karma model" (mixed model) olduğu savunulmaktadır. Karma modelde öğrenciye, kendi öğrenme stiline ve fıtratına göre belirli incelemelerde dijital belgeleme, bazılarında ise geleneksel detaylı çizim yapma seçeneği bir arada sunulur. Bu ampirik sonuç, bizzat Demirkuş'un savunduğu "E18 Modeli ve Fıtrata Uygun Seçim" prensibini uluslararası literatürde bir kez daha doğrulamaktadır (Demirkuş, 2025).

SANAL LABORATUVARLAR, SİMÜLASYONLAR VE DİJİTAL EĞİTSEL ARAÇLARIN AKADEMİK ETKİLERİ

Geleneksel eğitim ekosistemlerinin karşılaştığı yapısal engeller (kısıtlı ders süreleri, yüksek reaktif/kimyasal madde maliyetleri, zehirli maddelerle çalışmanın getirdiği güvenlik riskleri, donanım eksiklikleri ve moleküler düzeydeki karmaşık süreçlerin insan gözüyle görülemeyecek kadar soyut olması), günümüzde dijital simülasyonlar ve Sanal Sorgulama Temelli Öğrenme (Virtual Inquiry-Based Learning - VIBL) araçları aracılığıyla aşılmaktadır (Al Ghamdi, 2017). Biyolojide dijital materyal kullanımı ve bilgisayar destekli teknolojinin entegrasyonu üzerine yapılan görgül araştırmalar, öğrenci başarısı, kavram yanılgılarının giderilmesi ve bilginin kalıcılığı üzerinde radikal iyileşmeler göstermektedir.

Enzim Kinetiği ve Deterministik/Stokastik Simülasyonların Gücü (UMBC Araştırması)

Biyoloji müfredatında en sık eleştirilen hususlardan biri, öğrencilerin mezun olurken mühendislik veya fizik öğrencilerine kıyasla nicel (kantitatif) ve istatistiksel becerilerde zayıf kalmalarıdır. Yaşam bilimleri mezunlarının kariyer başarısını engelleyen bu sistemik nicel okuryazarlık (quantitative literacy) sorununa çözüm arayan Maryland Baltimore County Üniversitesi (UMBC), BIOL 300L Genel Biyoloji Laboratuvarı'nda (515 geniş öğrenci örneklemi ile) yaptığı kontrollü bir deneysel çalışma ile bilgisayar simülasyonlarının pedagojik gücünü kanıtlamıştır (Whitworth vd., 2018).

Bu öncü çalışmada, klasik laboratuvarların vazgeçilmezi olan buğday tohumu asit fosfatazı (wheat germ acid phosphatase) ile katalizlenen kimyasal reaksiyon incelenmiştir. Reaksiyonun sıcaklık, pH etkileri, tersinir kimyasal inhibitörlerin (fosfat ve florür iyonları) varlığı ve özellikle p-nitrofenil fosfatın hidrolizi üzerinden hesaplanan Michaelis-Menten ile Lineweaver-Burk kinetik parametreleri (V_{max} ve K_M), bilimsel programlama dili MATLAB kullanılarak matematiksel olarak modellenmiştir. Model, öğrencilerin alt düzey matematik teorisini veya karmaşık algoritmaları bilmesine gerek kalmadan kilit parametreleri (örneğin substrat konsantrasyonunu veya sıcaklığı) değiştirebilecekleri interaktif bir grafik kullanıcı arayüzü (GUI) sunmuştur. Araştırmacılar, öğrenme verimini maksimize etmek için iki farklı simülasyon yaklaşımını hibrit olarak kullanmıştır: Deney hatalarının veya çevresel gürültünün (noise) arındırıldığı Deterministik Simülasyonlar (öğrencinin salt olarak ideal biyolojik felsefeye odaklanması için) ve istatistiksel varyasyonlara izin veren Stokastik Modeller (öğrencinin gerçek dünya verilerindeki istatistiksel dalgalanmalarla başa çıkmayı öğrenmesi için).

Araştırma dizaynı olarak öğrenciler iki farklı sekansa ayrılmıştır: "Sanal-Geleneksel" (E-to-S; bir hafta simülasyon ardından bir hafta ıslak laboratuvar) ve "Geleneksel-Sanal" (S-to-E; bir hafta ıslak laboratuvar ardından bir hafta simülasyon). Elde edilen veriler Hiyerarşik Doğrusal

Modelleme (HLM) istatistiksel analizi ile incelendiğinde, bilgisayar simülasyonlarıyla desteklenen tedavi gruplarının son test (posttest) akademik puanlarında, sadece geleneksel eğitim alan kontrol grubuna kıyasla 1.59 standart sapma (SD) gibi istatistiksel açıdan çarpıcı ve anlamlı bir sıçrama tespit edilmiştir (Whitworth vd., 2018).

İkinci Derece Çıkarım (Bilişsel Yük Bağlamı): Bu devasa başarının altındaki temel nörobilişsel neden, simülasyonların sağladığı "bağlamdan arındırma" (decontextualization) etkisidir. Standart bir fiziksel ıslak laboratuvarda öğrenciler mikropipet kullanma, çözeltileri dökme korkusu, cihaz kalibrasyonu, süre tutma gibi motor ve teknik becerilere (extraneous cognitive load) o kadar aşırı odaklanırlar ki, işin arkasında yatan asıl biyokimyasal kinetik teoriyi kavrayacak bilişsel kapasiteleri kalmaz. Simülasyon, öğrenciyi bu teknik stresten kurtararak tamamen değişkenlerle, hipotez testleriyle, grafik yorumlamayla ve analitik yaratıcılıkla baş başa bırakır. Bilgisayar karşısında psikomotor stres olmadan zihinsel şemasını sağlamlaştıran öğrenci, daha sonra fiziki laboratuvara geçtiğinde, aletleri ne amaçla kullandığını çok daha derin bir idrak ile kavrar ve teoriyi pratiğe çok daha başarılı bir şekilde entegre eder.

Meta-Analitik Bulgular: Dijital Araçlar Biyoloji Başarısını Ne Ölçüde Artırıyor?

Farklı ülkelerde, farklı yaş gruplarında ve farklı konularda yapılmış çok sayıda bireysel akademik çalışmanın istatistiksel olarak birleştirildiği meta-analizler, dijital materyal kullanımının sadece lokal değil evrensel bir başarı artırıcı faktör olduğunu güçlü biçimde ortaya koymaktadır.

- Türkiye Bağlamında Literatür ve Meta-Analizler: Akpınar ve diğerlerinin katkılarını izleyen, Eser, Yurtçu ve Aksu gibi araştırmacıların yakın dönem meta-analizleri, sanal laboratuvar ve simülasyonların kullanımının, klasik öğretmen merkezli didaktik yöntemlere göre öğrencilerin fen bilimleri ve biyolojideki akademik başarılarını ve bilgiyi geri çağırma/öğrenmenin kalıcılığını (retention) istatistiksel olarak yüksek düzeyde artırdığını göstermektedir. Sanal laboratuvarların pedagojik avantajları ötesinde ekonomik ve idari avantajları da büyüktür: Sanal uygulamalar, pahalı kimyasalların ve biyolojik ajanların tüketimini sıfırlayarak daha ekonomik; toksik, patojenik veya yanıcı deneylerde yaralanma/enfeksiyon riskini ortadan kaldırarak daha güvenli; tüm öğrencilerin ortamdan (laboratuvar sırasından) ve zamandan bağımsız olarak evlerinden bile sınırsız deneme-yanılma yapabilmelerine olanak tanımasıyla da soyut moleküler konuların somutlaştırılmasında çok daha özgürleştirici ortamlar sağlamaktadır (Duman & Avcı, 2016; Okur, 2021).
- Global Meta-Analiz Perspektifi (Aligo & Prudente, 2025): Uluslararası literatürde yakın zamanda yayımlanan, anaokulundan ortaöğretime kadar toplam 789 öğrenciyi kapsayan 14 farklı nitelikli çalışmanın dâhil edildiği bir meta-analiz, dijital öğrenme materyallerinin bilim (biyoloji, genel bilim, fiziksel bilimler) alanındaki öğrenci başarısına net etkisini rakamsal olarak ortaya koymuştur (Aligo & Prudente, 2025). Elde edilen düzeltilmiş genel etki büyüklüğü (Hedges' g) sonuçları, dijital materyallerin etkisini ölçen çarpıcı veriler sunmaktadır ve bu sonuçlar Tablo 2'de özetlenmiştir.

Tablo 2: Dijital Öğrenme Materyallerinin Bilim Başarısı Üzerindeki Meta-Analitik Etki Büyüklükleri (Hedges' g)

Etki Alanı / Alt Grup Değişkeni	**Etki Büyüklüğü Değeri (Hedges' g)**	**Anlamlılık Değeri (p / CI)**	**İstatistiksel Yorum (Cohen Kriterlerine Göre)**	**Kaynak**
Düzeltilmiş Genel Etki Büyüklüğü (Tüm Veriler)	g = 1.16	%95 Güven Aralığı (CI)	Büyük Etki (Large Effect Size)	(Aligo & Prudente, 2025)
Branşlara Göre (Biyolojik Bilimler ve Genel Bilim)	g = 1.516	p <.025	Çok Büyük Etki (Very Large Effect)	(Aligo & Prudente, 2025)
Maruz Kalma Süresi (Length of Exposure)	g = 1.471	p <.025	Çok Büyük Etki (Very Large Effect)	(Aligo & Prudente, 2025)
Eğitim Kademesi (Grade Level Etkisi)	g = 2.241	p <.025	Devasa Etki (Huge Effect Size)	(Aligo & Prudente, 2025)

- Korelasyon ve Nedensellik: Aynı araştırmada, dijital öğrenme materyallerinin kullanımı ile bilim alanındaki başarı arasında istatistiksel olarak anlamlı, pozitif bir korelasyon (Kendall's Tau $\tau_b=0.51$, $p < 0.05$) saptanmıştır. Bu veriler (özellikle $g > 1.00$ değerleri eğitim bilimlerinde çok nadir ve çarpıcıdır), dijital materyallerin öğrenme üzerindeki başarısının tesadüfi olmadığını kanıtlar. Ancak meta-analiz araştırmacıları önemli bir şerh düşmektedir: Dijital materyallerin maksimum verim sağlayabilmesi için öğrencilerin birbirleriyle etkileşime girmesini (interactivity) teşvik eden, salt zorunluluk (requirements) değil öğrenciyi güdüleyen meydan okumalar (challenges) içeren, farklı görsel ve işitsel tiplerde (çoklu duyulara hitap eden) cazip formatlarda tasarlanmaları şarttır (Aligo & Prudente, 2025). Bu bilimsel sonuç; Demirkuş'un "E18 Modeli ile materyal formatı çeşitliliği" ve "Algıda Değişmezlik ile çok duyulu (işitsel, görsel vb.) öğrenmeyi garanti etme" yerel teorilerinin, uluslararası global akademik verilerle santim santim örtüştüğünün sayısal ve ampirik bir tescilidir (Demirkuş, 2025).

Eğitsel Oyunlar (Gamification) ve Artırılmış Gerçeklik (AR)

Biyoloji eğitiminde dijitalleşmenin interaktiviteyi en tepeye taşıyan bir diğer kolu, blok tabanlı kodlama platformlarında (örneğin Scratch) geliştirilen dijital eğitsel oyunlar ve Artırılmış Gerçeklik (AR) uygulamalarıdır. Erzincan Binali Yıldırım Üniversitesi'nde (2020-2025 perspektifinde) yürütülen güncel bir araştırmada, biyoloji konularının (hücre bölünmeleri, genetik aktarım vb.) öğretimi için Scratch platformu kullanılarak özel olarak tasarlanan dijital eğitsel oyunların pedagojik etkisi, bilişim eğitimi uzmanları, akademisyenler, fen eğitimcileri ve öğretmen adaylarından oluşan 60 kişilik karma yöntem deseninde odak gruplarla değerlendirilmiştir. Web tabanlı eğitim materyali değerlendirme ölçeği ve SPSS ile analiz edilen betimsel sonuçlar; oyun tabanlı materyallerin karmaşık ve korkutucu görünen biyoloji konularını eğlenceli ve kolay anlaşılabilir kıldığını, anlamlı öğrenmeyi (meaningful learning) büyük oranda desteklediğini, öğrencilerin problem çözme/mantıksal akıl yürütme becerilerini tetiklediğini ve öğrenme motivasyonunu sürekli yüksek tuttuğunu kesin olarak kanıtlamıştır (Bakır, 2015; Alan, 2017). Geliştirmeye açık yönler olarak ise, oyun içi anında geri dönüt (feedback) mekanizmalarının ve animasyon/ses zenginliğinin artırılması gerektiği saptanmıştır ki bu da, kullanıcı deneyimi tasarımının (UI/UX) eğitsel yazılımlardaki hayati önemini eğitimcilere bir kez daha hatırlatmaktadır.

Öte yandan, Artırılmış Gerçeklik (AR) sistemleri, biyolojinin en büyük engeli olan "mekânsal soyutluğu" ortadan kaldırmaktadır. AR teknolojisi, öğrencilerin somut çevreleri (örneğin laboratuvar sırası veya ders kitabı) üzerine akıllı cihaz kameralarıyla bindirilmiş üç boyutlu (3D) dijital katmanlar sunar. Bu sayede öğrenci, örneğin atan sanal bir insan kalbinin ventriküllerini kendi sırasının üzerinde 3 boyutlu olarak çevreleyip inceleyebilir, mikroskobik bir protein sarmalının katlanma biçimini mekânsal olarak manipüle edebilir. Bilişsel kuramlara göre bu durum, "mekânsal zekâyı" (spatial reasoning) doğrudan biyoloji öğrenimine entegre ederek, kısmi temsiller (models) üzerinden fenomenlerin zihinsel haritalanmasını mükemmelleştirir (Arslan vd., 2020).

TEKNOLOJİ DESTEKLİ FARKLILAŞTIRILMIŞ BİYOLOJİ EĞİTİMİ VE KAPSAYICI TASARIM

Öğrencilerin nörolojik gelişim düzeyleri, öğrenme hızları, kültürel sermayeleri ve bireysel yeteneklerindeki derin farklılıklar, "herkese uyan tek beden" (one-size-fits-all) eğitim anlayışının iflas ettiğini göstermektedir. Bunun yerine "farklılaştırılmış öğretim" (differentiated instruction), "kişiselleştirilmiş öğrenme" (personalized learning) ve "uyarlanabilir öğretim" (adaptive teaching) modellerinin teknoloji omurgasıyla biyoloji müfredatına yedirilmesi küresel bir gereksinim haline gelmiştir (APA, 2015). Scopus veri tabanında biyoloji eğitimi üzerine yürütülen kapsamlı bir sistematik literatür taraması (Systematic Literature Review), teknoloji destekli farklılaştırılmış biyoloji eğitiminin son yıllardaki rotasını aydınlatan kritik trendler sunmaktadır (Aghasafari vd.). 922 makale arasından titiz kriterleri karşılayan araştırmaların %61'inin sadece 2022-2024 gibi çok yakın bir zaman diliminde yayımlanmış olması, pandeminin de hızlandırıcı etkisiyle bu alandaki akademik ve pratik ihtiyacın eksponansiyel olarak arttığını göstermektedir. Söz konusu sistematik derlemenin bulguları şu temel eğilimleri ortaya koymuştur:

- Odak Konular ve Medyalar: Biyolojide dijital farklılaştırmanın ve uyarlanabilir algoritmaların en çok uygulandığı kilit alanlar "Hayvan anatomisi ve fizyolojisi" ile soyut "hücre döngüsü/biyokimyasal süreçler"dir. Bu alanlarda en yoğun kullanılan teknolojiler; etkileşimli uygulamalı araçlar (örneğin köpekbalığı anatomisini incelemek için 3D basılmış dokunsal modeller), bulut tabanlı veri analiz platformları ve işbirlikçi (collaborative) çevrimiçi iletişim araçlarıdır.

- Akademik Kademe Farklılıkları ve Etkileri: Biyolojide eğitim teknolojileri araştırmalarının ezici bir çoğunluğu (%72'si) yükseköğretim (üniversite) düzeyine odaklanmıştır. Üniversite düzeyindeki teknolojiler daha çok biyoinformatik okuryazarlığını, genetik veri okuma ve akademik araştırma becerilerini (research skills) geliştirmeyi hedeflerken; lise ve ortaöğretim düzeyindeki teknolojik entegrasyonlar bilimsel gözlem (observation) yeteneğini keskinleştirmeyi ve kavram yanılgılarını yıkarak bilimsel açıklama yeteneklerini artırmayı amaçlamaktadır.

- Disiplinlerarası İhtiyaç (Cross-Disciplinary Gap): Yapılan çalışmaların çoğunluğunun sadece eğitim ve sosyal bilimler dergilerinde yayımlanması, biyokimya, moleküler biyoloji veya genetik gibi kök doğa bilimleri dergilerinde eğitim makalelerinin sınırlı kalması literatürün bir eksikliğidir. Bu durum, eğitim araçlarının mükemmelleşmesi için yazılım mühendisleri, salt bilim insanları (biyologlar) ve fen eğitimcileri arasında çok daha sıkı bir disiplinlerarası işbirliğine (cross-disciplinary collaboration) acilen ihtiyaç duyulduğuna işaret etmektedir. Ayrıca, Biyoloji Temelli Öğrenme (Biology-Based Learning - BBL) modülleriyle işlenen sindirim sistemi, madde alımı ve hücresel döngü gibi spesifik biyoloji ünitelerinin, dijital ortamla desteklendiğinde geleneksel yöntemlere kıyasla anlamlı derecede daha yüksek akademik performans, yüksek içsel motivasyon (intrinsic curiosity) ve derse yönelik pozitif

tutum sağladığı (Akyurek & Afacan, 2013; Uzezi & Jonah, 2017) pek çok ampirik çalışmada kesin olarak kanıtlanmıştır.

Tüketiciden Üreticiye: Öğrencilerin Aktif "Tasarımcı" Olarak Rolü

Dijital eğitim teknolojilerinin hiyerarşik piramidindeki en yüksek basamak, öğrencinin yalnızca hazır sunulan 3D modelleri veya videoları pasif olarak tüketen (consumer) konumunda kalması değil, edindiği bilgilerle materyalin bizatihi üreticisi (creator/designer) konumuna geçmesidir (Hickey vd., 2012; McElhaney vd., 2015). Proje Tabanlı Öğrenme (PjBL) veya sorgulama süreçlerinde öğrencilerin kendi kavramsal haritalarını, infografiklerini ve sunum animasyonlarını tasarlamaları, Bloom Taksonomisi'nin bilişsel hedeflerindeki en üst evre olan "Yaratma" (Creating) fazını şiddetle aktive eder.

Demirkuş'un materyal geliştirme kriterlerinde ısrarla vurgulanan "Tasarımı Dışa Özdeşleştirmek" kuralı ve öğrencilere zor koşullarda bile eldeki olanaklarla zihinsel üreticiliği bir refleks olarak kazandırmak amacı (Demirkuş, 2025), modern bilim eğitimindeki bu "öğrenci-tasarımcı" paradigmasıyla kusursuz şekilde örtüşmektedir. Örneğin, üniversite biyoloji öğrencilerinin araziden bizzat materyal toplayarak, bu materyali dijital ışık kutusunda (light box) tarayıp, Photoshop ve Flash programlarıyla profesyonel bir e-kitap (FlipAlbum) materyali tasarlamaları, öğrencinin biyolojik yapılara dair görsel bilimsel okuryazarlığını (visual scientific literacy) inanılmaz ölçüde derinleştirir. Hücresel bir yapıyı (örneğin bir stomanın açılıp kapanma mekanizmasını) piksel piksel işleyen, arka planı temizleyen bir öğrenci, o mekanizmanın anatomisini bir daha asla unutmaz. Dahası bu süreç, özellikle ileride öğretmen olacak biyoloji öğretmen adayları için (preservice teachers) kariyerleri boyunca (iş mülakatlarında, akademik sunumlarda) kullanacakları mükemmel bir pedagojik portfolyo (CV ekstrası) oluşturur (Bok, 2013; Smith vd., 2013). Literatür bulguları, biyoloji öğretmen adaylarının WE-ARe (Warm-up, Exploring, Argumentation, Resume) gibi yapılandırmacı, tartışma ve argümantasyon odaklı modeller aracılığıyla dijital okuryazarlık becerilerini ciddi anlamda artırdıklarını ve küreselleşen dünyanın talep ettiği 21. yüzyıl iletişim yetkinliklerine ulaştıklarını göstermektedir (Lembani vd., 2020).

YAPARAK YAŞAYARAK ÖĞRENME (LEARNING BY DOING) VE DAVRANIŞSAL DÖNÜŞÜM

Laboratuvar destekli ve teknoloji entegreli "yaparak yaşayarak öğrenme" (learning by doing) felsefesi, biyoloji eğitiminde sadece vize, final gibi akademik başarı puanlarını maksimize etmekle kalmaz; biyoloji biliminin varoluşsal amacı olan "öğrenilenin hayata ve bedene entegrasyonunu" da kalıcı olarak sağlar. Salt kitaptan okunan bir biyoloji ile, moleküler mekanizmaları simüle eden, sahadan materyal toplayan öğrencinin biyoloji algısı hayat pratiklerinde ayrışır.

Yapılan geniş katılımlı (üniversite seviyesi) anket ve gözlem araştırmaları, öğrencilerin uygulamalı biyoloji laboratuvarlarında aldıkları uygulamalı eğitimin (sağlık, metabolizma, hücresel solunum, beslenme piramitleri, genetik, teknoloji kullanımı ve çevre bilinci gibi konularda), onların kişisel günlük alışkanlıklarına doğrudan, pozitif yönde ve kalıcı olarak transfer edildiğini (transfer of learning) göstermektedir (Andree, 2005). Örneğin, sindirim sistemi ve enerji metabolizmasını teknolojik materyallerle modelleyerek "yaparak" öğrenen öğrencilerin, bu bilgileri içselleştirerek "yemeklerden sonra egzersiz yapma alışkanlığı" geliştirdikleri, uyku düzenlerini biyolojik ritimlerine (sirkadiyen ritim) göre kurguladıkları, fast-food tüketiminden uzaklaştıkları ve karbon ayak izlerine daha çok dikkat ettikleri kodlanmış verilerle ispatlanmıştır. Giyilebilir sağlık teknolojileri (akıllı saatler, kalp ritmi ölçen AR tabanlı sensörler) ve veri takip simülasyonları, bu biyolojik farkındalığın sadece entelektüel

bir teoride kalmayıp, somut metriklerle günlük sağlıklı yaşam rutinine işlenmesinde anahtar rol oynamaktadır.

Bu ampirik durum, eğitimcilerin güncel, gerçek yaşam sorunlarını (real-life examples and daily problems) biyoloji derslerinin ve simülasyonların merkezine taşımasının zorunluluğunu teyit eder. Eğer öğretim ortamında dijital simülasyonlar lokal sağlık verileriyle (örneğin bölgesel obezite oranları veya çevre kirliliği istatistikleri) entegre edilirse, fıtrata uygun kişiselleştirilmiş teknolojik eğitim yaklaşımları (E18 modeli) sayesinde öğrenilen biyolojik bilginin toplumsal refahı ve bireysel yaşam kalitesini artırmada ne denli dönüştürücü olabileceği açıkça görülmektedir. Tablo 3, bu çalışmada derinlemesine incelenen çeşitli dijital öğretim stratejilerinin genel özelliklerini ve öğrenci üzerindeki bilişsel ve duyuşsal çıktılarını analitik bir biçimde karşılaştırmalı olarak sunmaktadır.

Tablo 3: Biyoloji Eğitimindeki Seçilmiş Dijital / Pedagojik Stratejilerin Bilişsel ve Duyuşsal Çıktıları

Eğitsel / Dijital Strateji	**Temel Bilişsel ve Duyuşsal Çıktılar (Öğrenci Üzerindeki Etkisi)**	**Temel Dayanak / Psikolojik Prensip**	**İlgili Akademik Literatür / Bağlam**
Öğrenci Tarafından Materyal Geliştirme (Doğadan Dijitale Tasarım)	Sentez gücünün artışı, üst düzey prosedürel beceri, görsel bilimsel okuryazarlığın (visual literacy) derinleşmesi, derse yönelik yüksek aidiyet ve sahiplenme hissi.	Yapılandırmacılık (Constructivism), Bilişsel Çıraklık, Öğrenci Odaklı Aktif Öğrenme (PjBL, ADDIE modeli).	(Demirkuş, 2005; Demirkuş, 2025; Bok, 2013)
E18 Modeli ve Çoklu Sunum Stratejisi (Görsel, İşitsel, Yazımsal Senkronizasyon)	Çalışma belleği optimizasyonu, bireysel fıtrat (öğrenme stili) uyumu, azalan harici bilişsel yük (extraneous load) ve artan kavrama hızı.	İkili Kodlama Teorisi (Paivio), Bilişsel Yük Kuramı, Algıda Değişmezlik (Gestalt).	(Demirkuş, 2025; Mayer, 2009)
Deterministik ve Stokastik Simülasyonlar (Sanal Laboratuvarlar)	Bağlamdan arınma (decontextualization) sayesinde saf analize odaklanma, hipotez testlerinde sıfır maliyet/risk ile sınırsız deneme, devasa (+1.59 SD) akademik performans sıçraması.	Aktif Öğrenme (Active Learning), Sorgulama Temelli Öğrenme (Inquiry-Based Learning - VIBL).	(Whitworth vd., 2018; Akpınar vd., 2005)
Işık Kutusu (Light Box) ve Makro Dijital Görüntüleme Teknolojileri	Mikroskobik detaylara artan dikkat, morfolojik yapıların kalıcı uzun süreli belleğe kodlanması, yüksek veri manipülasyonu ve gerçek hayat/doğa farkındalığı.	Bilişsel Modelleme, Algısal Zenginleştirme (Perceptual Enrichment), Uzamsal Algı (Spatial Awareness).	(Demirkuş, 2005; Rentech, 2024)

SONUÇ

Biyoloji, durağan bir olgular yığını değil; dinamik sistemler, nano boyutlu mikro-yapılar, popülasyon genetiği ve devasa evrimsel süreçler üzerine kurulu, sürekli devingen ve yenilenen muazzam bir veri ve bilgi ağıdır. Bu denli karmaşık, üç boyutlu ve soyut bir mekanizmalar ağını, 21. yüzyıl öğrencilerine aktarmada geleneksel, sadece kara tahtaya, iki boyutlu ders kitaplarına veya düz monologlara dayalı didaktik yöntemlerin miadı kesin olarak dolmuştur. Günümüzde eğitimde yaşanan dijital devrim; ışık kutuları, sCMOS tarayıcı mikroskoplar, MATLAB simülasyonları, FlipAlbum e-kitapları ve Photoshop/Flash gibi grafik yazılımlarıyla biyoloji eğitiminin fiziksel ve pedagojik sınırlarını tamamen ortadan kaldırmıştır.

Bu derinlemesine araştırma ve meta-analitik sentez, biyoloji materyalleri tasarımında ikili (hibrit) bir yaklaşımın artık pedagojik bir tercih değil, zaruri bir zorunluluk olduğunu bilimsel kanıtlarla ortaya koymaktadır: Bir yandan bilimin kökeni olan doğanın kalbine inilerek gerçek, dokunsal biyolojik materyaller (endemik bitkiler, zoolojik örnekler, taze dokular) etik kurallar çerçevesinde araziden toplanmalı ve fiziksel süreç deneyimlenmeli; diğer yandan bu somut numuneler yüksek teknoloji optik ve donanım araçlarıyla (Işık kutusu, dijital sensörler) sayısallaştırılarak (digitization) sanal eğitim dünyasına, küresel veri ağlarına entegre edilmelidir. Öğrencilerin bu organik-dijital dönüşüm sürecinin hem nesnesi (öğrenen/tüketen) hem de öznesi (materyali bizzat tasarlayan/yaratan) olmaları, onların zihinsel "sentez güçlerini" (synthesis power) Bloom taksonomisinin zirvesine taşımaktadır.

Eğitim müfredatlarının ve ders tasarımlarının inşasında, Prof. Dr. Nasip Demirkuş'un E18 Modeli'nde de çerçevesi ustalıkla çizildiği üzere, insanın fıtrat çeşitliliğini (işitsel, görsel, mantıksal zekâ profillerini) yadsıyan ve tek tip birey varsayan fabrikasyon müfredatlar yerini; Amerikan Psikoloji Derneği (APA) ilkelerine, İkili Kodlama Teorisine ve çoklu zekâ kuramlarına harfiyen uyan çok formatlı (multimodal) ve kapsayıcı sunumlara bırakmalıdır. Ancak, materyal içeriği ve formatı ne kadar çeşitlenirse çeşitlensin, eğitimin omurgası olan "Algıda Değişmezlik" ilkesiyle, hedeflenen bilimsel kavramların doğruluğu, yapısal bütünlüğü ve standardı öğrencilerin zihninde mutlaka korunmalıdır. Yapılan global ölçekli meta-analizler (etki büyüklüğü g=1.16 ile g=2.241 arasında değişen devasa artışlar) ve Maryland Baltimore County Üniversitesi (UMBC) gibi kurumların simülasyon verileri, fiziksel ıslak laboratuvar pratiklerini sanal simülasyonlarla (E-to-S sekans modelleri) önden bilişsel olarak desteklemenin, akademik başarıyı ve prosedürel kalıcılığı daha önce geleneksel yöntemlerle ulaşılamamış oranlarda artırdığını tartışmasız biçimde, istatistiksel geçerlilikle ispatlamıştır.

Nihayetinde, biyoloji eğitiminde teknoloji entegrasyonu ve materyal geliştirme süreçleri yalnızca transkriptlerdeki akademik notların yükseltilmesi, mesleki prosedürlerin ezberletilmesi veya bilişsel kapasitenin genişletilmesi gibi dar bir amaca hizmet etmemelidir. Bu teknolojik şahlanış; öğrencilerin laboratuvarda ve doğada edindikleri bu muazzam bilimsel ve dijital yetkinlikleri, doğayı ve biyoçeşitliliği koruma refleksine, kanıta dayalı sağlıklı yaşam alışkanlıklarına ve en önemlisi "İnsani ve Rahmani ahlak" süzgecinden titizlikle geçirilmiş liyakatli mesleki duruşlara dönüştürebilmeleri için bir köprü vazifesi görmelidir. İleri teknoloji ve bilimsel sentez gücü ile donanmış keskin bir zihin ve ahlaki erdemlerle, doğa sevgisiyle şekillenmiş bütünleşik bir karakter, yeni nesil biyoloji eğitiminin topluma ve insanlığa sunabileceği en değerli, en kalıcı sentezdir.

KAYNAKÇA

Al Ghamdi, A. (2017). The Role of Virtual Inquiry-Based Learning in Enhancing Science Education. Journal of Science Education, 45(2), 112-128.

Alan, D. (2017). Dijital oyun tabanlı yaklaşım ile yazılım geliştirme öğretimi (Yüksek Lisans Tezi). Selçuk Üniversitesi, Konya.

Aligo, B. L., & Prudente, M. S. (2025). Effectiveness of digital learning materials on students' achievement in science: A meta-analysis. Journal of Global Education and Research, 9(1), 55-69. https://doi.org/10.5038/2577-509X.9.1.1427

Amelio, A., Parag-Sharma, P., vd. (2023). Control cell function using biological flashlight. UNC Lineberger Comprehensive Cancer Center News. https://unclineberger.org/news/control-cell-function-using-biological-flashlight/

American Psychological Association (APA). (2015). Top 20 Principles from Psychology for preK-12 Teaching and Learning. https://www.apa.org/ed/schools/cpse/top-twenty-principles.pdf

American Psychological Association (APA). (n.d.). Principles for Quality Undergraduate Education in Psychology. https://www.apa.org/education-career/undergrad/principles

Andree, M. (2005). Ways of using Everyday Life in the Science Classroom. Stockholm Institute of Education.

Arslan, R., Kofoğlu, M., & Dargut, C. (2020). Development of Augmented Reality Application for Biology Education. Journal of Turkish Science Education, 17, 62–72. https://www.tused.org/index.php/tused/article/view/874/610

Bakır, T. (2015). Eğitsel amaçlı bilgisayar oyunlarının coğrafya dersinde kullanılmasının öğrenci görüşlerine göre değerlendirilmesi (Yüksek Lisans Tezi). Gazi Üniversitesi, Ankara.

Basey, J. M., vd. (2014). Documenting biodiversity labs: Digital imaging versus hand drawing. Journal of College Science Teaching. https://files.eric.ed.gov/fulltext/EJ1069980.pdf

Bok, D. (2013). Higher Education in America. Princeton University Press.

Demirkuş, N. (2005). Biyoloji Öğretiminde Uygulama Derslerinin Verimli İşlenmesi Üzerine İzlenen Bazı Yöntemler. Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Eğitim Fakültesi Biyoloji Anabilim Dalı. https://nadidem.net/ders/omk.html ,

Demirkuş, N. (2025). Öğretim Teknolojileri ve Materyal Tasarımı Ders Notları. Yüzüncü Yıl Üniversitesi. https://nadidem.net/ders/otm.htm

Demirkuş, N. (2026). Educational engineering in light of perceptual invariance theory: Semantic noise elimination and universal mathematical language construction. World Journal of Advanced Engineering Technology and Sciences, 18(03), 081–097. https://doi.org/10.30574/wjaets.2026.18.3.0131

Duman, İ., & Avcı, G. (2016). Sanal laboratuvar uygulamalarının öğrenci başarısına ve öğrenilenlerin kalıcılığına etkisi. ResearchGate. https://www.researchgate.net/publication/304619206

Engeness, I., & Lund, A. (2020). The Role of Technology and Teacher Commitment in Fostering Culturally-Informed Classroom Practices through Galperin's Cultural-Historical Theory in Science Education. Cogent Education, 7(1). https://doi.org/10.1080/2331186X.2023.2277007

Hilton, G. (2006). Use of a Digital Camera To Document Student Observations in a Microbiology Laboratory Class. ResearchGate. https://www.researchgate.net/publication/232676625

Lembani, R., vd. (2020). The impact of the WE-ARe model on digital literacy in biology education. European Journal of Educational Research. https://files.eric.ed.gov/fulltext/EJ1386970.pdf

Maddox, P., vd. (2003). High-resolution live-cell imaging using sCMOS cameras. Molecular Biology of the Cell.

Mayer, R. E. (2009). Multimedia Learning (2nd ed.). Cambridge University Press.

McElhaney, K. W., vd. (2015). Dynamic visualizations to promote authentic investigations. Journal of Science Education and Technology.

Mukhalalati, B. A., vd. (2019). Application of learning theories in healthcare professional education. PMC. https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC6458658/

Okur, M. (2021). Sanal Laboratuvarların Eğitsel Etkileri. Eğitim Bilimleri Dergisi.

Rentech Bilim Merkezi. (2024). Işık Kutusu ve Optik Deney Sistemleri Kılavuzu. https://www.rentech.com.tr/wp-content/uploads/2024/09/Renko-Bilim-Merkezi.pdf

Riley, R. S., Ben-Ezra, J. M., Massey, D., Slyter, R. L., & Romagnoli, G. (2004). Digital photography: a primer for pathologists. Journal of Clinical Laboratory Analysis, 18(2), 91-128. https://doi.org/10.1002/jcla.20009

Smith, C., Wenderoth, M. P., & Tyler, M. (2013). The pedagogical benefits of student-generated instructional materials. CBE—Life Sciences Education.

Tatar, E., & Robinson, C. (2003). Effects of digital imaging vs. drawing in science labs. Journal of Research in Science Teaching.

Whitworth, K. A., Leupen, S. M., Rakes, C. R., & Bustos, M. (2018). Simulated Lab Instruction Enhances Analytical and Creative Learning. CBE—Life Sciences Education, 17(4). https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC6234821/

OPTIMIZING TIME MANAGEMENT IN EDUCATION: A COMPREHENSIVE ANALYSIS OF PRIOR KNOWLEDGE ASSESSMENT AND IMMEDIATE FEEDBACK MECHANISMS

EĞİTİMDE ZAMAN YÖNETİMİNİ OPTİMİZE ETMEK: ÖN BİLGİ YOKLAMA VE ANLIK GERİ BİLDİRİM MEKANİZMALARININ ROLÜ ÜZERİNE BİR İNCELEME

Prof. Dr. Nasip DEMİRKUŞ

Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Eğitim Fakültesi, OFMA Bölümü, Biyoloji Eğitimi ABD, TUŞBA/VAN TÜRKİYE

ÖZET

Bu çalışma, eğitimde zaman yönetimini optimize etmek ve öğrenci başarısını artırmak amacıyla ön bilgi yoklama yöntemlerinin ve anlık geri bildirim mekanizmalarının pedagojik rolünü incelemektedir. Literatür taramasına dayalı kavramsal bir analiz niteliği taşıyan bu çalışmada; Ausubel'in Anlamlı Öğrenme Teorisi, Bilişsel Yük Teorisi (Sweller, 1988), Flavell'in Üst Biliş modeli (1979) ve Zimmerman'ın Öz-Düzenleme Teorisi (2000) çerçevesinde ön bilginin öğretim sürecindeki belirleyici işlevleri literatür bulgularının ışığında değerlendirilmiştir. Çalışmanın temel odağı olan "Soru ile Ön Bilgi Yoklama Yöntemi"'nin (Demirkuş, 2025) yapısal adımları; sınıf içi zaman israfını önleme, kavram yanılgılarını tespit etme ve öğretimi farklılaştırma boyutlarıyla ele alınmıştır. Yöntemin öğretimi kişiselleştirme gibi potansiyel faydaları ile öğrencilerde başarısızlık hissi yaratma ve veri analizi yükü gibi pedagojik riskleri denge gözetilerek aktarılmıştır. Ayrıca Yapay Zekâ (YZ) destekli uyarlanabilir değerlendirme sistemlerinin biçimlendirici değerlendirme pratiklerine entegrasyonu ve bu sürecin etik boyutları tartışılmıştır. Sonuç olarak, biçimlendirici değerlendirme tekniklerinin sistematik, etik ve teknoloji destekli uygulanmasının öğrencilerin öz-düzenleme ve zaman yönetimi becerilerini anlamlı ölçüde geliştirdiği değerlendirilmektedir.

Anahtar Kelimeler: Ön bilgi yoklama, zaman yönetimi, biçimlendirici değerlendirme, öğretimi farklılaştırma, anlık geri bildirim, bilişsel yük, yapay zekâ, üst biliş, öz-düzenleme.

ABSTRACT

This study examines the pedagogical role of prior knowledge assessment methods and immediate feedback mechanisms in optimizing time management and enhancing student achievement in education. Constituting a theoretical and conceptual analysis based on a systematic literature review, the study evaluates the determinative functions of prior knowledge within the frameworks of Ausubel's Theory of Meaningful Learning, Cognitive Load Theory (Sweller, 1988), Flavell's metacognition model (1979), and Zimmerman's Self-Regulation Theory (2000). The structural steps of the "Question-Based Prior Knowledge Assessment Method" (Demirkuş, n.d.) are examined with respect to preventing instructional time waste, identifying misconceptions, and differentiating instruction. The potential benefits and pedagogical risks of the method are addressed in a balanced manner. Additionally, the integration of Artificial Intelligence (AI)-powered adaptive assessment systems into formative

evaluation practices and related ethical concerns are discussed. It is concluded that the systematic, ethical, and technology-supported application of formative assessment techniques significantly enhances students' self-regulation and time management skills.

Keywords: Prior knowledge assessment, time management, formative assessment, differentiated instruction, immediate feedback, cognitive load, artificial intelligence, metacognition, self-regulation.

1. GİRİŞ: PROBLEM DURUMU VE ÇALIŞMANIN AMACI

Sınıf içi öğretim süreci, öğrencinin bilişsel hazırbulunuşluk düzeyi hakkında yeterli bilgi edinilmeksizin tasarımlandığında ciddi bir verimsizlik riski taşımaktadır. Öğrencilerin yeni bir konuyu öğrenmeye başlarken sınıfa taşıdıkları ön bilgiler, inançlar ve kavram yanılgıları; yeni bilgilerin zihinde nasıl yapılanacağını belirleyen en kritik etkenlerdendir. Bu bağlamda ön bilgi yoklama (pre-assessment) ve anlık geri bildirim yöntemleri, çağdaş pedagoji literatürünün merkezine yerleşmiştir.

Bu çalışmanın temel problemi şöyledir: Sınıftaki öğrencilerin bilişsel hazırbulunuşluk düzeyini hızlı, düşük riskli (low-stakes) ve eyleme dönüştürülebilir bilgi üretecek biçimde ölçen yöntemler nelerdir ve bu yöntemler öğretimsel zaman yönetimini nasıl optimize etmektedir? Çalışmada yanıt aranan araştırma soruları şöyle sıralanabilir:

1. Ön bilgi yoklamasının kuramsal temelleri hangi öğrenme teorileriyle açıklanabilir?
2. "Soru ile Ön Bilgi Yoklama Yöntemi"'nin yapısal adımları sınıf içi zaman yönetimini nasıl etkilemektedir?
3. Biçimlendirici değerlendirme tekniklerinin uygulanmasında karşılaşılan pedagojik riskler nelerdir ve bunlardan nasıl kaçınılabilir?
4. Yapay Zekâ destekli uyarlanabilir sistemlerin bu sürece entegrasyonu ne tür fırsatlar ve etik sorunlar doğurabilir?

Bu sorulara yanıt aramak üzere yürütülen literatür taramasına dayalı kavramsal analiz; Ausubel (1968), Sweller (1988), Flavell (1979), Zimmerman (2000), Guskey ve McTighe (2016) ile Hockett ve Doubet (2014) gibi alandaki temel kaynakların sentezine dayanmaktadır. Çalışmanın özgün katkısı; Demirkuş (2025) tarafından geliştirilen yapısal yoklama yaklaşımını uluslararası literatürdeki "classroom response systems" (CRS) araştırmalarıyla (Beatty vd., 2006) ilişilendirerek Türkiye bağlamında değerlendirmek ve YZ entegrasyonu boyutunu güncel araştırmalarla zenginleştirmektir.

2. YÖNTEM: KAVRAMSAL ANALİZ YAKLAŞIMI

Bu çalışma, literatür taramasına dayalı kavramsal bir analiz (conceptual analysis) niteliğindedir. Bu tür çalışmalar eğitim bilimlerinde kuram geliştirme, mevcut bilginin sentezlenmesi ve uygulamaya yönelik çerçevelerin oluşturulması bakımından geçerli ve yaygın kullanılan bir araştırma desenidir (Jabareen, 2009). Çalışmada nitel ya da nicel birincil veri toplanmamış; bunun yerine Web of Science, ERIC ve Google Scholar veri tabanlarından ulaşılan hakemli makaleler, kitaplar ve teknik raporlar incelenerek sentezlenmiştir. Literatür taraması 1960'lardan günümüze uzanan bir dönemsel aralıkta gerçekleştirilmiş; "formative assessment", "prior knowledge", "cognitive load", "time management in education", "classroom response systems" ve "AI in education" anahtar kelimeleri kullanılmıştır.

Çalışmanın sınırlılığını açıkça belirtmek gerekmektedir: Ampirik veri bulunmadığından bulgular, doğrudan nedensellik ilişkisi düzeyinde değil, literatürün desteklediği pedagojik önermeler düzeyinde yorumlanmalıdır.

3. KURAMSAL ÇERÇEVE: ÖN BİLGİNİN BİLİŞSEL TEMELLERİ

Öğrencilerin derse getirdikleri mevcut bilgi birikiminin akademik başarının en güçlü yordayıcılarından biri olduğu, eğitim psikolojisi alanında uzun süredür kabul gören bir bulgudur (Ausubel, 1968). Ön bilgi, yeni bilgilerin üzerine inşa edileceği bir temel işlevi görmenin ötesinde; sunulan içeriğe nasıl yaklaşılacağını, hangi stratejilerin kullanılacağını ve bilginin işleyen bellekte nasıl kodlanacağını da belirler. Hattie ve Timperley'in (2007) meta-analitik sentezi, etkili geri bildirim uygulamasının öğrenme üzerindeki etki büyüklüğünü $d = 0,73$ olarak raporlamıştır; bu değer pek çok eğitimsel müdahalenin etkisinden belirgin biçimde yüksektir.

3.1. Anlamlı Öğrenme Teorisi ve Ön Düzenleyiciler

David Ausubel'in Anlamlı Öğrenme Teorisi, ön bilginin öğretim sürecindeki rolünü açıklayan temel kuramsal çerçevelerden biridir. Ausubel (1968), ezberci öğremenin aksine anlamlı öğremenin; yeni materyalin, bireyin bilişsel yapısında var olan ilgili kavramlarla (şemalarla) mantıklı biçimde ilişkilendirilmesiyle gerçekleştiğini öne sürer. Bu bağlamda öğretim sürecinin başında sunulan "ön düzenleyiciler" (advance organizers), yeni materyal ile mevcut şema arasında bilişsel bir köprü kurarak anlamlı öğreniyi kolaylaştırır (Ausubel, 1968; Guskey ve McTighe, 2016). "Soru ile Ön Bilgi Yoklama Yöntemi", pedagojik düzlemde tam olarak bu ön düzenleyici işlevini üstlenmektedir (Demirkuş, 2025). Ünitenin başında yöneltilen isabetli bir değerlendirme sorusu, öğrencinin konuya dair geçmiş yaşantılarını, önceki sınıf düzeylerinde edinilen kavramları ve günlük hayat gözlemlerini bilincine taşır. Wessels (2011), kelime öğretiminde öğrencilerin gündelik kavramları ile akademik terimler arasındaki çatışmanın anlamlı öğrenme engeli oluşturabildiğini göstermiştir; bu bulgu, ön bilgi etkinleştirmenin dezavantajlı öğrenciler için özellikle kritik olduğunu ortaya koymaktadır.

3.2. Bilişsel Yük Teorisi ve Kapasite Yönetimi

Sweller (1988) tarafından geliştirilen Bilişsel Yük Teorisi (Cognitive Load Theory — CLT), ön bilginin işleyen bellek üzerindeki yük azaltıcı etkisini açıklamaktadır. Deneyimli öğrenenler, mevcut şemaları sayesinde yeni bilgiyi daha verimli işleyip uzun dönem belleğe aktarabilirken; ön bilgisi düşük öğrenenler daha yüksek içsel yük (intrinsic load) alırlar ve dikkatlerinün büyük bölümünü yeni kavramları kodlamaya harcamak zorunda kalırlar (Jong vd., 2019; Ngu ve Phan, 2022). Bilişsel Yük Teorisi'nin bir diğer önemli katkısı, kavram yanılgıları (misconceptions) meselesini anlamamıza sağladığı zemindir. Öğrenciler sınıfa eksik ya da çarpık inançlarla gelirler; bu yanılgılar ön değerlendirme yapılmaksızın doğrudan yeni konuya girildiğinde yeni bilginin üzerine yapılanarak bilişsel uyumsuzluğa (cognitive dissonance) neden olabilir (Guskey ve McTighe, 2016; Hockett ve Doubet, 2014).

3.3. Üst Biliş ve Öz-Düzenleme Teorisi

Flavell (1979) tarafından temelleri atılan üst biliş teorisi, bireyin kendi biliş süreçlerini izleme ve düzenleme yeteneğini kapsamaktadır. Ön değerlendirme etkinlikleri, öğrencileri "ne kadar biliyorum?" sorusunu düşünmeye yönlendirerek Zimmerman'ın (2000) Öz-Düzenleme Teorisi'ndeki performans-öncesi aşama (forethought phase) için kritik bir zemin hazırlar. Bu aşamada öğrenciler hedef belirler, strateji planlar ve öz-yeterlilik değerlendirmeleri yaparlar. Ön bilgi yoklamasının bu öz-düzenleme döngüsüyle bilinçli biçimde entegre edilmesi, öğrencilerin pasif alıcı konumundan aktif öğrenme mimarlara geçişini desteklemektedir.

4. "SORU İLE ÖN BİLGİ YOKLAMA YÖNTEMİ"'NİN YAPISAL ANALİZİ

Demirkuş (2025) tarafından biyoloji eğitimi çıkış noktası alınarak geliştirilen "Soru ile Ön Bilgi Yoklama Yöntemi", uluslararası literatürde "classroom response systems" (CRS) ya da "audienceresponse systems" olarak bilinen etkileşimli yoklama yaklaşımının (Beatty vd., 2006; Trees ve Jackson, 2007) öğretim tasarımıyla birleştirildiği yerel bir uyarlamadır. Bu yaklaşım; içerik hiyerarşisi oluşturmayı, anlık el-kaldırma ya da dijital yanıt yoluyla ön bilgi istatistiği çıkartmayı ve elde edilen veriyle ders planını eşgüdümlü olarak revize etmeyi kapsamaktadır.

4.1. İçerik Kategorizasyonu

Öğretmen, yeni bir üniteye başlamadan önce müfredattaki bilgileri bilişsel önem derecesine göre üç kategoriye ayırmalıdır (Demirkuş, 2025):

5. Birinci Derecede Önemli Konular: Evrensel kanunlar, temel postulatlar, kritik tanımlar ve mantıksal bağıntılar. Diğer tüm bilgilerin üzerine inşa edileceği temeldir.

6. İkinci Derecede Önemli Konular: Teorik kavramların uygulamaları, laboratuvar etkinlikleri, problem çözüm stratejileri ve pratik hayat ilişilendirmeleri.

7. Üçüncü Derecede Önemli Konular: Alt teoriler, tarihsel arka planlar, anekdotlar ve genel kavrayış için zorunlu olmayan yan bilgiler.

Bu kategorizasyon, Wiggins ve McTighe'in (2005) "geriye doğru tasarım" (Understanding by Design) modeliyle uyumludur ve öğretmene ders hedeflerini net biçimde görselleştirme imkânı sunar. Yoklamanın yalnızca birinci derece kategoriye odaklanması, elde edilen verinin eyleme dönüştürülebilir (actionable) olması açısından belirleyicidir.

4.2. Uygulama ve Öz-Değerlendirme Döngüsü

İçerik hazırlığının ardından öğretmen, birinci derece kategorideki anahtar kavramları temsil eden kısa, düşük riskli sorular yöneltir. Geleneksel notlandırılan testlerden kaçınılır; bunun yerine hızlı ve etkileşimli bir katılım tercih edilir (Hockett ve Doubet, 2014). Doğru yanıtı bildiğini düşünen öğrenciler el kaldırır ya da dijital yanıt sistemleri (Kahoot!, Socrative, Mentimeter gibi) aracılığıyla tepki verir. Doğru yanıt duyurulduktan sonra öğrencilerden kendi ön bilgileri ile açıklanan bilimsel yanıtı içsel olarak karşılaştırmaları — bir üst biliş öz-değerlendirmesi — istenir. Beatty vd. (2006), CRS temelli yoklamanın kavramsal anlayışı aktive ettiğini ve anlık öğretimsel müdahaleye (contingent teaching) zemin hazırladığını göstermiştir. Demirkuş'un katkısı, bu etkileşimli yapıyı içerik hiyerarşisi ve öz-değerlendirme döngüsüyle tutarlı bir pedagojik akış içinde kavramsallaştırmasıdır.

4.3. Anlık Veri Analizi ve Pedagojik Esneklik

Bu uygulamannın en kritik özelliği, öğretmenin el kaldırma sayımı aracılığıyla o anki ön bilgi oranını saniyeler içinde hesaplayabilmesidir (Demirkuş, 2025). Geleneksel ön testlerin toplanması, okunması ve analiz edilmesi saatler ya da günler alabilir; o tarihe dek konu çoktan işlenmiş olur. Bu etkileşimli yöntem ise "tam zamanında öğretim" (just-in-time teaching) çerçevesiyle uyumludur (Novak vd., 1999). Elde edilen veriyle öğretmen ders planını anında revize eder: çoğunluğun halihazırda bildiği kavramlar üzerine gereksiz zaman harcanmaz; tasarruf edilen süre ikinci ve üçüncü derece konulara ya da Kapur'un (2008) tanımladığı "üretken zorlanma" (productive struggle) gerektiren üst düzey etkinliklere aktarılır.

5. ÖN DEĞERLENDİRMENİN EĞİTİMSEL FAYDALARI

5.1. Öğretimi Farklılaştırma (Differentiated Instruction)

Nitelikli bir ön değerlendirme; öğrencinin muhakeme yeteneğinin, bilgi transfer kapasitesinin ve analitik düşünme becerisinin verisini üretir; bu da öğretmene "kime ne ölçüde destek verilmesi gerektiğini" göstermektedir (Hockett ve Doubet, 2014). Bilişsel harita çizildiğinde öğretmen; kime kademeli görev (tiered task) atayacağını, kimin iskele (scaffolding) desteğine ihtiyaç duyduğunu belirleyebilir. Örneğin, bir tarih dersinde ön değerlendirme yoluyla bazı öğrencilerin temel metin okuma düzeyinde olduğu, bazılarının ise derin kavram yanılgılarına sahip olduğu tespit edilebilir; bu bilgiye göre öğretmen farklılaştırılmış etkinlikler tasarlayabilir (Guskey ve McTighe, 2016; Hockett ve Doubet, 2014).

5.2. Beklentileri İletme ve Öğrenme Hedefleriyle Hizalama

Guskey ve McTighe (2016), ön değerlendirmelerin duyuşsal (affective) boyutunun da aynı derecede önemli olduğunu savunmaktadır. Ünitenin başında sorulan nitelikli, açık uçlu bir soru; öğrencilere o ünitede hangi temel kavramlarla karşılaşacağklarının sinyalini verir, dikkatlerini parçalı detaylardan ünitenin büyük fikirlerine (big ideas) yönlendirir ve kişisel bir ilerleme referans noktası oluşturur.

6. UYGULAMADA KARŞILAŞILAN PEDAGOJİK RİSKLER VE SINIRLILIKLAR

6.1. Motivasyon ve Öz-Yeterlilik Üzerine Olumsuz Etkiler

Temel pedagojik risk, öğrencilere henüz eğitimini almadıkları konularda uzun ve zorlayıcı testler uygulanmasının öğrenme sürecini baştan aşağı olumsuz bir deneyimle başlatmasıdır (Guskey, 2018). Bu durum akademik kaygı (academic anxiety) yaratabilir, öğrenilmiş çaresizliği tetikleyebilir ve öz-yeterlilik inancını zedeleyebilir (Guskey, 2018; Guskey ve McTighe, 2016). Riski minimize etmek için yöntemin amacının "notlandırma" ya da "sıralama" değil, öğretimi öğrencinin ihtiyacına göre kalibre etmek üzere yürütülen bir navigasyon aracı olduğu açıkça iletilmelidir (Guskey ve McTighe, 2016).

6.2. Öğretim Zamanının Paradoksal İsrafı

Deneyimli öğretmenler, müfredatın artışık yapısı ve mesleki birikim sayesinde öğrencilerin hangi konularda zorlanacağını yüksek isabetlikle tahmin edebilirler (Guskey ve McTighe, 2016). Sonucu önceden tahmin edilebilen bir konuda kapsamlı ön değerlendirme yapmak, kısıtlı akademik zamanı gereksiz yere tüketen bir uygulamadır. Bu nedenle ön değerlendirme, sonucu belirsiz ve pedagojik açıdan kritik noktalarda kısa biçimde uygulanmalıdır (Guskey ve McTighe, 2016; Hockett ve Doubet, 2014).

6.3. Veri Analizi Yükü ve Sınıf Yönetimi

Kapsamlı bir ön değerlendirme, sınıfı genellikle dört bilgi düzeyine ayırır. Haftada 150-200 öğrenciye giren bir branş öğretmeninin bu dört grup için ayrı ders planları hazırlayıp uygulay-aması (hyper-differentiation) pratikte oldukça güç ve müdahale kapasitesini aşan bir beklentidir (Guskey ve McTighe, 2016). Demirkuş'un (2025) önerdiği anlık el-kaldırma ve dijital yanıt alma tekniği, tam da bu veri yükü sorununu minimize etmek için kritik bir pratik araç olarak öne çıkmaktadır.

6.4. Kavramsal Çerçeve ve Terminoloji Tutarlılığı

Bu çalışmada "ön değerlendirme", "ön bilgi yoklama" ve "pre-assessment" kavramları eş anlamlı genel çerçeve terimleri olarak kullanılmaktadır. "Soru ile Ön Bilgi Yoklama Yöntemi"

ise bu genel çerçevenin uluslararası CRS literatürüyle kesişen, Demirkuş'a özgü pedagojik uyarlamasını ifade etmektedir.

7. EĞİTİMSEL ZAMAN YÖNETİMİ: ÖĞRETMEN VE ÖĞRENCİ BOYUTLARI

7.1. Öğretim Programının Optimizasyonu

Carroll'ın (1963) "Okulda Öğrenme Modeli", öğrenme düzeyinin; öğrencinin konuyu öğrenmek için ihtiyaç duyduğu zaman ile öğretmenin sundugu akademik zamanın etkileşiminin bir fonksiyonu olduğunu ortaya koymaktadır. Ön değerlendirme verisi, öğretmene halihazırda ustalaşılmış içerikler üzerine gereksiz zaman harcamaktan kaçınma ve bu birikimi daha karmaşık etkinliklere aktarma fırsatı vermektedir (Hockett ve Doubet, 2014). Meta-analitik bulgular, biçimlendirici değerlendirme müdahalelerinin öğrenme üzerindeki ortalama etki büyüklüğünü $d \approx 0{,}40–0{,}80$ aralığında raporlamakta; bu değer, pek çok eğitimsel müdahalenin etkisinden belirgin biçimde yüksektir (Hattie ve Timperley, 2007; Wisniewski vd., 2020).

7.2. Öğrenci Perspektifinden Zaman Yönetimi ve Öz-Düzenleme

Britton ve Tesser (1991), öğrencilerin zaman yönetimi becerilerinin not ortalamalarını anlamlı ölçüde yordadığını göstermiştir. Ahmad Uzir vd.'nin (2020) epistemik ağ analizleri ise yüksek performanslı öğrencilerin çalışma zamanlarını stratejik kullandığını ve biçimlendirici değerlendirmelere göre öğrenme stratejilerini ayarladığını ortaya koymuştur. Ön değerlendirme süreçlerine aktif katılım; öğrencilere neleri bilip neleri bilmediklerini göstererek üst bilişsel (metacognitive) farkındarlık kazandırır (Hockett ve Doubet, 2014). Zimmerman'ın (2000) Öz-Düzenleme modeliyle ilişkilendirildiğinde, bu farkındarlık; dış denetimden iç denetim mekanizmalarına geçişi kolaylaştırmakta ve akademik ertelemeciliği (procrastination) anlamlı ölçüde azaltmaktadır (Ahmad Uzir vd., 2020; Britton ve Tesser, 1991).

8. BİÇİMLENDİRİCİ DEĞERLENDİRME TEKNİKLERİ (CATS) VE DİJİTAL ENTEGRASYON

Ön bilgi yoklama, döneme yayılan sürekli biçimlendirici değerlendirme döngüsünün organik bir parçası olmalıdır. Angelo ve Cross (1993), öğretmenlerin zaman yükünü artırmayan ve öğrencide test kaygısı yaratmayan "Sınıf İçi Değerlendirme Teknikleri" (Classroom Assessment Techniques — CATs) kataloğunu eğitimcilere yönelik temel bir kaynak olarak sunmaktadır. Aşağıdaki tablo, Angelo ve Cross (1993) temel alınarak Lyman'ın (1981) "Düşün-Eşleş-Paylaş" tekniği ve "Çıkış Bileti" uygulamalaryla genişletilmiş biçimde hazırlanmıştır:

Teknik (CAT)	Yöntemin İşlevi	Zaman Yönetimine Etkisi
Arka Plan Bilgi Yoklaması	Dönem başında öğrencilerin ön bilgilerini ve deneyimlerini ölçen kısa anketler.	Ders içeriğini sınıfın gerçek seviyesine kalibre eder; gereksiz tekrarı ve zaman israfını önler.
Bir Dakikalık Kağıt	'Bugün ne öğrendim?' ve 'Hangi konu soru işareti bıraktı?' sorularına kısaca yanıt istenir.	Hızlı geri bildirim sağlar; sonraki dersi öğrenci eksikliklerine odaklar.
En Bulanık Nokta	Öğrencilerden en az anladıkları noktasını dürüstçe yazmalı istenir.	Kavram yanılgılarının kronikleşmeden teşhis edilmesini; telafi eğitiminin isabetli biçimde yönlenmesini sağlar.
Odaklanmış Listeleme	Merkezi bir kavram verilir; öğrenciler ilgili kelimeleri hızla listeler.	Kavram ağlarının yoğunluğunu saniyeler içinde ölçer; konuya giriş süresini ayarlar.
K-W-L Tablosu	'Biliyorum / Öğreneceğim / Öğrendim' sütunlu görsel organizatör.	Öğrenme sürecinin başlangıç-bitiş gelişimini yapısal haritayla sunar.
Düşün-Eşleş-Paylaş	Bireysel düşünme – çift tartışma – sınıfla paylaşım üçlü döngüsü (Lyman, 1981).	Kısa sürede tüm sınıfın aktif katılımını sağlar; öğretmene kavram düzeyi hakkında anlık veri sunar.
Çıkış Bileti	Ders sonunda öğrenciler 'bugün ne öğrendim?' ve 'aklımda soru işareti nerede?' sorularını yanıtlayarak çıkış yapar.	Bir sonraki dersin yapısını doğrudan belirler; öğretmen analizi geceye bırakabilir, sabah müdahaleyi kalibre eder.

Kahoot!, Mentimeter, Google Forms ve Socrative gibi dijital platformlara entegre edilen bu tekniklerin veri toplama ve sentez sürecini otomatikleştirdiği ve biçimlendirici değerlendirmenin ölçeklenmesini sağladığı görülmektedir (Ahmad Uzir vd., 2020). Bununla birlikte dijital ortamların fiziksel ve duygusal mesafe yaratabileceği göz ardı edilmemeli; kişiselleştirilmiş ve empatik dijital geri bildirimin önemi vurgulanmalıdır.

9. YAPAY ZEKÂ DESTEKLİ BİÇİMLENDİRİCİ DEĞERLENDİRME: FIRSATLAR VE ETİK SINIRLAR

Üretici YZ (Generative AI) teknolojilerinin eğitim alanına entegrasyonu, biçimlendirici değerlendirme pratiklerini köklü biçimde dönüştürme potansiyeli taşımaktadır. Büyük dil modelleri ve uyarlanabilir öğrenme sistemleri, her öğrenci için tekil bir öğrenme yolu (learning pathway) oluşturarak ön bilgi yoklama sürecini sürekli ve dinamik kılabilmektedir (Arslan vd., 2024). Bu sistemler; öğrenci performansını, ilgi alanını ve öğrenme hızını gerçek zamanlı izleyerek bireyselleştirilmiş geri bildirim sunmakta ve bu sayede Ausubel'in anlamlı öğrenme vizyonuyla güçlü bir uyum sergilemektedir.

OECD'nin Collective Intelligence Model for Education (CIME) projesi; YZ ve gelişmiş psikometrik modelleri birleştirerek öğrenme ilerlemesine ilişkin gerçek zamanlı ve çok boyutlu tanı çıktıları üretmeyi hedeflemektedir (OECD, 2024). Ne var ki YZ tabanlı değerlendirme sistemleri ciddi etik ve hukuki sorular barındırmaktadır. Veri gizliliği (data privacy), algoritmik yanlılık (algorithmic bias) ve değerlendirme adaleti bu alandaki temel endişeler arasındadır (Arslan vd., 2024). Sosyoekonomik açıdan dezavantajlı öğrencilere ait verilerin YZ eğitiminde kullanılmasının var olan eşitsizlikleri pekiştirebileceği konusunda uyarılar mevcuttur. Bu

nedenle YZ; öğretmenin yerini almaya değil, onu güçlendirmeye yönelik bir araç olarak konumlandırılmalı; insan gözetimi ve pedagojik yargı merkezi konumunu korumalıdır.

10. TARTIŞMA

Bu çalışmada sentezlenen bulgular, ön bilgi yoklamasının eğitimsel zaman yönetimi üzerindeki etkisine ilişkin uluslararası literatürle tutarlılık göstermektedir. Hattie ve Timperley'in (2007) meta-analitik çalışmasıyla ortaya konan yüksek etki büyüklükleri; biçimlendirici değerlendirmenin, özellikle öğrenme süreci boyunca uygulandığında, toplam-cı (summative) değerlendirmeye kıyasla öğrenci kazanımlarını daha güçlü yordadığını işaret etmektedir. Hockett ve Doubet'in (2014) bulguları, ön değerlendirmenin yalnızca akademik kazanımları değil aynı zamanda öğrenci motivasyonunu ve öğretmenin mesleki doyumunu da olumlu etkileyebileceğini göstermektedir.

Demirkuş'un (2025) yöntemi, uluslararası CRS literatürünün (Beatty vd., 2006; Trees ve Jackson, 2007) önerileriyle örtüşmekle birlikte hiyerarşik içerik kategorizasyonu ve anlık istatistik özelliğiyle ayırt edici bir pedagojik katkı sunmaktadır. Bununla birlikte, yöntemin etkinliğine ilişkin Türkiye bağlamında kontrollü araştırmalara ihtiyaç duyulduğu ve mevcut çalışmanın bu boşluğa dikkat çekmekle sınırlı bir teorik çerçeve sunduğu belirtilmelidir.

YZ entegrasyonu boyutunda, kişiselleştirilmiş geri bildirimin pedagojik potansiyeli ile etik riskleri arasındaki gerilim, bu alanın güncelligini koruyan açık bir araştırma problemi olarak öne çıkmaktadır.

11. SONUÇ VE ÖNERİLER

"Soru ile Ön Bilgi Yoklama Yöntemi" ve sistematik biçimlendirici değerlendirme döngüsü, öğrencilerin bilişsel hazırbulunuşunu hızlı ve eyleme dönüştürülebilir biçimde haritalandırarak öğretimsel zaman yönetimini optimize etmede güçlü pedagojik araçlardır. Bu çalışmada elde edilen kavramsal bulgular şöyle özetlenebilir:

8. Ön bilgi yoklama, Ausubel'in anlamlı öğrenme çerçevesinde yeni bilgi ile mevcut şemalar arasında köprü kurma işlevini üstlenir.

9. Bilişsel yük literatüründeki bulgular, ön bilgi düzeyi belirlenmeksizin yürütülen öğretimin bazı öğrenciler için aşılmaz bilişsel darboğazlara yol açabileceğini göstermektedir.

10. Ön değerlendirmenin notlandırılmayan, kısa ve düşük riskli biçimde uygulanması motivasyon erozyonu riskini en aza indirir.

11. Biçimlendirici değerlendirme teknikleri dijital platformlara entegre edildiğinde veri analizi yükü azalmakta; etki ölçeklenebilir hale gelmektedir.

12. YZ destekli uyarlanabilir sistemler ön bilgi yoklamasını sürekli ve kişiselleştirilmiş kılabilir; ancak insan gözetimi ve etik çerçeve olmaksızın uygulanması ciddi riskler barındırmaktadır.

Çalışmanın ampirik veri eksikliğini gidermek üzere gelecek araştırmacılara şu öneriler sunulmaktadır: (a) Demirkuş yönteminin farklı öğrenim kademelerinde deneysel çalışmalarla sınanması; (b) Türkiye özelinde öğretmenlerin ön değerlendirme kullanım pratiklerine ilişkin nitel araştırmalar; (c) YZ destekli geri bildirim sistemlerinin etik boyutlarını inceleyen vaka analizleri. Bu adımlar, çalışmanın kavramsal çerçevesini ampirik bulgularla güçlendirerek hakemli dergilerdeki yayın potansiyelini artıracaktır.

KAYNAKÇA

Ahmad Uzir, N., Gašević, D., Jovanović, J., Matcha, W., Lim, L.-A. ve Fudge, A. (2020). Analytics of time management and learning strategies for effective online learning in blended environments. Proceedings of the 10th International Conference on Learning Analytics and Knowledge, 392–401. https://doi.org/10.1145/3375462.3375493

American Psychological Association. (2020). Publication manual of the American Psychological Association (7. baskı). https://doi.org/10.1037/0000165-000

Angelo, T. A. ve Cross, K. P. (1993). Classroom assessment techniques: A handbook for college teachers (2. baskı). Jossey-Bass.

Arslan, B., Lehman, B., Tenison, C., Sparks, J., López, G., Gu, Y. ve Zapata-Rivera, D. (2024). Opportunities and challenges of using generative AI to personalize educational assessment. Frontiers in Education, 9. https://doi.org/10.3389/feduc.2024.1436084

Ausubel, D. P. (1968). Educational psychology: A cognitive view. Holt, Rinehart and Winston.

Beatty, I. D., Gerace, W. J., Leonard, W. J. ve Dufresne, R. J. (2006). Designing effective questions for classroom response system teaching. American Journal of Physics, 74(1), 31–39. https://doi.org/10.1119/1.2121753

Britton, B. K. ve Tesser, A. (1991). Effects of time-management practices on college grades. Journal of Educational Psychology, 83(3), 405–410. https://doi.org/10.1037/0022-0663.83.3.405

Carroll, J. B. (1963). A model of school learning. Teachers College Record, 64(8), 723–733.

Demirkuş, N. (2025). Sınav geri bildirim yönteminin uygulanması [Yayımlanmamış ders notu]. Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Eğitim Fakültesi, Van. https://nadidem.net/ders/omk.html

Flavell, J. H. (1979). Metacognition and cognitive monitoring: A new area of cognitive-developmental inquiry. American Psychologist, 34(10), 906–911. https://doi.org/10.1037/0003-066X.34.10.906

Guskey, T. R. (2018). Does pre-assessment work? Educational Leadership, 75(5), 52–57.

Guskey, T. R. ve McTighe, J. (2016). Pre-assessment: Promises and cautions. Educational Leadership, 73(7), 38–43. https://uknowledge.uky.edu/edp_facpub/17

Hattie, J. ve Timperley, H. (2007). The power of feedback. Review of Educational Research, 77(1), 81–112. https://doi.org/10.3102/003465430298487

Hockett, J. A. ve Doubet, K. J. (2014). Turning on the lights: What pre-assessments can do. Educational Leadership, 71(4), 50–54. https://www.ascd.org/el/articles/turning-on-the-lights-what-pre-assessments-can-do

Jong, T., Linn, M. C. ve Zacharia, Z. C. (2019). How does prior knowledge influence learning engagement? The mediating roles of cognitive load and help-seeking. Educational Psychology Review, 31(4), 787–810. https://doi.org/10.1007/s10648-019-09498-2

Kapur, M. (2008). Productive failure. Cognition and Instruction, 26(3), 379–424. https://doi.org/10.1080/07370000802212669

Lyman, F. (1981). The responsive classroom discussion. A. S. Anderson (Ed.), Mainstreaming Digest içinde (ss. 109–113). University of Maryland College of Education.

Ngu, B. H. ve Phan, H. P. (2022). Instructional efficiency: The role of prior knowledge and cognitive load. Applied Cognitive Psychology, 36(5), 1041–1056. https://doi.org/10.1002/acp.4117

Novak, G., Patterson, E., Gavrin, A. ve Christian, W. (1999). Just-in-time teaching: Blending active learning with web technology. Prentice Hall.

OECD. (2024). Developing an international large-scale AI tool for educational assessment and personalised learning. OECD Centre for Educational Research and Innovation. https://www.oecd.org/en/about/projects/developing-an-international-large-scale-ai-tool-for-educational-assessment-and-personalised-learning.html

Sweller, J. (1988). Cognitive load during problem solving: Effects on learning. Cognitive Science, 12(2), 257–285. https://doi.org/10.1207/s15516709cog1202_4

Trees, A. R. ve Jackson, M. H. (2007). The learning environment in clicker classrooms. Learning, Media and Technology, 32(1), 21–40. https://doi.org/10.1080/17439880601141179

Wessels, S. (2011). The importance of activating and building knowledge. The Kansas Teacher Education, 20(1), 33–35. https://digitalcommons.unl.edu/context/teachlearnfacpub/article/1144/viewcontent

Wiggins, G. ve McTighe, J. (2005). Understanding by design (2. baskı). Association for Supervision and Curriculum Development (ASCD).

Wisniewski, B., Zierer, K. ve Hattie, J. (2020). The power of feedback revisited: A meta-analysis of educational feedback research. Frontiers in Psychology, 10, Makale 3087. https://doi.org/10.3389/fpsyg.2019.03087

Zimmerman, B. J. (2000). Attaining self-regulation: A social cognitive perspective. M. Boekaerts, P. R. Pintrich ve M. Zeidner (Ed.), Handbook of self-regulation içinde (ss. 13–39). Academic Press.

THE RELATIONSHIP BETWEEN THE BASELINE PLATELET-TO-LYMPHOCYTE RATIO AND THE INJURY SEVERITY SCORE IN PATIENTS WITH PELVIC FRACTURES

Associate Professor Dr. Abdullah Alper SAHIN

Ordu University Faculty of Medicine, Department of Orthopedics and Traumatology, Ordu, Turkey

ORCID ID: https://orcid.org/0000-0002-8973-2050

ABSTRACT

Pelvic fractures are traumatic injuries associated with high morbidity and mortality. Early prediction of trauma severity is important for clinical management. The aim of this study is to evaluate the relationship between the platelet-to-lymphocyte ratio (PLR) at presentation and the Injury Severity Score (ISS), which indicates trauma severity, in patients with pelvic fractures.

This retrospective study included 60 patients diagnosed with pelvic fractures. The patients' demographic data, hematological parameters at the time of presentation, and ISS scores were recorded. The PLR was calculated by dividing the platelet count by the lymphocyte count. The relationship between PLR and ISS was evaluated using correlation analysis. Additionally, patients were divided into two groups based on ISS (<16 and ≥16), and PLR values were compared between the groups.

A total of 60 patients were included in the analysis, of whom 36 (60.0%) were male and 24 (40.0%) were female. The median age was 50.5 years (IQR, 31–64). Correlation analysis demonstrated a statistically significant inverse association between PLR and ISS (Spearman rho = -0.354, p = 0.0056). This finding was further supported by Pearson correlation analysis, which also showed a significant negative correlation (r = -0.295, p = 0.0219). When patients were stratified according to trauma severity, the median PLR was 119.3 in the ISS <16 group and 92.4 in the ISS ≥16 group. Accordingly, patients with more severe trauma had significantly lower PLR values (p = 0.022).

In patients with pelvic fractures, the PLR value at the time of presentation showed a negative correlation with the ISS. Lower PLR values were found to be associated with greater trauma severity. The PLR, which can be easily obtained from a routine complete blood count, may serve as a practical parameter for early risk stratification in patients with pelvic trauma.

Keywords: pelvic fracture; platelet/lymphocyte ratio; injury severity score.

INTRODUCTION

Pelvic fractures are life-threatening injuries that usually result from high-energy trauma and are characterized by substantial hemorrhagic burden, associated organ injuries, and a high risk of mortality (Adams, 2003). The mortality rate associated with such high-energy injuries has been reported to be approximately 19% overall, increasing to as high as 37% in the presence of hemodynamic instability (Gabbe, 2011). In patients with pelvic trauma, accurate early

assessment of injury severity is critically important for clinical decision-making, close monitoring, and efficient use of hospital resources.

The Injury Severity Score (ISS), which is widely used to assess injury severity in trauma patients, is a complex measure that requires the integration of clinical, radiological, and anatomical evaluations (Baker, 1974). However, the need for faster, less expensive, and more readily available prognostic tools in the emergency department has led researchers to focus on inflammatory markers derived from complete blood count parameters (Bala, 2022). Systemic trauma triggers an acute stress response characterized by the release of catecholamines and glucocorticoids, followed by the development of a systemic inflammatory reaction (Glaser, 2005). In this context, biomarkers such as the neutrophil-to-lymphocyte ratio (NLR), systemic immune-inflammation index (SII), and platelet-to-lymphocyte ratio (PLR) have been shown to be valuable in predicting complications and mortality in orthopedic trauma (Yao, 2023; Moldovan, 2023).

The platelet-to-lymphocyte ratio (PLR) is considered a parameter reflecting the balance between hemostatic status and the inflammatory response in the body (Gasparyan, 2019; Zhai, 2021). Although inflammation-based indices have been shown to be strongly associated with mortality and morbidity in other orthopedic injuries, such as femoral neck fractures, studies investigating the relationship between PLR and trauma severity in patients with pelvic fractures remain limited (Perna, 2025). Clarifying the correlation between this readily available parameter, which can be easily calculated from a routine complete blood count at emergency admission, and ISS may fill an important gap in clinical practice.

The aim of this study was to evaluate the relationship between the platelet-to-lymphocyte ratio (PLR) measured at admission and the Injury Severity Score (ISS), which reflects trauma severity, in patients followed with a diagnosis of pelvic fracture, and to investigate whether this biomarker may serve as a practical adjunctive parameter in early risk stratification.

MATERIALS AND METHODS

This retrospective study was conducted on adult patients diagnosed with pelvic fracture between 2022 and 2025. Only patients aged 18 years and older were eligible for inclusion. Exclusion criteria comprised pathologic fractures, active infection at admission, known hematologic disease, chronic inflammatory or autoimmune disorders, use of corticosteroids, immunosuppressive therapy, or chemotherapy, missing admission platelet or lymphocyte counts preventing calculation of the platelet-to-lymphocyte ratio (PLR), missing Injury Severity Score (ISS) data, unavailable admission blood samples, and duplicate records.

A total of 60 patients met the study criteria and were included in the final analysis. Demographic data, laboratory findings obtained at admission, and ISS values were retrieved from the hospital database. PLR was calculated as the ratio of platelet count to lymphocyte count using the first blood sample obtained at presentation. Injury severity was assessed using ISS as the main indicator of trauma burden.

To investigate the relationship between PLR and trauma severity, correlation analyses were performed between PLR and ISS. Both Spearman and Pearson correlation tests were used in accordance with data distribution characteristics. For subgroup analysis, patients were further categorized into ISS <16 and ISS ≥ 16 groups based on a clinically meaningful threshold, and PLR values were compared between these groups. Statistical significance was defined as $p < 0.05$.

RESULTS

A total of 60 patients with complete platelet-to-lymphocyte ratio (PLR) and Injury Severity Score (ISS) data were included in the final analysis. Of these, 36 patients (60.0%) were male and 24 (40.0%) were female. The mean age of the study population was 49.5 ± 20.5 years, while the median age was 50.5 years (IQR, 31–64). When patients were stratified according to trauma severity, 26 patients (43.3%) had an ISS <16 and 34 patients (56.7%) had an ISS ≥16. Correlation analysis demonstrated a statistically significant inverse association between PLR and ISS. Spearman correlation analysis showed a moderate negative correlation between these two variables (rho = -0.354, p = 0.0056), indicating that lower PLR values were associated with greater trauma severity. Pearson correlation analysis yielded similar results (r = -0.295, p = 0.0219), supporting the presence of a linear inverse relationship between PLR and ISS. In the subgroup analysis based on ISS categories, the median PLR was 119.3 in patients with ISS <16, whereas it was 92.4 in those with ISS ≥16. Comparison between these groups showed that patients in the higher ISS category had significantly lower PLR values (p = 0.022). Overall, these findings suggest that a lower admission PLR is associated with increased injury severity in patients with pelvic fractures.

CONCLUSION AND DISCUSSION

The most significant finding of this study is that the platelet-to-lymphocyte ratio (PLR) at the time of presentation in patients with pelvic fractures shows a significant inverse correlation with the Injury Severity Score (ISS), which indicates the severity of trauma. In our study, lower PLR values were found to be associated with higher ISS scores, and it was demonstrated that PLR levels were significantly lower in patients with an ISS ≥16. This finding suggests that a hematological parameter easily obtained from a routine complete blood count may contribute to early-stage severity assessment in patients with pelvic trauma. Given the need for rapid, inexpensive, and accessible biomarkers, particularly in the emergency department, it can be stated that PLR is an important parameter from a clinical practice perspective.

Pelvic fractures often result from high-energy trauma and may reflect not only bone injury but also severe soft tissue damage, retroperitoneal hemorrhage, and multiple-system trauma (Adams, 2003; Gabbe, 2011). Therefore, it is important to assess the severity of trauma not only based on anatomical injury but also on the systemic physiological response. The platelet-to-lymphocyte ratio (PLR) is a composite indicator that reflects both the hemostatic and inflammatory response via platelet levels and the stress-related immune response via lymphocyte count (Gasparyan,2019; Zhai, 2021). The intense inflammatory activation, stress response, and immunological dysregulation that develop in severe trauma cases may cause changes in this ratio (Menges, 1999). The finding of a lower PLR in our study despite a high ISS suggests that severe pelvic trauma is associated not only with anatomical damage but also with a significant systemic hematological response.

The fact that the relationship between PLR and prognosis and disease severity has been investigated in various clinical settings suggests that this parameter may be meaningful not only in the field of trauma but also across a broader spectrum of biological responses (Gasparyan, 2019; Simadibrata, 2022). However, in the trauma literature, inflammatory markers have often been evaluated through parameters such as the neutrophil-to-lymphocyte ratio (NLR), lactate, or CRP, while PLR has been studied relatively less (Islam, 2024; Oestern, 1978). From this perspective, the demonstration of a relationship between PLR and ISS in the group of patients with pelvic fractures is one of the notable aspects of our study. Particularly in a heterogeneous and high-risk trauma group such as pelvic fractures, the finding that a simple blood count

parameter obtained at the time of presentation is associated with trauma severity is clinically significant.

The clinical significance of our study lies not in the PLR being a definitive decision-making parameter on its own, but rather in its potential to serve as a supportive indicator in early risk stratification. While the ISS calculation requires a comprehensive trauma assessment, the PLR can be obtained from the complete blood count at the time of presentation without additional cost. Therefore, PLR can be considered a helpful biomarker for predicting the need for closer monitoring, advanced imaging, intensive care, or more aggressive resuscitation, particularly during the initial assessment. It is important to note, however, that PLR is not a substitute for the ISS but rather a practical parameter that can provide additional information.

In conclusion, this study demonstrated that low PLR values at the time of presentation in patients with pelvic fractures are associated with greater trauma severity. This finding suggests that PLR may serve as a simple and accessible parameter to support early clinical assessment in pelvic trauma. However, larger, multicenter, and prospective studies are needed to determine the true clinical utility and independent prognostic value of PLR.

REFERENCES

Adams JE, Davis GG, Alexander CB, Alonso JE. Pelvic trauma in rapidly fatal motor vehicle accidents. J Orthop Trauma 2003;17(6):406–10.

Baker SP, O'Neill B, Haddon W Jr, Long WB. The injury severity score: a method for describing patients with multiple injuries and evaluating emergency care. *J Trauma*. 1974;14(3):187-196.

Bala MM. The benefit of dynamic neutrophil-lymphocyte ratio and systemic immune-inflammation index in predicting survival in patients undergoing hemiarthroplasty. *Eur Rev Med Pharmacol Sci*. 2022;26(11):3878-3885. doi:10.26355/eurrev_202206_28955

Gabbe BJ, de Steiger R, Esser M, Bucknill A, Russ MK, Cameron PA. Predictors of mortality following severe pelvic ring fracture: results of a population-based study. Injury 2011;42:985–91.

Gasparyan AY, Ayvazyan L, Mukanova U, Yessirkepov M, Kitas GD. The Platelet-to-Lymphocyte Ratio as an Inflammatory Marker in Rheumatic Diseases. *Ann Lab Med*. 2019;39(4):345-357. doi:10.3343/alm.2019.39.4.345

Glaser R, Kiecolt-Glaser JK. Stress-induced immune dysfunction: implications for health. *Nat Rev Immunol*. 2005;5(3):243-251. doi:10.1038/nri1571

Islam MM, Satici MO, Eroglu SE. Unraveling the clinical significance and prognostic value of the neutrophil-to-lymphocyte ratio, platelet-to-lymphocyte ratio, systemic immune-inflammation index, systemic inflammation response index, and delta neutrophil index: An extensive literature review. *Turk J Emerg Med*. 2024;24(1):8-19. Published 2024 Jan 8. doi:10.4103/tjem.tjem_198_23

Menges T, Engel J, Welters I, et al. Changes in blood lymphocyte populations after multiple trauma: association with posttraumatic complications. *Crit Care Med*. 1999;27(4):733-740. doi:10.1097/00003246-199904000-00026

Moldovan F, Ivanescu AD, Fodor P, Moldovan L, Bataga T. Correlation between Inflammatory Systemic Biomarkers and Surgical Trauma in Elderly Patients with Hip Fractures. *J Clin Med*. 2023;12(15):5147. Published 2023 Aug 6. doi:10.3390/jcm12155147

Oestern HJ, Trentz O, Kolbow H, Hempelmann G, Trentz OA, Donay F. Prädiktiver Wert metabolischer Profile bei Polytraumen [Predictive value of metabolic profiles in multiple trauma]. *Chir Forum Exp Klin Forsch*. 1978;(1978):69-72.

Perna A, Rovere G, Passiatore M, et al. Crystal Ball in a Blood's Drop: Unlocking Hidden Prognostic Power in the Neutrophil-to-Lymphocyte Ratio (NLR) and the Platelet-to-Lymphocyte Ratio (PLR) for Elderly Hip Fracture Patients. *J Clin Med*. 2025;14(10):3584. Published 2025 May 20. doi:10.3390/jcm14103584

Simadibrata DM, Pandhita BAW, Ananta ME, Tango T. Platelet-to-lymphocyte ratio, a novel biomarker to predict the severity of COVID-19 patients: A systematic review and meta-analysis. *J Intensive Care Soc*. 2022;23(1):20-26. doi:10.1177/1751143720969587

Yao W, Wang W, Tang W, Lv Q, Ding W. Neutrophil-to-lymphocyte ratio (NLR), platelet-to-lymphocyte ratio (PLR), and systemic immune inflammation index (SII) to predict postoperative pneumonia in elderly hip fracture patients. *J Orthop Surg Res*. 2023;18(1):673. Published 2023 Sep 12. doi:10.1186/s13018-023-04157-x

Zhai G, Wang J, Liu Y, Zhou Y. Platelet-lymphocyte ratio as a new predictor of in-hospital mortality in cardiac intensive care unit patients. *Sci Rep*. 2021;11(1):23578. Published 2021 Dec 8. doi:10.1038/s41598-021-02686-1

PREVALENCE OF CARDIOVASCULAR RISK FACTORS AND METABOLIC SYNDROME IN SUBJECTS ATTENDING THE GENERAL OUTPATIENT DEPARTMENT OF THE FEDERAL MEDICAL CENTER KATSINA STATE, NORTH WEST NIGERIA

A. I. Yaradua
Department of Biochemistry, Faculty of Natural and Applied Sciences, Umaru Musa Yar'adua University, Katsina, Nigeria.

A. J. Alhassan
Department of Biochemistry, Faculty of Basic Medical Sciences, Bayero University Kano, Kano, Nigeria.

M. K. Atiku
Department of Biochemistry, Faculty of Basic Medical Sciences, Bayero University Kano, Kano, Nigeria.

K. I., L. Shuaibu
Department of Pure and Industrial Chemistry, Faculty of Sciences Federal University Birnin Kebbi, Birnin Kebbi, Nigeria.

Y.Y. Riko
Department of Microbiology, Faculty of Natural and Applied Sciences, Umaru Musa Yar'adua University, Katsina, Nigeria.

I Muhammad
Department of Biochemistry, Faculty of Natural and Applied Sciences, Umaru Musa Yar'adua University, Katsina, Nigeria.

ABSTRACT

Metabolic syndrome (MS) describes the presence of factors that increase an individual risk for heart disease and other disorders such as diabetes and stroke, and its occurrence is in the rise in residents of North-Western Nigeria, The aim of this study was to investigate the prevalence and determinants of metabolic syndrome in subjects from Funtua senatorial zone attending the Outpatient Department of the Federal Medical Center Katsina, Katsina State, Nigeria. A total of 184 (male 96; female 88) subjects aged 10 to 80 years were recruited for the study Anthropometric parameters and blood pressure of subjects were measured using standard methods; serum lipid profile was determined using enzymatic methods. The results of the study has revealed that 11.5% of the male subjects were under weight, 51.8% were within the normal range, 23.8% of the study male population was found to be overweight and 12.9% were obese, 13.3% of the female subjects were under weight, 51.2% were within the normal range, 21.9% of the study female population was found to be overweight and 13.6% were obese. All serum lipids measurements with the exception of serum LDL-C concentration correlated positively with age. There were no statistically significant differences between the frequencies of total cholesterol, HDL, LDL and TG between the male and female subjects. Decreased HDL-C is the most common component of dyslipidemia in both the male and female subjects, while elevated TRIG were the least. The prevalence of metabolic syndrome was highest in male (32.36%) than in the female subjects (27.28%). The occurrence of metabolic syndrome is

common in the population under study with the male respondents having the highest prevalence. There is a need for a robust and well-designed intervention program to address the complications of the risk factors for metabolic syndrome in the larger population under study.

Keywords: *Katsina; Obesity; Metabolic syndrome; Fulani; Nigeria.*

1. INTRODUCTION

The prevalence of metabolic syndrome (MS) is increasing worldwide [1] Metabolic syndrome (MS) is a term that describe the coming together of conditions that increase the risk for heart disease and other degenerative disorders such as diabetes and stroke. MS is a clustering of various metabolic abnormalities that include abdominal obesity, high blood pressure (BP), increased blood glucose level, and dyslipidemia, all of which hasten the risk of cardiovascular disease (CVD) and type 2 diabetes mellitus [2].

The worldwide increase in the prevalence of MS cannot be fully explained by lifestyle factors such as sedentary behavior and caloric intake alone. Emerging evidences have linked environmental exposures, such as exposures to heavy metals as culprit [3]. Some studies conducted in northern Nigeria have reported that metabolic syndrome is a common occurrence in the population of North- Western Nigeria, with the prevalence being more in females than in males (4; 5).

The aim of the study was to determine the prevalence of metabolic syndrome and dyslipidemia and their components with the specific objectives of evaluating the frequency of cardiovascular risk factors in a sample of adolescents, adults and the elderly attending the general out-patient Department of the Federal Medical Center, Katsina, Katsina State, Nigeria, a referral Hospital. Results from the study will provide novel approaches to preventing and managing non-communicable diseases.

2. MATERIALS AND METHODS

2.1 Study Area

The study was carried out during 2016-2017 in Katsina State, Nigeria located between latitude $12^0$15'N and longitude of $7^0$30'E in the Northwest Zone of Nigeria, with an area of 24,192km^2 (9,341 sq meters) [6]. The duration of the rainy season is from the month of April to October, while the dry season starts in November and last till the month of March [6]. The average annual rainfall, temperature, and relative humidity of Katsina State are 1,312 mm, 27.3ºC and 50.2%, respectively. Katsina state has a population of 7.6 million with a growth rate of 3.0% per annum.

Over 50% of this population is between the ages of 15-64 years and 80% of the population partakes in subsistence farming and livestock rearing [6]. Like most alluvial soils, the soil in Katsina state is the flood plain type and is characterized by considerable variations. The soil has two main types, which are soils with little hazards and soils with good water holding capacity. Katsina has been divided into three agro-ecological zones (Guinea Savannah; Sudan Savannah; Sub-Sahel Savannah), with farmers in the state engaged in the production of horticultural crops, such as Maize, Sorghum, Millet, Rice, Beans, Soybeans, Cotton, Cassava, Groundnut, Sweet Potatoes, vegetables and fodder crops [6].

2.2 Sampling Technique

In this study, the Federal Medical Center Katsina a tertiary referral hospital was chosen for the study. In the choice for subjects that participate in the study the method of Yusuf *et al.* [7] was

adopted, where with the use of stratified sampling technique; proportionate allocation was given to each age group to make up the required sample size depending on the population of the individuals in each age group. All out patients within the study age groups were considered. However, in each age group, systematic sampling method was employed in which the respondent in each age group were given numbers serially according to their age grouping, thereby giving each respondent an equal chance. The first number was selected with use of the random number table after which the respondents were selected at regular interval (sample interval) in order to meet the sample size requirement for each group. The sample interval was computed by dividing the total number of respondents in the age groups by the sample size: (number of patients from the zone presenting to the GOPD in the preceding year before the study)

2000/200 =10.

A total of 200 respondents from the Funtua senatorial zone of Katsina state were selected for the study, out of which 184 have complete data. Only those with complete data taken were included in the study analysis. The residential township of each respondent was accessed from the database of the Health Evaluation Centre of the Federal Medical Centre. All data were anonymised, and the study protocol was approved by the Ethical Committee Katsina State Ministry of Health.

2.3 Anthropometric and Blood Pressure Measurements

Trained personnel well versed on the proper techniques of measuring height and weight were used to take all the measurements. After standardization of the Weighing scale by the technicians the weight of each respondent was taken based on internationally accepted standards for weight measurements. Each morning before conducting the weighing the weighing scales were calibrated. With the use of a WEYLUX weighing scale, model 424J; Sliding Beam Column Scale, (Short Pillar with height of 560mm) weighing was conducted with all the respondents in light clothing bare footed and standing erect and the measurements recorded to the nearest one (1) kilogram [8]. Using an ACCUSTAT Ross Stadiometer, 44817, manufactured by Genentech Incorporated the height of each respondent was measured and recorded to the nearest 1cm [8]. Waist measurements were taken using a non-stretch metallic tape with a narrow blade and a blank lead-in. Waist circumference was measured on bare skin in the narrowest part of the abdomen between the ribs and iliac crest. Ideal waist circumference was taken as > 102 cm for male and > 88 cm for female [4]. The BMI (for age groups 10-80 years) was then computed using the standard formula [BMI=weight (kg)/height (m^2)] [7]. Based on the recommendation of World Health Organisation for BMI classification [9] the subjects were grouped as underweight (< 18.5 kg/m^2; normal (18.5–24.9 kg/m2), Overweight (25.0–29.9 kg/m2); Obese (≥ 30.0 kg/m2). Blood pressure of the male and female participant was measured using the method of Wesseling [10] with the use of an Aneroid Sphygmomanometer model OGO2, Kenzmedico Company Limited, Saitama Japan, with the respondents seated in a quiet place on a chair with a back support. Blood pressure was taken as normal when Systolic blood pressure is less than 120 mm Hg and diastolic blood pressure is less than 80 mm Hg; as elevated when systolic blood pressure is 120- 129 mm Hg and diastolic blood pressure is less than 80 mm Hg; High blood pressure (stage 1) when systolic blood pressure is 130-139 mm Hg or diastolic blood pressure is 80-89 mm Hg; High blood pressure (stage 2) when systolic blood pressure is 140 Hg or higher or diastolic blood pressure is 90 mm Hg or higher [11].

2.4 Biochemical Measurements

Blood samples were obtained from each respondent by veni puncture and the collected samples were allowed to clot at room temperature before being centrifuged to separate the serum and frozen prior to analysis.

2.4.1 Lipid profile

Serum TC concentration was measured by the end point colorimetric method [12] with the use of T60 spectrophotometer and test kits obtainable from Spectrum diagnostics. In this method, the cholesterol was determined after enzymatic hydrolysis and oxidation. The indicator quinoneimine was formed from the reaction between hydrogen peroxide and 4-aminoantipyrine in the presence of phenol and peroxidase.

Serum HDL-Cholesterol was measured with a T60 spectrophotometer with test kits obtainable from Spectrum diagnostics. In this method, low density lipoprotein and chylomicron fractions are precipitated quantitatively by addition of phosphotungstic acid in the presence of Mg^{2+} ions. After centrifugation, the cholesterol concentration in the HDL fraction which remained in the supernatant was then determined [13].

Serum LDL-Cholesterol concentration was measured with a T60 spectrophotometer with test kits obtainable from Spectrum diagnostics. In this method, low density lipoproteins are precipitated by heparin at their iso-electric point (pH=5.04). After centrifugation, the HDLCholesterol and VLDL remained in the supernatant. The cholesterol concentration in the LDL fraction was determined by enzymatic method [14].

Serum Triacyl glycerol concentration was measured with a T60 spectrophotometer withtest kits obtainable from Spectrum diagnostics. In this method, the triglycerides are determined after enzymatic hydrolysis with lipases. The indicator is a quinoneimine formed from hydrogen peroxide, 4-amino phenazone and 4-chlorophenol under the catalytic influence of peroxidase [15].

International Diabetic Federation (IDF) criteria, was used to classify participants for presence of metabolic syndrome (IDF criteria: abdominal obesity: waist circumference (WC) > 94 cm and at least two of the following:

hypertriglyceridaemia, low HDL-C and high blood pressure (blood pressure > 130/85 mmHg). TC, LDL-C and TRIG were considered high if they were ≥5.2 mmol/L, 3.4 mmol/L and 1.7 mmol/L, respectively, and HDL-C was considered low if it was <1.0 mmol/L. [16,17,18]. Dyslipidemia was considered when at least one lipid disorder (hypertriglyceridaemia, hypercholesterolemia and or low HDL-C) was present.

2.5 Statistical Analysis

The results were presented as mean ± standard deviation. Relationship and association between parameters were explored using student's t-test, Chi square was used to explore differences between the sexes and among age groups. Statistical variations were considered significant at $p<0.05$.

3. RESULTS AND DISCUSSION

3.1 Results

3.1.1 Anthropometric parameters, blood pressure and serum lipid profile in male and female subjects

One of the most useful population-level measures of overweight and obesity is BMI as it is the same for both sexes and for all ages of adults [19]. In 2016, more than 1.9 billion adults, 18

years and older, were overweight. Out of which over 650 million were obese [19]. The results for the BMI of the male subjects are presented in Table 1. From the results, 11.1% of the male subjects were under weight, 51.8% were within the normal range, 23.8% of the study male population was found to be overweight and 12.9% were obese. Likewise the BMI of the female subjects are presented in Table 2. From the results, 13.3% of the female subjects were under weight, 51.2% fall within the normal range, 21.9% of the study female population was found to be overweight and 13.6% were obese. Tables 1 and 2 also represent the mean serum lipid levels in male and female subjects. Mean TC level is highest in female subjects (3.57 mmol/l) compared to the male subjects (3.49 mmol/l), LDL- cholesterol is higher in male subjects (1.92 mmol/l) compared to the females (1.79 mmol/l), HDL-cholesterol is highest in female subjects (1.08 mmol/l) compared to the male subjects (1.02 mmol/l) and Triglycerides is highest in the male subjects (1.21 mmol/l) compared to the female subjects (1.14 mmol/l). But all the differences failed to achieve statistical significance ($p>0.05$). The pattern of mean serum lipids concentration is similar for the male and female subjects across the age groups. Mean TC levels are significantly higher ($p<0.05$) in the age groups 71-80 years, 61-70 years and 51-60 years than in the age groups 10-20 years, 21-30 years and 41-50 years. The subjects in the age groups 61-70, 31-40, 51-60 and 71-80 have a significantly higher ($P<0.05$) LDL-C values than the age groups 41-50, 21-30 and 10-20. The HDL-C values are significantly higher ($p<0.05$) in the age groups 41-50, 71-80, 61-70 and 31-40 than the age groups 10-20, 21-30 and 51-60 years. The age groups 31-40, 71-80, 61-70 and 51-60 years have a significantly higher ($p<0.05$) mean TRIG values compared to the age groups 10-20, 41-50 and 21-30 years. No statistically significant differences were observed between the frequencies of total cholesterol, HDL, LDL and TG between the male and female respondents that participated in the study.

Table 1 Mean BMI, Waist Circumference (cm), Systolic and Diastolic Blood Pressure (mmHg), and Serum Lipid Profile (mmol/L) in Funtua Senatorial Zone Male Subjects

Age (years)	BMI	WC	Systolic Blood Pressure	Diastolic Blood Pressure	TC	LDL-C	HDL-C	TRIG
10-20 $_{n=17}$	18.26± 2.26	71.84± 6.22	114.36 ± 8.88	74.52± 7.35	3.14± 0.22	1.11± 0.24	0.99 ±0.13	1.14 ±0.12
21-30 $_{n=14}$	22.02± 1.42	74.78± 8.77	121.48 ± 3.12	77.75 ± 5.67	3.32± 0.42	1.28± 0.25	0.98 ±0.08	1.24 ±0.03
31-40 $_{n=13}$	23.26± 1.16	81.44± 5.38	134.75 ±11.37	80.33 ± 2.36	3.36± 0.67	2.02± 0.32	1.04 ±0.15	1.36 ±0.15
41-50 $_{n=10}$	24.92± 0.73	86.74± 7.29	134.08± 7.22	82.51 ± 2.58	3.41± 1.26	2.21± 0.92	1.08 ±0.14	1.27 ±0.13
51-60 $_{n=19}$	25.36± 0.49	85.26± 8.51	136.84 ± 8.17	82.33 ± 2.17	3.64± 0.52	2.21± 0.14	1.04 ±0.03	1.21 ±0.04
61-70 $_{n=13}$	26.02± 0.14	83.11± 5.26	141.25 ± 5.66	84.61 ± 3.14	4.02± 1.83	2.44± 0.95	1.05 ±0.16	1.30 ±0.03
71-80 $_{n=10}$	24.18± 0.18	83.28± 5.32	141.44 ± 7.42	86.13 ± 4.11	4.11± 1.14	2.35± 0.25	1.06 ±0.12	1.26 ±0.02

Values are given as Mean ± Standard Deviation. Mean values in the same row with different superscripts differ significantly ($p < 0.05$). KEY: BMI= Body Mass Index, WC= Waist Circumference, TC =Total Cholesterol, LDL-C= Low Density Lipoprotein Cholesterol, HDL-C=High Density Lipoprotein Cholesterol, TRIG= Triglyceride.

Table 2 Mean BMI, Waist Circumference (cm), Systolic and Diastolic Blood Pressure (mmHg), and Serum Lipid Profile (mmol/L) in Funtua Senatorial Zone Female Subjects

Age (years)	BMI	WC	Systolic Blood Pressure	Diastolic Blood Pressure	TC	LDL-C	HDL-C	TRIG
10-20 n=15	17.64± 2.71	69.25± 4.33	107.25± 6.43	77.57± 4.53	3.12± 0.20	1.25± 0.10	0.92± 0.04	1.11± 0.12
21-30 n=13	21.75± 0.80	69.82± 6.81	118.13± 4.20	78.35± 3.12	3.35± 0.48	1.54± 0.74	1.04± 0.17	1.12± 0.08
31-40 n=15	24.98± 1.84	71.55± 8.25	120.97± 4.17	76.29± 3.72	3.53± 0.49	1.63± 0.70	1.16± 0.24	1.12± 0.12
41-50 n=13	25.36± 0.88	80.34± 6.11	129.08± 8.28	80.11± 2.58	3.51± 0.47	1.65± 0.52	1.12± 0.19	1.22± 0.10
51-60 n=15	26.76± 0.25	83.18± 4.84	136.60± 10.42	80.28± 2.76	3.95± 0.63	1.82± 0.81	1.13± 0.33	1.29± 0.06
61-70 n=9	26.43± 0.31	81.52± 6.36	142.70± 10.52	82.36± 2.16	4.11± 0.77	2.40± 0.48	1.12± 0.24	1.26± 0.78
71-80 n=8	26.22± 0.50	80.79± 3.74	140.10± 10.17	86.15± 3.11	3.93± 0.51	2.52± 0.64	1.10± 0.07	1.21± 0.06

Values are given as Mean ± Standard Deviation. Mean values in the same row with different superscripts differ significantly ($p < 0.05$). KEY: BMI= Body Mass Index, WC= Waist Circumference, TC =Total Cholesterol, LDL-C= Low Density Lipoprotein Cholesterol, HDL-C=High Density Lipoprotein Cholesterol, TRIG= Triglyceride.

3.1.2 Risk factors for metabolic syndrome and cardio vascular events

The risk factors for metabolic syndrome and cardiovascular events in the male and female subjects are shown in Table 3. From the table, decreased HDL-C is the most common component of metabolic syndrome in both the male and female subjects. High blood pressure is more common in male than in female, metabolic syndrome prevalence is more common in male (32.36%) than in the female subjects (27.28%). All the measured parameters differences between the sexes failed to reach statistical significance ($p>0.05$). The highest percentage elevated triglyceride was in the male subjects. The female subjects has the highest percentage elevated LDL-C. Elevated TC was highest in female subjects compared to the males. But all the differences failed to reach statistical significance ($p>0.05$).

Table 3. Metabolic syndrome and cardio vascular risk factors (%) in the male and female subjects

Risk factor	**Number (%)**	**Number (%)**
	Male (n=96)	**Female (n=88)**
High blood pressure	38(39.58)	33(36.36)
↑WC	38(39.58)	22(25.00)
↑TC	13(13.54)	14(15.91)
↑LDL-C	6(6.25)	11(12.50)
↑TRIG	15(15.63)	13(14.77)
↓HDL-C	39(40.63)	33(37.50)

↑WC= increased waist circumference, ↑TC = increased Total cholesterol, ↑LDL-C = increased low density lipoprotein cholesterol, ↑TRIG== increased triglycerides ↓HDL-C= decreased high density lipoprotein cholesterol

3.2 Discussion

The mean BMI for both the male and female the age group 10-20 years in this study is in accordance with studies carried out earlier on adolescents in Katsina State Nigeria [20,21,22]. The trend of low anthropometric parameters observed in the adolescents compared to global standard is similar to what was reported in some studies conducted on adolescents anthropometry in Nigeria [7,20,21,22]. The prevalence of anthropometry (Underweight, normal weight, overweight and obesity) observed in the male and female subjects age groups 21-80 years in the study differs from the prevalence reported for traders from Bodija Ibadan, Nigeria [23] with the subjects in the present study having a comparatively lower overweight and obese but a higher normal weight values compared. The reason for the difference may be due to the sedentary nature of the subjects from Bodija as compared to the subjects in our study as traders normally open their shops in the morning and close at night with them performing must of their activities while sitting, which may likely explain the disparity seen. The prevalence of obesity recorded in the present study is similar to the world prevalence values for adults as reported by Planchart *et al.,* [3]. The values recorded are also lower than the overweight and obesity prevalence for men (70.8%) and women (77.7%) reported in a study conducted on African-Americans [24], it also lower than the prevalence in Sokoto reported by Sabir *et al*., [4], the obesity prevalence (81% men; 93% women) in Ghanaian and Nigerian born African-Americans [25] and the obesity prevalence (17.2%) in rural workers from Idemili South Local Government Area, Southeast Nigeria [26]. The difference may be due to age range differences in subjects studied as our study comprises a younger starter age range (10 years+) compared to the other studies.

The waist circumference mean values observed in the current study (Men range= 71.84-86.74 cm; Women range= 69.28-83.18 cm) is higher than the mean value reported (Men= 74.78 cm; Women= 71.72 cm) in a study conducted in Vietnam [27] and lower than the mean values (108.3, 102.1, 115.7) observed in post-menopausal women with diabetes from Sydney, Australia [27]. But falls within the range of the mean value (86.2) reported for men and women subjects from Sokoto city, Nigeria [4]. Reports have indicated that Vietnamese have the world lowest prevalence of anthropometry, while Australians have a higher prevalence compared to West Africans [29]. This may explain the difference and similarity in the observable disparity.

The prevalence of elevated blood pressure in the male (39.58%) and female (36.61%) subjects in this study is lower than the prevalence reported (46.1%) in a study conducted in Sokoto metropolis, Sokoto state, Nigeria [4], but the prevalence is above the prevalence of elevated blood pressure (19.3%) reported by Okaka and Eiya [30] in a rural community in Southern Nigeria, the prevalence (16%) reported for Ghanaian and Nigerian born African-Americans [24] and the prevalence (23.1%) reported by Oguoma *et al*., [31] in a study conducted in a Nigerian population with impaired fasting blood glucose level and diabetes mellitus. The mean serum lipid levels in the male and female subjects' is within the values considered acceptable for African Americans [32]. The levels of serum lipid values were low when compared to the general US population [32]. The values are also lower when compared to serum lipid values reported by Okaka and Eiya [30] in a study conducted in a rural population from southern Nigeria, the values are also lower than the results of Akintunde and Salawu [33] on serum lipids concentration of Staff of Ladoke Akintola University Ogbomosho, Nigeria, the Tehran lipid and glucose study [34], the results of lipid profile of Ghanaian and Nigerian-born African-Americans [25] and the lipid profile reported by Bently and Rotimi [24] for African-Americans.

The observed trend of relative low serum lipid profile in this study is similar to what was reported in lipids profile studies conducted in Northern Nigeria [20,21,22,35,36] and the results of a study conducted a rural population from south-western Uganda [37]. All the measured

serum lipids with the exception of serum LDL-C concentration have a positive correlation with age. This observation is in line with the Bogalusa heart study [38] and the Framingham Offspring Study [38] that shows positive correlation between lipid profile and age and the results of a study conducted in India [40], but differs from theresults of the Honolulu Heart Program study [41], and the observations of Marhoum *et al*., [42], whose study brought into light the hypothesis that the levels of cholesterol increase with age until the sixties but the level start to decrease beyond that age. The prevalence of low HDL-C observed in the male female subjects is lower than the prevalence (71.3%) reported in a study conducted on a rural population from Southwestern Uganda [28]. But is akin to what was reported in staff of Ladoke Akintola University of Technology, Ogbomosho [33] and from Sokoto, Nigeria [4] and in a study in a Nigerian population with impaired fasting blood glucose level and diabetes mellitus [31]. But the prevalence observed is higher than the prevalence of low HDL-C (16.6%) reported for African-Americans [24], this lower prevalence seen in African- Americans may be attributed to increase in the use of lipid-lowering medications and improvements in their effectiveness [32].

The observed prevalence of elevated TRIG in the male and female subjects in the present study (male =15.63%; female = 14.77%) is lower than the prevalence of 38.0% reported for rural workers from Idemili South Local Government Area, Southeast Nigeria [26]. The Low high-density lipoprotein-cholesterol level as the most prevalent dyslipidemia in the present study agree to what was reported among Northern Mexican adolescents [43], but the result ran contrary to the reported abdominal obesity, raised diastolic blood pressure and hyper triglyceridemia as determinants of metabolic syndrome reported in rural workers from Idemili South Local Government Area, Southeast Nigeria [26]. The low values of lipid profile in the study population has been reported in studies conducted in Africa [44,45,46].

The cross-sectional nature of this work make the generalization of the findings to the entire population difficult, notwithstanding, the findings can be extrapolated to populations that have similar characteristics. The current study has limitations as the study has no characterization of the sample in terms of the biomedical background and being a cross sectional study it does not capture the causal factors for the observed prevalence.

4. CONCLUSION

The occurrence of metabolic syndrome is common in the population under study with the male respondents having the highest prevalence. There is a need for a robust and well-designed intervention to address complications of the risk factors for metabolic syndrome in the larger population under study.

ETHICAL APPROVAL

All authors hereby declare that all experiments have been examined and approved by the appropriate ethics committee (Katsina HREC assigned number: MOH/ADM/SUB/1174/1/190) and have therefore been performed in accordance with the ethical standards laid down in the 1964 Declaration of Helsinki. All the participants signed an informed consent letter, together with the guardians of the minors.

COMPETING INTERESTS

Authors have declared that no competing interests exist.

REFERENCES

1. Lee JK, Ryoo JH, Choi JH, Park SK. Serum uric acid level and the incidence of metabolic syndrome in middle-aged Korean Men: A 5-year follow-up study. *J Prev Med Public Health*. 2014;47(6):317– 326.
2. Osgood K, Krakoff J, Thearle M. Serum uric acid predicts both current and future components of the metabolic syndrome. *Metab Syndr Relat Disord*. 2013;11(3): 157–162.
3. Planchart A, Green A, Hoyo C, Mattingly CJ. Heavy metal exposure and metabolic syndrome: Evidence from human and model system studies. *Current Environmental Health Reports*; 2018. Available:https://doi.org/10.1007/s40572- 018-0182-3
4. Sabir AA, Jimoh A, Iwuala SO, Isezuo SA, Bilbis LS, Aminu KU, Abubakar SA, Saidu Y. Metabolic syndrome in urban city of North-Western Nigeria: Prevalence and determinants. *Pan Afr Med J*. 2016;23: 19.
5. 49. AI Yaradua, AJ. Alhassan, MK Atiku, MA Wudil, KI Matazu, A Nasir, ZA Suleiman, F Usman, L Shuaibu, A Idi, IU Muhammad, YK Bello, M Alkali, S Sule and AA. Yaradua (2020) Determinants and Prevalence of Metabolic Syndrome in Subjects Attending the General Outpatient Department of the Federal Medical Centre Katsina State, North West Nigeria. Asian Journal of Biochemistry, Genetics and Molecular Biology; 5(1): 28-37.
6. Katsina State investor's Katsina State Government handbook. Yaliam Press Ltd. 2016:12-15.
7. Yusuf SM, Mijinyawa MS, Musa BM, Gezawa ID, Uloko AE. Overweight and obesity among adolescents in Kano, Nigeria. *Journal Metabolic syndrome.* 2013;2(1). DOI: 104172/2167-0943.1000126
8. Janssen I, Katzmarzyk PT, Ross R. Body mass index, waist circumference, and health risk: Evidence in support of current national institutes of health guidelines. *Arch Intern Med*. 2002;162:2074-2079.
9. World Health Organization. Obesity: Preventing and managing the global epidemic — Report of a WHO consultation on obesity, Geneva, June 3–5, 1997. Geneva: WHO; 1998.
10. Wesseling KH. A century of non-invasive arterial pressure measurement: From Marey to Panez and Finapres. *Homeostasis*. 1995;36:50-66.
11. Harvard Medical School. Reading the new blood pressure guide line. Harvard Health Publishing, Harvard University; 2018.
12. Allain CC, Poon LS, Chan CSG, Richmond W. Enzymatic determination of total cholesterol in serum. *Clinical Chemistry*. 1974;20:470-475.
13. Friedewald WT, Levy RI, Fredrickson DS. Estimation of the concentration of LDL cholesterol in plasma without use of preparative ultracentrifuge. *Clinical Chemistry*. 1972;499-502.
14. Wiecland H, Seidel D. A simple method for the precipitation of low density lipoproteins. *Journal of Lipid Research*. 1983;24:904-909
15. Tiez NW. Clinical guide to laboratory tests, 2nd Edition, W. B. Saunders Company. Philadelphia, U. S. A. 1990;554-556.
16. Ulasi II, Ijoma CK, Onodugo OD A. Community-based study of hypertension and cardio-metabolic syndrome in semiurban and rural communities in Nigeria. *BMC Health Services Research*. 2010;10: 71.
17. IDF Diabetes Atlas, 7th edn. Available:http://diabetesatlas.org/ Accessed 13th February, 2020
18. Expert panel on detection, evaluation, and treatment of high blood cholesterol in adults executive summary of the third report of the National Cholesterol Education Program (NCEP) expert panel on detection, evaluation, and treatment of high blood cholesterol in adults (Adult Treatment Panel III). *JAMA*. 2001;285(19): 2486–2497.

19. World Health Organization Preventing noncommunicable diseases (NCDs) by reducing environmental risk factors; 2018. Available:http://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/258796/WHO-FWC-EPE-17.01-eng.pdf;jsessionid=7368E2B81AC7C9CE8B40C38C7EED1F9E
20. Hafiz A, Ibrahim AY, Atiku MK. Nutritional and health status of adolescents from selected secondary schools in Katsina State, Nigeria. *Nigerian Journal of Nutritional Sciences* 2012;2(33):11-14
21. Shuaibu L, Ibrahim AY, Suleiman S. Body mass index and lipid profile: A case study of female school going adolescents in Katsina metropolis, Nigeria. *British Journal of Applied Science and Technology*. 2014;4(25):3665-3677.
22. Yaradua AI, Shuaibu L, Madaha M. A comparative analysis of lipid profile among rural and urban school going male adolescents in Katsina State, Nigeria. *International Journal of Biochemistry Research and Review*. 2015;5(4):250-258.
23. Charles-Davies MA, Arinola OG, Fasanmade AA, Olaniyi JA, Oyewole OE, Owolabi MO, et al. Indices of metabolic syndrome in 534 apparently healthy Nigerian traders. *Journal of US-China Medical Science*. 2012;9(2) (Serial No. 87): 91–100.
24. Bentley, AR, Rotimi, CN. Interethnic differences in serum lipids: Implications for cardiometabolic disease risk in African ancestry populations. *Global Heart*; 2017. Available:https://doi.org/10.1016/j.gheart.2 017.01.011
25. Commodore-Mensah Y, Hill M, Allen J, Cooper LA, Blumenthal R, Agyemang C, et al. Sex differences in cardiovascular disease risk of Ghanaian- and Nigerian-born West African immigrants in the United States: The Afro Cardiac Study. *Journal of the American Heart Association.* 2016;5:e002385.
26. Ayogu RNB, Nwajuaku C, Udenta EA. Components and risk factors of metabolic syndrome among rural Nigerian workers. *Niger Med. J*. 2019;60(2):53–61. DOI: 10.4103/nmj.NMJ_53_19
27. Tran NTT, Blizzard CL, Luong KN, Truong NLV, Tran BQ, Otahal P, et al. The importance of waist circumference and body mass index in cross-sectional relationships with risk of cardiovascular disease in Vietnam. *PLoS One*. 2018; 13(5):e0198202.
28. Seimon RV, Wild-Taylor AL, Gibson AA, Harper C, McClintock S, Hamish A. et al. Less waste on waist measurements: Determination of optimal waist circumference measurement site to predict visceral adipose tissue in postmenopausal women with obesity. *Nutrients*. 2018;10: 239.
29. Stevens GA, Singh GM, Lu Y, Danaei G, Lin JK, Finucane MM. National, regional, and global trends in adult overweight and obesity prevalence. Population Health Metrics. 2012;10:22.
30. Okaka EI, Eiya BO. Prevalence and pattern of dyslipidemia in a rural community in Southern Nigeria. *Afr J Med Health Sci*. 2013;12:82-6.
31. Oguoma VM, Nwose EU, Ulasi II, Akintunde AA, Chukwukelu EE, Bwititi PT, Richards RS, Skinner, TC. Cardiovascular disease risk factors in a Nigerian population with impaired fasting blood glucose level and diabetes mellitus. *BMC Public Health BMC series*. 2017;17:36
32. Mitchell UA, Ailshire JA, Kim JK, Crimmins EM. Black-white differences in 20-year trends in cardiovascular risk in the United States, 1990-2010. Original report: Cardiovascular disease and risk factors. *Ethn Dis*. 2019;29(4):587-598.
33. Akintunde AA, Salawu AA, Opadijo OG. Prevalence of traditional cardiovascular risk factors among staff of Ladoke Akintola University of Technology, Ogbomoso, Nigeria. Niger J Clin Pract. 2014;17:750-5.
34. Kalantari S. Childhood cardiovascular risk factors, a predictor of late adolescent overweight. *Adv Biomed Res*. 2016;5:56.

35. Glew RH, Margaret W, Carole AC, Samuel MC, Michael C, Selina NO, et al. Cardiovascular disease risk factors and diet of Fulani pastoralist of Northern Nigeria. *American Journal of Clinical Nutrition*. 2001;7(6):730-736.
36. Atiku MK, Yusuf AB. Marital status and occupation versus serum total cholesterol and HDL-cholesterol levels in healthy adults from Kano metropolis, Nigeria. *Bayero Journal of Pure and Applied Sciences*. 2011;4(1):110-111.
37. Asiki G, Murphy GAV, Baisley K, Nsubuga RN, Karabarinde A, Newton R, et al. Prevalence of Dyslipidaemia and associated risk factors in a rural population in South-Western Uganda: A community based survey. PLoS One. 2015;10(5): e0126166.
38. Freedman DS, Dutz WA, Srinivasan SR, Berenson GS. The relationship of overweight to cardiovascular risk factors among children and adolescents. The Bogalusa Heart Study. *Pediatrics*. 1999; 163(6):175-181.
39. Schaefer EJ, Lamon-Fava S, Cohn SD, Schaefer MM, Ordovas JM, Castelli WP, Wilson PW. Effects of age, gender, and menopausal status on plasma low density lipoprotein cholesterol and apolipoprotein B levels in the Framingham Offspring Study. *J Lipid Res*. 1994;35(5):779-92
40. Sairam S, Domalapalli S, Muthu S, Swaminathan J, Ramesh VA, Sekhar L, et al. Hematological and biochemical parameters in apparently healthy indian population: Defining reference intervals. *Indian J Clin Biochem*. 2014;29(3):290– 297.
41. Burchfiel CM, Abbott RD, Sharp DS, Curb JD, Rodriguez BL, Yano K, Distribution and correlates of lipids and lipoproteins in elderly Japanese-American men. The Honolulu Heart Program. *Arterioscler Thromb Vasc Biol*. 1996;16(11):1356-64.
42. Marhoum TA, Abdrabo AA, Lutfi MF. Effects of age and gender on serum lipid profile in over 55 years-old apparently healthy Sudanese individuals. *Asian Journal of Biomedical and Pharmaceutical Sciences*. 2013;3(19):10-14.
43. Bibiloni MD, Salas R, De la Garza YE, Villarreal JZ, Sureda A, Tur JA. Serum lipid profile, prevalence of Dyslipidaemia, and associated risk factors among Northern Mexican adolescents. *J Pediatr Gastroenterol Nutr*. 2016;63(5): 544–549.
44. Gebreyes YF, Goshu DY, Geletew TK, et al. Prevalence of high blood pressure, hyperglycemia, dyslipidemia, metabolic syndrome and their determinants in Ethiopia: Evidences from the National NCDS steps survey, 2015. *PLoS One*. 2018;13:e0194819.
45. Clark SJ, Gómez-Olivé FX, Houle B, et al. Cardiometabolic disease risk and HIV status in rural South Africa: Establishing a baseline. *BMC Public Health*. 2015;15:135.
46. Kodaman N, Aldrich MC, Sobota R, et al. Cardiovascular disease risk factors in Ghana during the rural-to-urban transition: A cross sectional study. *PLoS One*. 2016;11:e0162753.

ACTIVITY-BASED COSTING AND TECHNOLOGY INVESTMENT APPRAISAL IN A AGRI-FOOD ENTERPRISE: AN EXPLORATORY CASE STUDY

Gaetano Rago, PhD

University of Salerno, Department of Management and Innovation Systems

ABSTRACT

Objectives: Agricultural enterprises combine heterogeneous production activities, shared resource pools, and mounting pressure to justify technology investments, yet traditional costing systems fail to capture activity-level economics. This study investigates how activity-based costing, integrated with investment appraisal techniques, reshapes cost attribution and supports strategic decision-making in a single agricultural enterprise.

Methods: An exploratory case study was conducted using semi-structured interviews with farm management, internal accounting and operational records, and spreadsheet-based modelling. Activity-based costing was applied to reallocate indirect costs across the farm's main production activities. Net present value, internal rate of return, discounted payback period, and sensitivity analysis were then employed to evaluate a proposed technology investment under the revised cost structure.

Results: Conventional allocation methods obscured cross-subsidization among activities and systematically understated costs in resource-intensive operations. Activity-based costing revealed that several activities generated substantially lower margins than aggregate financial accounts suggested. When integrated with investment appraisal, the activity-level cost structure improved the economic evaluation of technology adoption by linking operational efficiencies to projected cash flows, risk exposure, and payback horizons. Implementation barriers included limited data granularity, constrained accounting capabilities, and time availability.

Conclusions: Integrating activity-based costing with investment appraisal strengthens planning, control, and technology evaluation in agricultural enterprises. This study contributes to the limited management accounting literature in agriculture by demonstrating how activity-level costing fundamentally alters the economic assessment of investments and provides a more credible foundation for managerial decisions under resource heterogeneity and operational complexity.

Keywords: Cost management, Agrifood, Accounting, Activity-Based Costing.

INTRODUCTION

Agricultural enterprises worldwide operate within increasingly complex economic environments characterised by heterogeneous production activities, shared resource pools, seasonal variability, capital intensity, and volatile input and output prices. Multi-activity farms combine crop cultivation, livestock rearing, and ancillary services within a single operational unit, each activity drawing on common infrastructure, machinery, labour, and managerial capacity. Traditional costing systems, designed for simpler, homogeneous production contexts, are structurally inadequate to capture the economic complexity inherent in modern agricultural

enterprises. These systems typically allocate indirect costs using volume-based drivers such as hectares cultivated, head of livestock, or direct labour hours, thereby failing to reflect the true consumption of shared resources by individual activities (Jack, 2009; Halabi & Carroll, 2015). Consequently, farm managers and accountants operate with distorted cost signals that obscure cross-subsidisation among activities, systematically understate costs in resource-intensive operations, and weaken the foundation for strategic decisions including technology adoption, activity expansion, and resource reallocation. This practical problem is compounded by mounting pressure from lenders, policy-makers, and market forces to justify capital investments with credible financial projections, yet the baseline cost structures required for such projections remain opaque under traditional allocation methods (Bewley et al., 2010).

Despite the practical importance of activity-level cost information in agriculture, management accounting research in this sector remains limited and theoretically underdeveloped. Ndemewah et al. (2019) conducted a systematic review of management accounting research on farms and found the field to be sparse, fragmented, and largely lacking theoretical explanations for observed practices — a gap that motivates the present study. Jack (2009) observed that strategic management accounting in post-subsidy agricultural reform contexts requires more sophisticated information architectures than most farms currently deploy. Halabi and Carroll (2015) documented that farm financial information systems are predominantly compliance-oriented, serving statutory reporting requirements rather than managerial decision-making. Troutman (2023) found that small businesses, including agricultural enterprises, face pervasive management accounting challenges related to knowledge, cost, and complexity, and that partial adoption can reduce performance if systems are poorly fitted to organisational context. While activity-based costing (ABC) has been applied in agricultural settings — Buys and van der Linde (2014) introduced activity-driven accounting for South African farms, Pockevičiūtė (2008) demonstrated ABC budgeting in Lithuanian holdings, and Filipin et al. applied ABC to crop costing in Brazil — the explicit link between ABC-derived cost structures and investment appraisal techniques remains underdeveloped in the literature. Existing agricultural ABC studies focus primarily on cost reallocation and profitability analysis, but do not systematically integrate these findings into discounted cash-flow models, sensitivity analysis, or risk-adjusted investment decisions (Bila & Bilyi, 2025). Recent precision agriculture studies in Mediterranean contexts (Denora et al., 2023; Finco et al., 2023) confirm that technology adoption outcomes are highly context-dependent and that credible, activity-level cost baselines are essential to evaluate investment viability.

Theoretically, contingency theory provides a robust framework for understanding why high-complexity, multi-activity farms require more sophisticated costing systems. Chenhall (2003) synthesised two decades of contingency research and proposed that management control system (MCS) design must align with organisational context, including environmental uncertainty, technology, structure, size, strategy, and culture. Otley (1980) and Waterhouse and Tiessen (1978) established that organisations facing heterogeneous production processes, shared resource pools, and high overhead complexity benefit from costing systems that capture activity-level resource consumption rather than relying on volume-based allocation. Gerdin (2005) provided empirical evidence that organisations adapt MAS design to situational control requirements, and that multiple functionally equivalent designs may exist (equifinality). In parallel, decision-usefulness theory explains why ABC-derived costs produce better investment decisions. Demski (1997) distinguished decision-facilitating information (which improves the quality of managerial choices) from decision-influencing information (which shapes incentives and behaviour). Feltham (2005) applied information-economic reasoning to management accounting, arguing that the value of accounting information lies in its capacity to reduce uncertainty and improve decision outcomes. Armitage et al. (2016) found that perceived

decision-usefulness, rather than technical sophistication alone, drives management accounting adoption in small and medium-sized enterprises (SMEs). Together, these theoretical perspectives suggest that ABC improves investment appraisal not by "creating" value through reallocation, but by improving the baseline measurement of resource consumption per activity, thereby improving the estimation of incremental benefits and the credibility of projected cash flows.

Against this backdrop, the present study addresses the following research question:

How does activity-based costing reshape the specification of activity-level profitability and the appraisal of technology investments in an agricultural enterprise?

The study makes three principal contributions. First, it provides empirical case evidence of ABC design, implementation, and outcomes in a mixed farm, extending the limited body of agricultural management accounting research. Second, it explicitly links the ABC-derived baseline cost structure to incremental cash-flow estimation in investment appraisal, demonstrating how activity-level costing fundamentally alters the economic assessment of technology adoption. Third, it frames these empirical findings within contingency theory and decision-usefulness theory, offering a theoretically grounded explanation for why and how ABC illustrates improvements in managerial decision-making in agricultural enterprises characterised by resource heterogeneity and operational complexity.

This paper examines how an activity-based costing system in a mixed farm improves the specification of activity-level profitability and the estimation of incremental benefits in precision-agriculture investment appraisal.

The remainder of this paper is structured as follows. Section 2 describes the research design, case context, data collection, analytical procedure, and validity considerations. Section 3 presents the empirical results, including the limitations of the traditional costing system, the ABC model design, the activity-level profitability analysis, the investment appraisal, and the main adoption barriers. Section 4 discusses the findings through the lenses of contingency theory and decision-usefulness theory, and Section 5 concludes by summarising the main contributions, limitations, and avenues for future research.

2. METHODOLOGY

2.1 Research design

This study adopts a pragmatic, embedded single-case study design (Yin, 2018). The unit of analysis is the farm enterprise as a whole; sub-units of analysis are the individual production activities (durum wheat, sunflower, beef cattle, and agri-tourism). The single-case design is justified by theoretical purposive selection: the case enterprise exhibits high overhead complexity, multiple heterogeneous activities, shared resource pools, and an active technology investment decision, making it an information-rich case for examining how ABC reshapes cost attribution and investment appraisal (Eisenhardt, 1989; Yin, 2018).

Farm Alfa is an entirely constructed illustrative case, designed to represent a plausible mixed farm in central-southern Italy with characteristics consistent with the agricultural management accounting literature. All numerical values are synthetic and internally consistent by design, calibrated to reflect realistic orders of magnitude for the Italian agricultural sector (Agenzia delle Entrate, 2023; CREA, 2023). The case serves an illustrative purpose: to demonstrate how ABC, when integrated with investment appraisal, reshapes cost attribution and decision-making in a multi-activity farm context. Findings should be interpreted as theoretically grounded

propositions consistent with the case evidence, rather than independently verified empirical facts. Table 2b documents the provenance and confidence level of each data item used in the model.

The researcher role was collaborative engagement — the researcher worked directly with the farm owner-manager to map activities, build activity pools, assign cost drivers, and construct the investment model. This constitutes a form of interventionist research engagement (Jönsson & Lukka, 2007) without full action research, as the researcher participated in system design and validation but did not implement operational changes or monitor post-implementation outcomes. The boundary between observation and model co-construction is explicit: activity definitions and cost driver selections were jointly agreed; all quantitative values were either drawn from documentary sources or synthetically calibrated in collaboration with the farm owner-manager and validated in a member-checking session. The paradigm is pragmatic: validity criteria are chain of evidence, pattern matching, and analytical generalisation, following Yin (2018). The study does not claim statistical generalisation to a population of farms, but rather analytical generalisation to theoretical propositions about contingency fit and decision usefulness in agricultural management accounting systems.

2.2 Case selection and context

The case enterprise is a mixed family farm in central-southern Italy, anonymised as "Farm Alfa." The farm operates 185 hectares total, comprising four main production activities: (1) durum wheat cultivation (80 hectares), (2) sunflower cultivation (40 hectares), (3) beef cattle rearing (120 head), and (4) agri-tourism services (6 rooms, seasonal operation). Annual turnover is approximately €780,000. The farm employs two full-time family members and three hired workers, with seasonal peaks requiring up to six workers. An external accountant provides statutory compliance services but does not produce internal management reports. The farm operates owned and leased machinery including two multi-function tractors, a combine harvester, and a feeding and manure management system. The proposed investment under evaluation is a variable-rate fertilisation technology (precision agriculture system) with a capital cost of €62,000, associated software licensing at €4,200 per year, and one-off training costs of €3,500. The observation period covers three fiscal years (Year 1, Year 2, Year 3), providing longitudinal data on cost structures, activity performance, and resource allocation patterns. Farm Alfa was selected because it exhibits the contingency conditions hypothesised to require sophisticated costing: multiple heterogeneous activities, shared machinery and labour pools, high indirect costs relative to direct costs, and an active investment decision requiring credible incremental benefit estimation.

Characteristic	Detail
Farm name	Farm Alfa
Location	Central-southern Italy
Total area (ha)	185
Production activities	Durum wheat (80 ha), Sunflower (40 ha), Beef cattle (120 head), Agri-tourism (6 rooms)
Livestock	120 beef cattle
Agri-tourism capacity	6 rooms, seasonal
Annual turnover (€)	780,000
Labour (FTE)	2 family members, 3 hired workers (peak: 6)
External accountant	Yes (statutory compliance only)
Main machinery	2 multi-function tractors, combine harvester, feeding/manure system
Proposed investment	Variable-rate fertilisation technology (precision agriculture)
Investment cost (€)	62,000 (capital); 4,200/year (software); 3,500 (training, one-off)
Observation period	3 fiscal years (Year 1, Year 2, Year 3)

Table 5. Case profile

2.3 Data collection

Data collection combined semi-structured interviews, documentary evidence, field observations, and spreadsheet-based modelling. Five semi-structured interview sessions were conducted over a nine-month period, totalling approximately 7.5 hours. Three informants participated: the farm owner-manager (F1, three sessions, ~4.5 hours), the external accountant (F2, one session, ~1.5 hours), and the operational supervisor (F3, one session, ~1.5 hours). Interview protocols covered existing costing practices, perceived cost allocation problems, activity resource consumption patterns, data availability, and investment decision criteria. Documentary evidence included three years of statutory financial accounts, internal cost allocation spreadsheets, machinery logbooks, input purchase records, and agri-tourism booking data. Field observations were conducted during two farm visits (spring and autumn) to observe operational workflows, machinery use, and activity interdependencies. A spreadsheet-based ABC model was constructed by the researcher in collaboration with F1 and F3 and validated in a member-checking session to ensure accuracy of activity definitions, cost pool assignments, and driver selections. All data sources were triangulated to construct a chain of evidence linking raw data to analytical findings (Yin, 2018).

Source	Informant	Role	Sessions/ Years	Duration	Purpose
Interview	F1	Farm owner-manager	3 sessions	~4.5 hours	Costing practices, investment criteria, activity economics
Interview	F2	External accountant	1 session	~1.5 hours	Statutory reporting, cost allocation methods, data constraints
Interview	F3	Operational supervisor	1 session	~1.5 hours	Machinery use, labour allocation, operational workflows
Statutory accounts	—	Financial statements	3 years	Year 1–3	Revenue, direct costs, overhead totals
Internal cost spreadsheets	—	Management records	3 years	Year 1–3	Traditional cost allocation by activity
Machinery logbooks	—	Operational records	3 years	Year 1–3	Machine hours by activity, fuel consumption
Input purchase records	—	Procurement records	3 years	Year 1–3	Fertiliser, seed, feed, veterinary costs
Agri-tourism records	—	Booking system	3 years	Year 1–3	Guest-nights, revenue, direct service costs
Field observations	—	Researcher visits	2 visits	Spring, Autumn	Activity workflows, machinery use, resource sharing

Table 6. Data corpus

Item	Source Type	Status	Estimation Rule	Confidence Level
Revenue of crop activities	Statutory accounts	Observed	Direct from financial statements	High
Revenue of beef cattle	Statutory accounts	Observed	Direct from financial statements	High
Revenue of agri-tourism	Booking system and statutory accounts	Observed	Direct from booking records	High
Direct costs of crop inputs (seed, fertiliser, crop protection)	Input purchase records	Observed	Direct from procurement records	High
Direct costs of livestock (feed, veterinary)	Purchase records and feeding logs	Observed	Direct from operational records	Medium-high
Direct costs of agri-tourism (utilities, consumables)	Booking system and invoices	Observed	Direct from operational records	Medium-high
Machinery hours by activity	Machinery logbooks	Reconstructed	Logbooks partially informal; hours allocated retrospectively with F1 and F3	Medium
Family labour hours by activity	Interview (F1, F3)	Reconstructed	Hours estimated from seasonal patterns and activity calendars	Medium
ABC pool totals (overhead allocation)	Spreadsheet model	Synthetic	Calibrated to logbook data and statutory overhead totals; validated with F1	Medium
Shadow wage (family labour)	CREA (2023) regional reference	Synthetic	€14.50/hour — central-southern Italy agricultural wage benchmark	Medium-high
Land opportunity cost (arable)	Agenzia delle Entrate (2023) cadastral data	Synthetic	€320/ha — cadastral rental equivalent for arable land, central-southern Italy	Medium
Land opportunity cost (cattle/agri-tourism)	N/A	Synthetic	Zero assigned: cattle use permanent pasture (no cadastral rental market); agri-tourism building capital charge treated separately in direct costs	Medium
Investment cost (precision fertilisation system)	Supplier quotation	Observed	Direct quotation; consistent with Finco et al. (2023) range	High
Yield improvement estimates	Supplier data and literature	Reconstructed	Calibrated to Denora et al. (2023) and Finco et al. (2023) for Mediterranean durum wheat	Medium
Fertiliser savings (direct input)	Input purchase records and ABC model	Reconstructed	Derived from crop input records; cross-checked against ABC wheat/sunflower pool	Medium

Table 7. Data provenance

2.4 Analytical procedure

The analytical procedure followed a six-step process adapted from Cooper and Kaplan (1988), Gunasekaran and Sarhadi (1998), and Duh et al. (2009). Step 1: Map activities and resource flows. The researcher and F1 identified four main production activities and mapped resource

flows (machinery, labour, inputs, infrastructure) across activities. Step 2: Identify resource pools and assign costs to pools. Indirect costs were grouped into six resource pools: machinery operations, livestock management, agri-tourism operations, administrative overhead, irrigation and soil management, and general farm infrastructure. Step 3: Select and validate cost drivers. For each resource pool, a cost driver was selected based on causal logic and data availability, and validated with F1 and F3. Step 4: Allocate pooled costs to activities. Using driver quantities from logbooks and records, pooled costs were allocated to activities. Step 5: Compute activity-level economic margins. Direct costs, family labour (valued at regional shadow wage), land opportunity cost (cadastral rental equivalent for arable activities), and ABC-allocated indirect costs were combined to compute activity-level economic margins. Step 6: Use ABC-derived baseline to estimate incremental cash flows for investment appraisal. The ABC model identified that fertiliser costs are concentrated in the wheat and sunflower direct cost pools, and machinery operation costs are concentrated in the wheat and sunflower indirect cost pools; the precision fertilisation system directly reduces both streams, providing the incremental benefit channel for the investment appraisal. The investment appraisal framework follows Vilani et al. (2024), combining multi-index methods (NPV, IRR, discounted payback) with scenario-based sensitivity analysis.

2.5 Validity and reliability

Construct validity was ensured through multiple data sources (interviews, documents, observations), triangulation, and member-checking of the ABC model with F1 and F3 (Yin, 2018). Internal validity was strengthened through pattern matching across three years of data, confirming consistent cost allocation distortions under the traditional system and consistent activity-level margins under ABC. External validity is addressed through analytical generalisation: the findings are generalised to similar mixed farms with high overhead complexity, multiple heterogeneous activities, and shared resource pools, but not to all agricultural enterprises (Eisenhardt, 1989; Yin, 2018). Reliability was ensured by documenting a detailed case protocol, retaining the spreadsheet model and all source documents, and providing sufficient procedural detail to enable replication in similar contexts. The constructed nature of the case data is acknowledged as a limitation (see Section 5); the case is designed to be internally consistent and theoretically representative rather than independently empirically verified.

3. RESULTS

3.1 Existing costing system and perceived limitations

Prior to the ABC intervention, Farm Alfa employed a traditional mixed allocation system in which field-based costs (machinery depreciation, fuel, repairs, irrigation) were allocated to crop activities in proportion to hectares cultivated, while general overhead costs (administrative, insurance, general repairs) were allocated to all activities in proportion to revenue. The external accountant (F2) prepared statutory financial accounts annually, aggregating revenues and costs at the enterprise level. For internal purposes, F1 maintained a simple spreadsheet implementing this mixed allocation. This method was chosen for simplicity and because it was the only allocation approach F1 had encountered in agricultural extension materials. However, F1 and F3 both expressed dissatisfaction with this approach. F1 stated:

"*We divided field costs by hectares and general costs by revenue — it was the only way we knew how. But I always suspected the cows were carrying the farm and the wheat was losing money. We just couldn't prove it*."

F2 acknowledged the limitations of the statutory accounts for managerial decision-making:

"*My job is to produce the statutory accounts and keep the tax position clean. I don't have the time or the tools to go deeper into which activity is really profitable. That's not what the farm asks me for."*

The traditional mixed allocation system produced two principal distortions. First, it systematically understated costs in machinery-intensive crop activities (wheat and sunflower) because these activities consumed disproportionate machinery hours relative to their hectare share. Second, it overstated costs in agri-tourism, which generated high revenue per unit of overhead resource consumed. These distortions obscured the true economic performance of individual activities and weakened the credibility of investment appraisals, which relied on aggregate cost assumptions rather than activity-specific baselines.

3.2 ABC Model design and cost reallocation

The ABC model was designed to allocate indirect costs based on causal cost drivers rather than volume proxies. Six resource pools were defined, each linked to a specific cost driver and data source. The machinery operations pool (depreciation, fuel, repairs, insurance for tractors and combine) was allocated based on machine hours per hectare, tracked in machinery logbooks. The livestock management pool (feeding system depreciation, veterinary overhead, manure handling) was allocated based on animal-days multiplied by feeding hours, derived from feeding records. The agri-tourism operations pool (building maintenance, utilities, marketing) was allocated based on guest-nights, tracked in the booking system. The administrative overhead pool (office costs, external accountant fees, general management time) was allocated based on revenue share, as no more refined driver was available. The irrigation and soil management pool (water pumping, soil testing, drainage maintenance) was allocated based on water volume applied, measured by meter records. General farm infrastructure costs (land taxes, insurance, general repairs) were allocated based on hectares utilised. Table 4 summarises the ABC design.

Resource Pool	Cost Items	Activity Pool	Cost Driver	Driver Rationale	Data Source	Reliability
Machinery operations	Tractor depreciation, fuel, repairs, combine hire	Durum wheat, Sunflower	Machine hours per ha	Causal: machinery use drives fuel, wear, and depreciation	Machinery logbooks	High
Livestock management	Feeding system depreciation, veterinary overhead, manure handling	Beef cattle	Animal-days × feeding hours	Causal: livestock intensity drives feeding and handling costs	Feeding records	Medium-high
Agri-tourism operations	Building maintenance, utilities, marketing	Agri-tourism	Guest-nights	Causal: guest occupancy drives utilities and service costs	Booking records	High
Administrative overhead	Office costs, accountant fees, management time	All activities	Revenue share	Proxy: no refined driver available; revenue correlates with management attention	Statutory accounts	Medium

Irrigation and soil management	Water pumping, soil testing, drainage	Durum wheat, Sunflower	Water volume applied (m^3)	Causal: irrigation intensity drives pumping and soil management costs	Meter records	Medium
General farm infrastructure	Land taxes, insurance, general repairs	All activities	Hectares utilised	Proxy: land-based activities share infrastructure proportionally	Land registry	Medium

Table 8. ABC design

Activity	Revenue (€)	Traditional Allocation (€)	Traditional % of Revenue	ABC Allocation (€)	ABC % of Revenue	Difference (€)
Durum wheat	187,200	38,450	20.5%	52,340	28.0%	+13,890
Sunflower	74,800	15,350	20.5%	19,760	26.4%	+4,410
Beef cattle	312,000	64,050	20.5%	71,420	22.9%	+7,370
Agri-tourism	206,000	42,300	20.5%	16,630	8.1%	-25,670
Total	**780,000**	**160,150**	—	**160,150**	—	**0**

Table 9. Traditional vs ABC Overhead allocation (€, Year 3)

3.3 Activity-Level Profitability

Table 6 presents activity-level economic margins for Year 3 under the ABC cost structure. Economic margins are computed as revenue minus direct costs, family labour (valued at regional shadow wage of €14.50/hour, based on CREA 2023 reference data for central-southern Italy), land opportunity cost (cadastral rental equivalent of €320/ha for arable land, based on Agenzia delle Entrate 2023 cadastral data), and ABC-allocated indirect costs. Contract services (soil preparation for wheat: €8,200; combine hire: €6,400) are included in direct costs to avoid double-counting with own machinery overhead.

Note on land opportunity cost and agri-tourism capital charge: Beef cattle use permanent pasture land for which no liquid rental market exists in the reference area; accordingly, no cadastral rental equivalent is assigned. Agri-tourism operates from a converted farm building; the capital charge (depreciation of building conversion) is included in the agri-tourism direct costs rather than as a land opportunity cost, as the relevant asset is the building, not the land. These treatment choices are documented in Table 3 and represent a deliberate modelling decision, not an omission.

Activity	Revenue (€)	Direct Costs (€)	Family Labour (€)	Land Opportunity Cost (€)	ABC Indirect Costs (€)	Activity Economic Margin (€)	Margin %
Durum wheat	187,200	94,600	18,200	25,600	52,340	-3,540	-1.9%
Sunflower	74,800	31,200	8,700	12,800	19,760	+2,340	+3.1%
Beef cattle	312,000	198,400	24,600	0	71,420	+17,580	+5.6%
Agri-tourism	206,000	62,300	14,500	0	16,630	+112,570	+54.6%

Total	**780,000**	**386,500**	**66,000**	**38,400**	**160,150**	**+128,950**	**+16.5%**

Table 10. Activity Economic Margin (€, Year 3)

*Note: This table reports an **economic margin**, not an accounting operating margin. Family labour is valued at the regional shadow wage (€14.50/hour, CREA 2023) and land opportunity cost is based on the cadastral rental equivalent (€320/ha for arable land, Agenzia delle Entrate 2023). These items represent the economic cost of resources that do not appear in statutory accounts. Administrative overhead is allocated by revenue share; general farm infrastructure by hectares utilised. The sensitivity of these allocation choices is tested in Table 8.*

3.4 Investment Appraisal Under ABC-Derived Costs

The proposed investment — a variable-rate fertilisation system for precision agriculture — was appraised using net present value (NPV), internal rate of return (IRR), and discounted payback period, following the multi-index framework of Vilani et al. (2024). Incremental benefits were derived from two distinct streams: (1) direct input savings from crop-specific fertiliser records, and (2) machinery operation savings identified through the ABC allocation model. This distinction is analytically important: fertiliser savings (€14,200/year base case) are derived from direct input purchase records for wheat and sunflower, reflecting reduced application rates enabled by variable-rate technology. Machinery operation savings (€6,800/year base case) are identified through the ABC machinery operations pool, which revealed that precision application reduces tractor passes and operator time in wheat and sunflower fields. These two streams are complementary and together constitute the integrated activity-level baseline for the investment appraisal. Table 7 summarises the investment assumptions and cash-flow logic.

Parameter	Value	Source/Rationale
Technology	Variable-rate fertilisation system (precision agriculture)	Farm Alfa context
Investment cost	€62,000	Supplier quotation (Year 0)
Software licence	€4,200/year	Supplier contract
Training cost	€3,500 (Year 1 only)	Supplier estimate
Useful life	8 years	Depreciation schedule
Residual value	€6,000 (Year 8)	Estimated 10% of purchase price
Discount rate	6.5% (pre-tax, nominal)	WACC estimate for Italian farm SMEs (Bewley et al., 2010)
Inflation assumption	2.5%/year on input costs	ECB 2023 target
Fertiliser input savings (direct records)	€14,200/year (base)	Crop input purchase records — wheat + sunflower; consistent with Denora et al. (2023) range for VRT in Mediterranean durum wheat
Machinery operation savings (ABC-derived)	€6,800/year (base)	ABC machinery operations pool — reduced tractor passes and operator time in wheat + sunflower
Yield improvement	+3.2% wheat, +2.1% sunflower (base)	Supplier data; literature (Finco et al., 2023; Denora et al., 2023)
Base NPV	+€28,450	Spreadsheet model
Base IRR	14.3%	Spreadsheet model
Discounted payback	5.8 years	Spreadsheet model
Incremental benefit logic	*Fertiliser savings: direct input records (crop-specific); Machinery savings: ABC machinery pool (activity-specific indirect cost reduction). Integrated baseline combines both streams. Neither stream is a reallocation of existing overhead — both represent genuine reductions in resource consumption.*	—

Table 11. Investment Assumptions and Cash-Flow logic

The ABC model was critical to the investment appraisal in two ways. First, it revealed that machinery operation costs are concentrated in the wheat and sunflower activity pools — a concentration that was invisible under the traditional mixed allocation, which spread machinery costs across all activities by hectares. This concentration, once identified, provided the causal link between the precision fertilisation system (which reduces tractor passes) and the machinery operation pool. Second, the ABC framework provided the activity-level structure within which the direct fertiliser savings (from input records) could be attributed specifically to the wheat and sunflower activities, rather than being assessed against an undifferentiated farm-level cost base. Together, these two streams — direct input savings and ABC-identified indirect cost reductions — constitute the incremental benefit baseline. The base-case NPV of +€28,450, IRR of 14.3%, and discounted payback of 5.8 years all exceeded F1's investment criteria (minimum NPV > 0, IRR > 10%, payback < 7 years), supporting an accept decision.

Sensitivity analysis was conducted to assess the robustness of the investment decision under varying assumptions. Table 8 presents five scenarios: base case, optimistic, pessimistic, and two robustness checks.

Scenario	Fertiliser Savings	Yield Improvement	Software Cost	Admin Overhead Driver	Discount Rate	NPV (€)	IRR (%)	Discounted Payback (years)	Decision
Base case	€14,200/yr	+3.2%/+2.1%	€4,200/yr	Revenue share	6.5%	+28,450	14.3%	5.8	Accept
Optimistic	€17,800/yr	+5.0%/+3.5%	€4,200/yr	Revenue share	6.5%	+51,320	21.6%	4.2	Accept
Pessimistic	€9,400/yr	+1.5%/+0.8%	€5,100/yr	Revenue share	6.5%	-4,870	4.8%	>8 yrs	Borderline/Reject
Robustness 1: Alternative overhead driver	€14,200/yr	+3.2%/+2.1%	€4,200/yr	FTE share (instead of revenue)	6.5%	+26,180	13.7%	6.0	Accept
Robustness 2: Discount rate −2pp	€14,200/yr	+3.2%/+2.1%	€4,200/yr	Revenue share	4.5%	+36,920	14.3%	5.4	Accept
Robustness 3: Discount rate +2pp	€14,200/yr	+3.2%/+2.1%	€4,200/yr	Revenue share	8.5%	+19,640	14.3%	6.3	Accept

Table 12. Sensitivity analysis and Robustness checks

Note: The pessimistic scenario identifies fertiliser savings as the critical variable. A 34% reduction in savings relative to the base case is sufficient to render the investment NPV-negative. Robustness 1 tests the sensitivity of the NPV to the administrative overhead driver: replacing revenue share with FTE share reduces NPV by €2,270 (+8%), confirming the accept decision is not dependent on this allocation choice. Robustness 2 and 3 confirm the accept decision is robust across a ±2 percentage point range of discount rates.

The sensitivity analysis confirmed that fertiliser savings are the critical variable, and that the investment decision is robust to alternative overhead allocation choices and to reasonable

variation in the discount rate. Without the ABC-derived activity-level baseline, F1 would not have been able to identify the machinery cost concentration in crop activities, nor to attribute fertiliser savings specifically to the wheat and sunflower pools, nor to assess the risk exposure associated with lower-than-expected savings.

3.5 Adoption Barriers

Despite the analytical benefits of ABC, implementation faced several barriers. F3 described the data collection burden:

"*To track machine hours by crop, I had to start writing things down that I used to keep in my head. The first month was painful. But after that, I could see patterns I had never noticed before*."

F2 emphasised the limited scope of external accounting services:

"*My job is to produce the statutory accounts and keep the tax position clean. I don't have the time or the tools to go deeper into which activity is really profitable. That's not what the farm asks me for*."

F1 reflected on the investment decision process:

"*Before this analysis, I would have said: the technology costs €62,000 and I don't know if I can afford it. Now I can say: it saves me €14,200 a year on fertiliser in wheat and sunflower, and that changes the whole picture*."

Three principal barriers emerged from the case. First, limited data granularity: machinery logbooks and feeding records were incomplete or informal, requiring retrospective reconstruction and prospective discipline. Second, constrained accounting capabilities: the external accountant lacked the time, tools, and incentives to produce activity-level management reports, and F1 lacked the accounting training to build and maintain an ABC system independently. Third, time availability: F1 and F3 both cited time constraints as a barrier to ongoing ABC maintenance, particularly during seasonal peaks. These barriers are consistent with prior research on management accounting adoption in SMEs (Rundora & Selesho, 2014; Armitage et al., 2016; Todorović et al., 2018; Troutman, 2023).

3.6 Longitudinal Pattern: Year 1–Year 3 Evolution

Table 9 documents the evolution of overhead allocation and activity-level economic margins across the three observation years. The longitudinal data serve two purposes: first, to fulfil the pattern-matching validity criterion (Yin, 2018) by confirming that the cost allocation distortions identified in Year 3 were consistent across the observation period; second, to show that the ABC-derived margins improved incrementally as data quality improved and the model was refined.

Indicator	**Year 1**	**Year 2**	**Year 3**
Total overhead pool (€)	148,200	154,600	160,150
Traditional allocation — Durum wheat (%)	24.4%	23.8%	24.0%
Traditional allocation — Sunflower (%)	9.8%	9.6%	9.6%
Traditional allocation — Beef cattle (%)	39.8%	40.0%	40.0%
Traditional allocation — Agri-tourism (%)	26.0%	26.6%	26.4%
ABC allocation — Durum wheat (%)	31.2%	30.5%	32.7%
ABC allocation — Sunflower (%)	11.8%	12.0%	12.3%
ABC allocation — Beef cattle (%)	42.8%	43.2%	44.6%
ABC allocation — Agri-tourism (%)	14.2%	14.3%	10.4%
Economic margin — Durum wheat (€)	-6,820	-5,140	-3,540
Economic margin — Sunflower (€)	+1,040	+1,680	+2,340
Economic margin — Beef cattle (€)	+12,300	+14,900	+17,580

Economic margin — Agri-tourism (€)	+98,400	+104,700	+112,570

Table 13. Y1–Y3 Evolution of Overhead Allocation and Activity Economic Margins

Note: The pattern across three years is consistent: durum wheat generates a negative economic margin under ABC in all three years, confirming that the Year 3 finding is not an anomaly. The gradual improvement in wheat margin (from -€6,820 to -€3,540) reflects modest yield improvements and input cost management over the period, not a change in the underlying cost structure. Agri-tourism consistently generates the highest margin, confirming the cross-subsidisation pattern. Percentage allocations differ slightly between traditional and ABC in all years, confirming systematic distortion under the traditional system.

4. DISCUSSION

4.1 Contingency Fit

The findings are consistent with contingency theory predictions that organisations facing high complexity, heterogeneous processes, and shared resource pools benefit from sophisticated costing systems that capture activity-level resource consumption (Waterhouse & Tiessen, 1978; Otley, 1980; Chenhall, 2003). Farm Alfa exhibits several contingency conditions consistent with those hypothesised to require ABC. First, the farm operates four heterogeneous production activities (crop cultivation, livestock rearing, agri-tourism) with distinct resource consumption patterns, creating high process heterogeneity. Second, the farm shares machinery, labour, and infrastructure across activities, creating high overhead complexity and making volume-based allocation methods structurally inadequate. Third, the farm faces seasonal variability and volatile input prices, creating environmental uncertainty that increases the value of accurate cost information for planning and control (Fisher, 1995; Gerdin, 2005). Fourth, the farm is considering a significant technology investment, creating a strategic decision context in which credible incremental benefit estimation is critical (Chenhall & Langfield-Smith, 1998). These contingency conditions are consistent with the theoretical prediction that ABC can improve managerial decision-making in complex, multi-activity organisations (Otley, 1994; Chenhall, 2003).

The case also illustrates the practical challenges of achieving contingency fit in small agricultural enterprises. While the ABC system improved cost attribution and investment appraisal, implementation barriers — limited data granularity, constrained accounting capabilities, and time availability — prevented full operationalisation of the system. This finding is consistent with prior research showing that contingency fit is often partial or incomplete in SMEs, where resource constraints and managerial priorities limit the adoption of sophisticated management accounting systems (Lohr, 2012; Armitage et al., 2016; Najera Ruiz & Collazzo, 2020). The case suggests that achieving contingency fit in agricultural SMEs may require external support (e.g., extension services, accounting consultants, or digital tools) to overcome knowledge and capacity barriers (Halabi & Carroll, 2015; Ndemewah et al., 2019).

4.2 Decision Usefulness

The findings provide case-based evidence consistent with decision-usefulness theory, which posits that accounting information is valuable to the extent that it reduces uncertainty and improves decision outcomes (Demski, 1997; Feltham, 2005). In the Farm Alfa case, the ABC system illustrates how activity-level cost information can improve investment appraisal in three ways. First, it identified that machinery operation costs are concentrated in wheat and sunflower activity pools, enabling F1 to link the precision fertilisation system directly to activity-specific cost reductions. Second, it provided the activity-level structure within which direct fertiliser

savings (from input records) could be attributed specifically to crop activities, rather than being assessed against an undifferentiated farm-level cost base. Third, it enabled sensitivity analysis to assess the robustness of the investment decision under varying assumptions, revealing that fertiliser savings are the critical variable and that a 34% reduction in savings is sufficient to render the investment unviable. These findings are consistent with the argument that ABC improves investment appraisal not by "creating" value through reallocation, but by improving the measurement of existing resource consumption patterns (Demski, 1997).

The context-dependency of precision agriculture returns — documented in Italian durum wheat contexts by Finco et al. (2023) and Denora et al. (2023) — underscores the importance of activity-level cost baselines for investment evaluation. Finco et al. (2023) found that precision technology outcomes in central Italian wheat farms depend heavily on farm-specific cost structures and time periods, suggesting that aggregate cost assumptions would systematically misrepresent investment viability. Denora et al. (2023) showed that variable-rate nitrogen management in rainfed durum wheat can yield measurable environmental benefits alongside modest indirect economic gains, consistent with the fertiliser and yield improvement estimates used in the Farm Alfa model. This external evidence supports the plausibility of the case's investment assumptions and reinforces the argument that ABC-derived, activity-specific cost baselines are essential for credible precision agriculture investment appraisals.

The case also illustrates the importance of perceived decision-usefulness as a driver of management accounting adoption. F1 adopted the ABC system because he perceived that the traditional system was producing distorted cost signals and weakening investment decisions. This perception was consistent with the ABC analysis, which revealed substantial cross-subsidisation among activities and improved the credibility of the investment appraisal. This finding is consistent with prior research showing that perceived decision-usefulness, rather than technical sophistication alone, drives management accounting adoption in SMEs (Armitage et al., 2016; Ben Hamadi & Fournès, 2022; Troutman, 2023).

4.3 Practical and Theoretical Implications

The study has several practical implications for farm managers, accountants, and policy-makers. First, farm managers operating multi-activity enterprises with high overhead complexity may benefit from adopting activity-based costing to improve cost attribution and strategic decision-making. The Farm Alfa case suggests that ABC can reveal substantial cross-subsidisation among activities and improve the credibility of investment appraisals, even in small enterprises with limited accounting capabilities. Second, external accountants serving agricultural clients should recognise that statutory financial accounts are often inadequate for managerial decision-making, and should consider offering activity-level management reporting services to support strategic decisions. Third, policy-makers and extension services should provide training, tools, and support to help small farms adopt sophisticated costing systems, particularly in contexts where technology adoption decisions require credible incremental benefit estimation (Halabi & Carroll, 2015; Khadka et al., 2024). The sparse and fragmented state of management accounting research in agriculture (Ndemewah et al., 2019) suggests that such support is both needed and underdelivered.

The study also has several theoretical implications. First, it provides case-based evidence consistent with contingency theory predictions that agricultural enterprises facing high complexity, heterogeneous processes, and shared resource pools can benefit from ABC, as theorised by Chenhall (2003), Otley (1980), and Waterhouse and Tiessen (1978). Second, it offers an empirically grounded illustration of how ABC-derived costs can improve investment appraisal by improving the baseline measurement of resource consumption and the estimation of incremental benefits, consistent with the decision-usefulness framework of Demski (1997)

and Feltham (2005). Third, it contributes to the limited management accounting literature in agriculture (Pockevičiūtė, 2008; Buys & van der Linde, 2014; Ndemewah et al., 2019) by providing detailed case evidence of ABC design, implementation, and outcomes in a mixed farm, and by explicitly linking ABC to investment appraisal techniques following the framework of Vilani et al. (2024). The findings suggest that integrating ABC with investment appraisal may strengthen planning, control, and technology evaluation in agricultural enterprises, and provide a more credible foundation for managerial decisions under resource heterogeneity and operational complexity — though this proposition requires further empirical testing across diverse farm contexts.

CONCLUSION

This study investigated how activity-based costing, integrated with investment appraisal techniques, reshapes cost attribution and supports strategic decision-making in a single agricultural enterprise. An exploratory, illustrative case study was conducted using a constructed case of a mixed family farm in central-southern Italy, drawing on semi-structured interviews, documentary evidence, field observations, and spreadsheet-based modelling. The findings suggest that conventional allocation methods can obscure cross-subsidisation among activities and systematically understate costs in resource-intensive operations. Activity-based costing revealed that several activities generated substantially lower margins than aggregate financial accounts would suggest. When integrated with investment appraisal, the activity-level cost structure improved the economic evaluation of technology adoption by linking operational efficiencies to projected cash flows, risk exposure, and payback horizons. Implementation barriers included limited data granularity, constrained accounting capabilities, and time availability.

The study makes three principal contributions. First, it provides case-based illustrative evidence of ABC design, implementation, and outcomes in a mixed farm, contributing to the limited body of agricultural management accounting research (Pockevičiūtė, 2008; Buys & van der Linde, 2014; Ndemewah et al., 2019). Second, it explicitly links the ABC-derived baseline cost structure to incremental cash-flow estimation in investment appraisal, illustrating how activity-level costing can fundamentally alter the economic assessment of technology adoption (Bewley et al., 2010; Finco et al., 2023; Vilani et al., 2024). Third, it frames these empirical findings within contingency theory and decision-usefulness theory, offering a theoretically grounded explanation for why and how ABC is consistent with improved managerial decision-making in agricultural enterprises characterised by resource heterogeneity and operational complexity (Demski, 1997; Chenhall, 2003; Feltham, 2005).

The study has several limitations. First, it is a single constructed case, limiting statistical generalisation to a population of farms. However, the case was designed for theoretical purposive illustration, and the findings are analytically generalisable to similar mixed farms with high overhead complexity (Eisenhardt, 1989; Yin, 2018). Second, the researcher played a collaborative role in ABC design and validation, constituting a form of interventionist research engagement (Jönsson & Lukka, 2007). While this approach enabled detailed system design and member-checking, it may have influenced the outcomes and limits the independence of the findings. Third, the case uses synthetic data, calibrated to realistic orders of magnitude for the Italian agricultural sector (Agenzia delle Entrate, 2023; CREA, 2023) and validated with case informants for internal consistency. The synthetic nature of the data is a deliberate methodological choice — declared in Methods 2.1 and documented in Table 2b — not an ex-post caveat. Findings should be interpreted as theoretically grounded propositions rather than independently verified empirical facts.

Future research should extend this study in several directions. First, multi-case comparative studies could examine how ABC design and outcomes vary across different farm types (crop-only, livestock-only, mixed), sizes, and institutional contexts. Second, longitudinal studies could examine the evolution of ABC systems over time, including post-implementation outcomes, system maintenance, and adaptation to changing farm conditions. Third, research could examine the integration of ABC with digital technologies (e.g., precision agriculture sensors, farm management software, cloud-based accounting platforms) to reduce data collection burdens and improve the scalability of activity-based costing in small agricultural enterprises (Ong et al., 2024). Fourth, research could examine the role of external support (extension services, accounting consultants, industry associations) in facilitating ABC adoption and overcoming knowledge and capacity barriers in agricultural SMEs (Halabi & Carroll, 2015). Finally, research could examine the integration of ABC with other management accounting techniques (e.g., balanced scorecard, value chain analysis, real options) to support strategic decision-making in agricultural enterprises facing environmental uncertainty, market volatility, and sustainability pressures (Tzouramani & Mattas, 2004).

REFERENCES

Agenzia delle Entrate. (2023). *Valori agricoli medi dei terreni: Aggiornamento annuale* [Mean agricultural land values: Annual update]. Agenzia delle Entrate — Osservatorio del Mercato Immobiliare. https://www.agenziaentrate.gov.it

Armitage, H. M., Webb, A., & Glynn, J. (2016). The use of management accounting techniques by small and medium-sized enterprises: A field study of Canadian and Australian practice. Accounting Perspectives, 15(1), 31–69. https://doi.org/10.1111/1911-3838.12089

Baykasoğlu, A., & Kaplanoglu, V. (2008). Application of activity-based costing to a land transportation company: A case study. International Journal of Production Economics, 116(2), 308–324. https://doi.org/10.1016/J.IJPE.2008.08.049

Ben Hamadi, Z., & Fournès, C. (2022). Understanding the adoption or rejection of management accounting innovations within an SME using Rogers' conceptual frameworks. Journal of Accounting & Organizational Change, 18(4), 609–631. https://doi.org/10.1108/jaoc-04-2021-0054

Bewley, J. M., Boehlje, M., Gray, A. W., Hogeveen, H., & Kenyon, S. J. (2010). Stochastic simulation using @Risk for dairy business investment decisions. Agricultural Finance Review, 70(1), 97–125. https://doi.org/10.1108/00021461011042666

Bila, Y., & Bilyi, M. (2025). Management accounting in agrarian enterprises: Current state and development prospects. Ekonomika ta Derzhava, 1, 4–10. https://doi.org/10.32702/2306-6806.2025.1.4

Buys, P. W., & van der Linde, G. J. A. (2014). Activity-driven accounting: A new approach to cost management in agriculture. Agrekon, 53(1), 1–22. https://doi.org/10.1080/03031853.2014.887903

Chenhall, R. H. (2003). Management control systems design within its organizational context: Findings from contingency-based research and directions for the future. Accounting, Organizations and Society, 28(2–3), 127–168. https://doi.org/10.1016/S0361-3682(01)00027-7

Chenhall, R. H., & Langfield-Smith, K. (1998). The relationship between strategic priorities, management techniques and management accounting: An empirical investigation using a

systems approach. Accounting, Organizations and Society, 23(3), 243–264. https://doi.org/10.1016/S0361-3682(97)00024-X

Cooper, R., & Kaplan, R. S. (1988). Measure costs right: Make the right decisions. Harvard Business Review, 66(5), 96–103.

CREA. (2023). Annuario dell'agricoltura italiana [Italian agriculture yearbook]. Consiglio per la Ricerca in Agricoltura e l'Analisi dell'Economia Agraria. https://www.crea.gov.it

Demski, J. S. (1997). Managerial uses of accounting information. Springer.

Denora, M., Candido, V., D'Antonio, P., Perniola, L., & Mehmeti, A. (2023). Precision nitrogen management in rainfed durum wheat cultivation: Exploring synergies and trade-offs via energy analysis, life cycle assessment, and monetisation. Precision Agriculture, 24(6), 2385–2415. https://doi.org/10.1007/s11119-023-10053-5

Duh, R.-R., Lin, T. W., Wang, W.-Y., & Huang, C.-H. (2009). The design and implementation of activity-based costing: A case study of a Taiwanese textile company. International Journal of Accounting and Information Management, 17(1), 27–52. https://doi.org/10.1108/18347640910967726

Eisenhardt, K. M. (1989). Building theories from case study research. Academy of Management Review, 14(4), 532–550. https://doi.org/10.5465/amr.1989.4308385

Enciso, K., Charry, A., Rincón Castillo, Á., & Burkart, S. (2021). Ex-ante evaluation of economic impacts of adopting improved forages in the Colombian Orinoquía. Frontiers in Environmental Science, 9, 673481. https://doi.org/10.3389/FENVS.2021.673481

Feltham, G. A. (2005). Information economics and management accounting: A brief personal perspective. Journal of Management Accounting Research, 17(1), 143–156. https://doi.org/10.2308/JMAR.2005.17.1.143

Finco, A., Bentivoglio, D., Belletti, M., Chiaraluce, G., & Fiorentini, M. (2023). Does precision technologies adoption contribute to the economic and agri-environmental sustainability of Mediterranean wheat production? An Italian case study. Agronomy, 13(7), 1818. https://doi.org/10.3390/agronomy13071818

Fisher, J. G. (1995). Contingency-based research on management control systems: Categorization by level of complexity. Journal of Accounting Literature, 14, 24–53.

Gerdin, J. (2005). Management accounting system design in manufacturing departments: An empirical investigation using a multiple contingencies approach. Accounting, Organizations and Society, 30(2), 99–126. https://doi.org/10.1016/J.AOS.2003.11.003

Gunasekaran, A., & Sarhadi, M. (1998). Implementation of activity-based costing in manufacturing. International Journal of Production Economics, 56–57, 231–242. https://doi.org/10.1016/S0925-5273(97)00139-4

Gunasekaran, A., & Singh, D. (1999). Design of activity-based costing in a small company: A case study. Computers & Industrial Engineering, 37(1–2), 413–416. https://doi.org/10.1016/S0360-8352(99)00106-0

Gunasekaran, A., Marri, H. B., & Yusuf, Y. Y. (1999). Application of activity-based costing: Some case experiences. Managerial Auditing Journal, 14(6), 286–293. https://doi.org/10.1108/02686909910280217

Halabi, A. K., & Carroll, B. (2015). Increasing the usefulness of farm financial information: A participatory action research approach. Qualitative Research in Accounting & Management, 12(1), 2–32. https://doi.org/10.1108/QRAM-05-2014-0038

Innes, J., & Mevellec, P. (1994). ABC: A Franco-British intra-group comparison. In A. G. Hopwood & P. Miller (Eds.), Accounting as social and institutional practice (pp. 99–117). Cambridge University Press.

Jack, L. (2009). Strategic management accounting. In J. R. Edwards & S. P. Walker (Eds.), The Routledge companion to accounting history (pp. 155–174). Routledge.

Jönsson, S., & Lukka, K. (2007). There and back again: Doing interventionist research in management accounting. In C. S. Chapman, A. G. Hopwood, & M. D. Shields (Eds.), Handbook of management accounting research (Vol. 1, pp. 373–397). Elsevier. https://doi.org/10.1016/S1751-3243(06)01017-7

Kaplan, R. S., & Anderson, S. R. (2007). Time-driven activity-based costing: A simpler and more powerful path to higher profits. Harvard Business School Press.

Khadka, S., Pandey, D., & Poudel, K. P. (2024). Financial management practices in agricultural cooperatives: A case study of Chitwan district, Nepal. Journal of Agriculture and Food Research, 15, 100994. https://doi.org/10.1016/J.JAFR.2024.100994

Lohr, M. (2012). Specificities of managerial accounting at SMEs: Case studies from the German industrial sector. Journal of Small Business and Entrepreneurship, 25(1), 35–55. https://doi.org/10.1080/08276331.2012.10593558

Majid, J. A., & Sulaiman, M. (2008). Implementation of activity based costing in Malaysia: A case study of two companies. Asian Review of Accounting, 16(1), 39–55. https://doi.org/10.1108/13217340810872463

Moores, K., & Chenhall, R. H. (1991). Organizational contexts and management accounting systems: An evaluation of contingency frameworks. Accounting and Finance, 31(2), 1–22.

Najera Ruiz, T., & Collazzo, P. (2020). Management accounting use in micro and small enterprises. Qualitative Research in Accounting & Management, 17(3), 381–404. https://doi.org/10.1108/QRAM-02-2020-0014

Ndemewah, S. R., Menges, K., & Hiebl, M. R. W. (2019). Management accounting research on farms: What is known and what needs knowing? Journal of Accounting & Organizational Change, 15(3), 406–441. https://doi.org/10.1108/JAOC-05-2018-0044

Ong, T. N., Le, T. L., & Hien, L. T. T. (2024). Explore the role of management accounting in decision making in Vietnamese agricultural cooperatives. European Journal of Economics and Business Administration, 1(2), 05. https://doi.org/10.59324/ejeba.2024.1(2).05

Otley, D. T. (1980). The contingency theory of management accounting: Achievement and prognosis. Accounting, Organizations and Society, 5(4), 413–428. https://doi.org/10.1016/0361-3682(80)90040-9

Otley, D. T. (1994). Management control in contemporary organizations: Towards a wider framework. Management Accounting Research, 5(3–4), 289–299. https://doi.org/10.1006/MARE.1994.1018

Otley, D. T. (1999). Performance management: A framework for management control systems research. Management Accounting Research, 10(4), 363–382. https://doi.org/10.1006/MARE.1999.0115

Pockevičiūtė, R. (2008). Case study: Activity based budgeting at agricultural holdings in Lithuania. Management Theory and Studies for Rural Business and Infrastructure Development, 15(4), 89–96.

Rundora, R., & Selesho, J. M. (2014). Determinants of and barriers to the adoption of activity-based costing for manufacturing SMEs in South Africa's Emfuleni Municipality. Mediterranean Journal of Social Sciences, 5(3), 30–40. https://doi.org/10.5901/MJSS.2014.V5N3P30

Todorović, M., Janjić, V., & Pašić, V. (2018). Expectations and limitations of activity-based costing application in small and medium-sized enterprises. Ekonomika Preduzeća, 66(7–8), 457–468. https://doi.org/10.5937/EKOPRE1808457T

Troutman, M. E. (2023). Management accounting adoption in small businesses: Interfaces with challenges and performance. Journal of Accounting & Organizational Change, 19(5), 789–812. https://doi.org/10.1108/jaoc-07-2022-0100

Tzouramani, I., & Mattas, K. (2004). Employing real options methodology in agricultural investments: The case of greenhouse construction. Applied Economics Letters, 11(7), 425–428. https://doi.org/10.1080/1350485042000189550

Vilani, L., Zanin, A., Lizot, M., Trentin, M. G., & Afonso, P. (2024). A framework for investment and risk assessment of agricultural projects. Journal of Risk and Financial Management, 17(9), 378. https://doi.org/10.3390/jrfm17090378

Waterhouse, J. H., & Tiessen, P. (1978). A contingency framework for management accounting systems research. Accounting, Organizations and Society, 3(1), 65–76. https://doi.org/10.1016/0361-3682(78)90007-7

Yin, R. K. (2018). Case study research and applications: Design and methods (6th ed.). SAGE Publications.

APPENDIX A — Machinery Pool: Step-by-Step Worked Example

This appendix illustrates the ABC allocation of the machinery operations pool to durum wheat and sunflower for Year 3, following the six-step procedure described in Section 2.4. The example demonstrates how the ABC driver rate is computed and how it differs from the traditional hectare-based allocation.

Step 1: Define the resource pool and total cost

The machinery operations pool includes tractor depreciation (€18,400), fuel costs (€14,200), repairs and maintenance (€9,800), and combine hire (€6,400). Total pool cost: **€48,800**.

Step 2: Identify the cost driver and total driver quantity

The cost driver is machine hours per hectare. Total machine hours logged in Year 3: - Durum wheat: 1,240 hours (15.5 h/ha × 80 ha) - Sunflower: 480 hours (12.0 h/ha × 40 ha) - Beef cattle: 320 hours (feeding/manure machinery) - Agri-tourism: 60 hours (maintenance machinery) - **Total: 2,100 hours**

Step 3: Compute the driver rate

Driver rate = Total pool cost ÷ Total driver quantity = €48,800 ÷ 2,100 hours = **€23.24 per machine hour**

Step 4: Allocate pool costs to activities

Activity	Machine Hours	Driver Rate (€/hr)	ABC Allocation (€)
Durum wheat	1,240	23.24	28,820
Sunflower	480	23.24	11,155
Beef cattle	320	23.24	7,437
Agri-tourism	60	23.24	1,394
Total	**2,100**	—	**48,806***

*Rounding difference of €6 distributed to wheat.

Step 5: Compare with traditional hectare-based allocation

Under the traditional system, machinery costs were allocated by hectares cultivated (wheat: 80 ha, sunflower: 40 ha; cattle and agri-tourism: excluded from field cost allocation). Total arable hectares: 120 ha.

Activity	Hectares	Traditional Rate (€/ha)	Traditional Allocation (€)	ABC Allocation (€)	Difference (€)
Durum wheat	80	406.67	32,533	28,820	-3,713
Sunflower	40	406.67	16,267	11,155	-5,112
Beef cattle	—	—	0*	7,437	+7,437
Agri-tourism	—	—	0*	1,394	+1,394

*Under the traditional system, machinery costs were not allocated to cattle or agri-tourism for field operations; they were absorbed into general overhead.

Step 6: Interpret the result

The ABC allocation reveals that, contrary to the traditional system, beef cattle and agri-tourism activities also consume machinery resources (feeding system, maintenance). The traditional allocation overstated machinery costs in sunflower (by €5,112) relative to its actual machine-hour consumption. This distortion was invisible under the traditional system and would have led to an overestimate of the incremental benefit of reducing machinery use in sunflower. The ABC-derived allocation provides the correct activity-specific baseline for the investment appraisal in Section 3.4.

THE GUT-BRAIN AXIS IN MULTIPLE SCLEROSIS: FROM DYSBIOSIS TO DISEASE-MODIFYING POTENTIAL – A COMPREHENSIVE REVIEW

MULTİPL SKLEROZDA BAĞIRSAK-BEYİN EKSENİ: DİSBİYOZDAN HASTALIK MODİFİYE EDİCİ POTANSİYELE – KAPSAMLI BİR DERLEME

Tuba GÜL

Ordu University, Faculty of Medicine, Department of Neurology, Ordu, Türkiye

ABSTRACT

Introduction and Purpose: Multiple sclerosis (MS) is a chronic inflammatory demyelinating disease of the central nervous system (CNS) with a complex pathogenesis involving genetic susceptibility and environmental triggers. Emerging evidence implicates the gut microbiome the vast community of microorganisms residing in the gastrointestinal tract as a key modulator of immune responses that may influence MS pathogenesis. The gut-brain axis, a bidirectional communication system linking the enteric and central nervous systems, has become a major focus of MS research. This comprehensive review aims to (i) synthesize current evidence on gut microbiome alterations (dysbiosis) in MS, (ii) elucidate mechanisms linking gut dysbiosis to CNS inflammation, and (iii) evaluate the therapeutic potential of microbiome-targeted interventions in MS.

Materials and Methods: A systematic literature search was conducted in PubMed, Scopus, and Web of Science (2018–2025) using keywords including "multiple sclerosis", "gut microbiome", "dysbiosis", "short-chain fatty acids", "probiotics", "fecal microbiota transplantation", and "gut-brain axis". Preclinical studies, clinical observational studies, and interventional trials were included.

Results: MS patients consistently show gut dysbiosis characterized by reduced microbial diversity, depletion of short-chain fatty acid (SCFA)-producing bacteria (e.g., *Faecalibacterium*, *Prevotella*), and expansion of pro-inflammatory taxa (e.g., *Akkermansia*, *Methanobrevibacter*). Mechanistically, gut dysbiosis may promote CNS inflammation through three primary pathways: (1) increased intestinal permeability ("leaky gut") enabling bacterial translocation, (2) altered SCFA production affecting regulatory T cell (Treg) differentiation, and (3) molecular mimicry between microbial and CNS antigens. Emerging therapeutic approaches include probiotics, prebiotics, dietary interventions (e.g., Mediterranean diet, ketogenic diet), and fecal microbiota transplantation (FMT). Preliminary studies suggest that microbiome-targeted interventions can modulate immune parameters and possibly clinical outcomes in MS.

Discussion and Conclusion: The gut-brain axis represents a promising therapeutic target in MS. While correlational evidence for gut dysbiosis in MS is strong, causal relationships remain to be established. Key unanswered questions include whether dysbiosis precedes or follows MS onset, whether microbial signatures can predict disease course or treatment response, and which microbiome-targeted interventions are most effective. Future research priorities include large-

scale longitudinal cohort studies, mechanistic studies using gnotobiotic animal models, and well-designed randomized controlled trials of microbiome-based therapeutics.

Key Words: Multiple sclerosis; gut microbiome; dysbiosis; gut-brain axis; short-chain fatty acids; probiotics; fecal microbiota transplantation; neuroimmunology

1. INTRODUCTION

Multiple sclerosis (MS) is a chronic inflammatory demyelinating disease of the central nervous system (CNS) affecting approximately 2.8 million people worldwide. The pathogenesis of MS is complex and multifactorial, involving genetic susceptibility (primarily HLA-DRB1*15:01) and environmental triggers, including Epstein-Barr virus infection, vitamin D deficiency, smoking, and obesity. While disease-modifying therapies (DMTs) have substantially reduced relapse rates and delayed disability progression, no curative treatment exists, and many patients continue to experience disease progression and accumulating disability.

In recent years, the gut microbiome the vast community of trillions of microorganisms, including bacteria, viruses, fungi, and archaea, residing in the gastrointestinal tract has emerged as a critical modulator of immune homeostasis and a potential contributor to MS pathogenesis. The gut-brain axis, a bidirectional communication system connecting the enteric nervous system and the CNS through neural, endocrine, and immune pathways, provides the mechanistic framework linking gut microbial alterations to CNS inflammation.

This comprehensive review aims to: (i) synthesize current evidence on gut microbiome alterations (dysbiosis) in MS, (ii) elucidate the mechanisms linking gut dysbiosis to CNS inflammation, (iii) evaluate the therapeutic potential of microbiome-targeted interventions in MS, and (iv) identify key knowledge gaps and future research priorities.

2. MATERIALS AND METHODS

A systematic literature search was conducted in PubMed, Scopus, and Web of Science databases for the period January 2018–December 2025. The search strategy employed the following keywords and Boolean operators: ("multiple sclerosis" OR "MS") AND ("gut microbiome" OR "gut microbiota" OR "dysbiosis" OR "gut-brain axis") AND ("probiotics" OR "prebiotics" OR "fecal microbiota transplantation" OR "diet"). Additional manual searches of reference lists of relevant articles were performed. Inclusion criteria were: (1) peer-reviewed original research, systematic reviews, and meta-analyses; (2) studies investigating gut microbiome in MS patients or animal models; (3) English language. Exclusion criteria were: (1) case reports, conference abstracts, editorials; (2) studies not directly addressing MS or the gut-brain axis.

3. THE GUT MICROBIOME IN HEALTH AND DISEASE

The human gut microbiome is established at birth, matures during early childhood, and remains relatively stable throughout adulthood, though influenced by diet, medications, lifestyle, and environmental factors. A healthy gut microbiome is characterized by high diversity and a predominance of beneficial bacteria, particularly phyla Firmicutes and Bacteroidetes, with smaller contributions from Actinobacteria, Proteobacteria, and Verrucomicrobia.

Gut bacteria ferment dietary fiber to produce short-chain fatty acids (SCFAs) primarily acetate, propionate, and butyrate which have multiple beneficial effects on host physiology: serving as energy sources for colonocytes (butyrate), modulating immune responses, maintaining intestinal barrier integrity, and regulating metabolism. Dysbiosis, defined as a disruption of the

normal microbial community structure, has been implicated in various diseases, including inflammatory bowel disease, metabolic disorders, and neurodegenerative conditions.

4. GUT DYSBIOSIS IN MULTIPLE SCLEROSIS

Multiple cross-sectional studies have consistently demonstrated gut dysbiosis in MS patients compared with healthy controls. While findings vary across studies likely due to differences in study populations, geographic locations, dietary habits, and technical methods several consistent patterns have emerged.

Reduced microbial diversity is the most consistent finding, with MS patients showing lower alpha diversity indices compared with controls. Reduced diversity is associated with higher disability scores (Expanded Disability Status Scale, EDSS) and faster disease progression.

Depletion of SCFA-producing bacteria has been observed across multiple studies, particularly decreased abundance of *Faecalibacterium prausnitzii*, *Prevotella copri*, and *Roseburia* species. *F. prausnitzii*, a butyrate-producer, has anti-inflammatory properties and is consistently reduced in MS patients. This reduction correlates with decreased fecal SCFA concentrations, which may impair regulatory T cell (Treg) differentiation and maintenance.

Expansion of pro-inflammatory taxa, including *Akkermansia muciniphila* and *Methanobrevibacter* species, has been reported, though some studies show opposite findings for *Akkermansia*. *A. muciniphila* degrades intestinal mucus and may compromise intestinal barrier integrity when overabundant.

Importantly, the gut microbiome of MS patients shows **overlap with that of other autoimmune diseases**, such as rheumatoid arthritis and inflammatory bowel disease, suggesting common microbial signatures of immune dysregulation.

5. MECHANISMS LINKING GUT DYSBIOSIS TO CNS INFLAMMATION

Emerging evidence supports three primary mechanisms by which gut dysbiosis may promote CNS inflammation in MS:

5.1. Increased Intestinal Permeability ("Leaky Gut")

Dysbiosis can compromise intestinal barrier integrity by reducing the abundance of bacteria that support barrier function (e.g., *F. prausnitzii*, *Bifidobacterium*) and increasing mucus-degrading bacteria (e.g., *A. muciniphila*, *Ruminococcus gnavus*). Increased intestinal permeability allows translocation of microbial products (e.g., lipopolysaccharide, LPS) and potentially viable bacteria into the systemic circulation. LPS activates Toll-like receptors on immune cells, promoting systemic inflammation that may affect the CNS through a compromised blood-brain barrier.

Studies have reported increased serum levels of intestinal permeability markers (e.g., zonulin, lipopolysaccharide-binding protein) in MS patients, correlating with disease activity and disability. Moreover, intestinal biopsies from MS patients show histologic evidence of barrier disruption.

5.2. Altered Short-Chain Fatty Acid Production

SCFAs, particularly butyrate, have potent immunomodulatory effects: they promote the differentiation and expansion of regulatory T cells (Tregs) in the gut and periphery, suppress pro-inflammatory cytokine production, and maintain microglial homeostasis. The depletion of SCFA-producing bacteria in MS leads to reduced SCFA concentrations, resulting in impaired Treg function and enhanced pro-inflammatory responses.

Preclinical studies in the experimental autoimmune encephalomyelitis (EAE) model the most widely used animal model of MS demonstrate that butyrate supplementation or administration of SCFA-producing bacteria ameliorates EAE severity, reduces CNS inflammation, and promotes Treg differentiation. These findings provide causal evidence linking SCFA deficiency to MS-like pathology.

5.3. Molecular Mimicry

The molecular mimicry hypothesis proposes that immune responses against microbial antigens cross-react with CNS antigens, triggering autoimmune pathology. Several gut bacterial proteins share sequence or structural homology with myelin antigens. For example, a peptide from *A. muciniphila* has been shown to activate myelin-specific T cells. Additionally, cross-reactive antibodies recognizing both microbial and myelin components have been identified in MS patients.

While molecular mimicry remains plausible, definitive causal evidence in humans is lacking, and this mechanism may contribute to disease initiation more than progression.

6. THERAPEUTIC IMPLICATIONS: TARGETING THE GUT MICROBIOME IN MS

The demonstration of gut dysbiosis in MS and the elucidation of mechanistic pathways linking dysbiosis to CNS inflammation have raised the possibility of microbiome-targeted therapeutics.

6.1. Probiotics

Probiotics are live microorganisms that confer health benefits when administered in adequate amounts. Several probiotic strains, including *Lactobacillus*, *Bifidobacterium*, and *Streptococcus* species, have been tested in MS patients. Preliminary studies suggest that probiotic supplementation can reduce inflammatory markers, increase Treg numbers, and possibly reduce relapse rates and MRI lesion activity. However, most studies have been small and short-term, and confirmatory larger trials are needed.

6.2. Prebiotics and Dietary Interventions

Prebiotics are non-digestible compounds (e.g., inulin, fructooligosaccharides) that promote the growth of beneficial gut bacteria. Dietary interventions, particularly the Mediterranean diet (rich in fiber, polyphenols, and unsaturated fats), have been associated with increased SCFA-producing bacteria and reduced inflammatory markers in MS patients. The ketogenic diet, which is low in fermentable fiber, has shown mixed results.

6.3. Fecal Microbiota Transplantation (FMT)

FMT involves the transfer of fecal material from a healthy donor to a patient to restore a healthy gut microbiome. FMT is highly effective for recurrent *Clostridioides difficile* infection and is being investigated in various diseases. Early-phase studies in MS have shown that FMT is feasible and safe, can modify the recipient's microbiome toward the donor profile, and may reduce inflammatory markers and disease activity. However, these studies are small, and the durability of microbiome changes and clinical benefits remains unknown.

6.4. Limitations and Safety Considerations

Microbiome-targeted interventions are not without risks. Probiotics can cause bacteremia in immunocompromised patients. FMT carries risks of infection transmission, though rigorous donor screening mitigates this. More fundamentally, the optimal composition of a "healthy" gut microbiome for MS patients is unknown, and interventions that simply increase diversity or SCFA-producers without addressing specific pathogenic pathways may be insufficient.

7. KEY KNOWLEDGE GAPS AND FUTURE DIRECTIONS

Despite substantial progress, major knowledge gaps remain. First, **causality** whether dysbiosis is a cause or a consequence of MS has not been established. Longitudinal studies beginning in healthy individuals who later develop MS are needed to determine whether dysbiosis precedes disease onset.

Second, **microbial signatures** with sufficient sensitivity and specificity to serve as diagnostic or prognostic biomarkers have not been identified. The variability of the gut microbiome across individuals and populations poses a major challenge.

Third, the **optimal therapeutic strategy** probiotics, prebiotics, diet, FMT, or combinations remains undefined. Head-to-head comparisons and well-designed randomized controlled trials with clinical endpoints are urgently needed.

Fourth, the **interaction between gut microbiome and disease-modifying therapies** is underexplored. DMTs, particularly oral therapies (fingolimod, dimethyl fumarate, teriflunomide), likely influence the gut microbiome, which may contribute to their efficacy and adverse effects. Conversely, baseline microbiome composition may predict response or toxicity to specific DMTs.

8. CONCLUSION

The gut-brain axis has emerged as a major frontier in MS research, offering new insights into disease pathogenesis and novel therapeutic opportunities. Consistent evidence demonstrates gut dysbiosis in MS patients, characterized by reduced diversity, depletion of SCFA-producing bacteria, and expansion of pro-inflammatory taxa. Mechanistic studies in animal models support a causal role for gut dysbiosis in promoting CNS inflammation through increased intestinal permeability, altered SCFA production, and potentially molecular mimicry. Preliminary clinical studies suggest that microbiome-targeted interventions including probiotics, dietary modifications, and FMT are feasible and may have beneficial effects. However, major knowledge gaps remain, and large, well-designed interventional trials are needed before microbiome-based therapeutics can be recommended in clinical practice. The gut-brain axis represents a promising but still experimental frontier in MS therapeutics.

REFERENCES

1. Berer K, et al. Gut microbiota from multiple sclerosis patients enables spontaneous autoimmune encephalomyelitis in mice. *Proc Natl Acad Sci USA*. 2017;114(40):10719-10724. doi: 10.1073/pnas.1711233114

2. Cantoni C, et al. Gut microbiota in multiple sclerosis: a systematic review. *Mult Scler*. 2022;28(8):1160-1174. doi: 10.1177/13524585211069326

3. Cekanaviciute E, et al. Gut bacteria from multiple sclerosis patients modulate human T cells and exacerbate symptoms in mouse models. *Proc Natl Acad Sci USA*. 2017;114(40):10713-10718. doi: 10.1073/pnas.1711235114

4. De Keersmaecker AV, et al. Recent advances in interventions targeting remyelination and a systematic review of remyelinating effects of approved disease-modifying treatments for multiple sclerosis. *Eur J Neurol*. 2025;32(11):e70397. doi: 10.1111/ene.70397

5. Jangi S, et al. Alterations of the human gut microbiome in multiple sclerosis. *Nat Commun*. 2016;7:12015. doi: 10.1038/ncomms12015

6. Makhzoum H, et al. Interventions promoting remyelination in multiple sclerosis: a systematic review of clinical trials. *Neurol Res*. 2025;47(10):901-918. doi: 10.1080/01616412.2025.2507756

7. Miyake S, et al. Dysbiosis in the gut microbiota of patients with multiple sclerosis with a striking depletion of *Prevotella copri*. *PLoS One*. 2015;10(9):e0137429. doi: 10.1371/journal.pone.0137429

8. Oezguen N, et al. Microbiome and multiple sclerosis: a comprehensive review. *J Neuroimmunol*. 2024;387:578278. doi: 10.1016/j.jneuroim.2024.578278

9. Saresella M, et al. Gut microbiota and multiple sclerosis: a systematic review and meta-analysis. *Front Immunol*. 2024;15:1354482. doi: 10.3389/fimmu.2024.1354482

10. Tremlett H, et al. The gut microbiome in multiple sclerosis: a potential therapeutic target. *Lancet Neurol*. 2023;22(9):839-852. doi: 10.1016/S1474-4422(23)00181-3

BRAIN DEATH AND ORGAN DONATION FROM MEDICAL, LEGAL, AND RELIGIOUS PERSPECTIVES

İlker COŞKUN

Ordu University, Faculty of Medicine, Department of Anesthesiology and Reanimation, Ordu, Turkey

ORCID ID: https://orcid.org/0000-0001-6781-3522

Gökçe Yüce ONUR

Ordu University, Faculty of Medicine, Department of Neurology, Ordu, Turkey

ORCID ID: https://orcid.org/0000-0001-7340-8187

Zübeyir CEBECİ

Ordu University, Faculty of Medicine, Department of Anesthesiology and Reanimation, Ordu, Turkey

ORCID ID: https://orcid.org/0000-0001-7862-4268

Mukaddes KOÇ ÖDEMİŞ

Ordu University Training and Research Hospital, Cardiovascular Surgery Intensive Care Unit, Ordu, Turkey

ORCID ID: https://orcid.org/0009-0004-7100-7039

Berfin TOPÇUOĞLU

Ordu University, Faculty of Medicine, Department of Anesthesiology and Reanimation, Ordu, Turkey

ORCID ID: https://orcid.org/0009-0005-1983-3541

ABSTRACT

Introduction: Brain death is defined as the irreversible loss of all functions of the central nervous system, including the brain and brainstem, and is universally accepted as equivalent to somatic death. This condition, which is regarded as the clinical definition of death in modern medicine, constitutes the foundation of organ transplantation processes. However, insufficient public awareness regarding the distinction between brain death and coma negatively affects organ donation rates.

Objective: This review aims to evaluate the medical definition of brain death together with its legal and religious dimensions and to assess its impact on the organ donation process from a multidisciplinary perspective.

Content: Clinically, brain death is defined by deep coma, absence of brainstem reflexes, and a positive apnea test. In Türkiye, from a legal perspective, brain death is accepted as "medical death" under Article 11 of Law No. 2238 on the Removal, Storage, and Transplantation of Organs and Tissues, and the diagnosis is established by the unanimous decision of two physicians, one being a neurologist or neurosurgeon and the other an anesthesiologist or intensive care specialist. This clearly indicates that brain death is legally recognized as death. From a religious perspective, according to the Religious Affairs High Council of the Presidency of Religious Affairs, individuals diagnosed with brain death are considered deceased, and organ donation in such cases is deemed permissible and encouraged for the benefit of society. Nevertheless, low organ donation rates are still associated with lack of knowledge, trust issues, and religious misconceptions.

Conclusion: Although brain death is accepted as death from medical, legal, and religious perspectives, public awareness remains insufficient. Improving organ donation rates requires effective public education, strong communication by healthcare professionals, and the strengthening of multidisciplinary approaches.

Keywords: Brain death, organ transplantation, organ donation, medical law, religious perspective

ABSTRACT

Introduction: Brain death is defined as the irreversible and complete loss of all functions of the brain, including the brainstem, and is universally accepted as the medical and legal equivalent of somatic death. This condition constitutes the foundation of cadaveric organ transplantation processes worldwide. However, insufficient public awareness regarding the distinction between brain death and other states of impaired consciousness, such as coma or vegetative state, continues to negatively affect organ donation rates.

Objective: This review aims to evaluate the concept of brain death from medical, legal, and religious perspectives and to assess its impact on the organ donation process through a multidisciplinary approach.

Method: A narrative literature review was conducted using PubMed, Google Scholar, and national legal databases. Relevant articles, legislative texts, and religious opinions (fatwas) regarding brain death and organ donation were identified and analyzed. The Turkish legal framework, including Law No. 2238 and the 2022 Organ Transplant Services Regulation, was examined. Religious perspectives were evaluated based on the official decisions of the Presidency of Religious Affairs of the Republic of Türkiye.

Results: From a medical perspective, brain death is diagnosed through the demonstration of deep unresponsive coma, absence of all brainstem reflexes, and a positive apnea test, with confirmatory tests such as electroencephalography or cerebral angiography used when indicated (Wijdicks et al., 2010; Greer et al., 2020). In Türkiye, brain death is legally recognized as death under Article 11 of Law No. 2238, with the diagnosis requiring the unanimous agreement of two physicians (Law No. 6514, 2014). Religious authorities, including the Religious Affairs High Council, have declared organ donation from brain-dead individuals to be permissible under Islamic jurisprudence (Religious Affairs High Council, 1980). Despite this convergence, organ donation rates in Türkiye remain low, with a cadaveric donation rate of approximately 3.6 per million population, compared to 47 in Spain, 26 in France, and 25 in Italy (IRODaT, 2024; Ministry of Health, 2025).

Conclusion: Although brain death is accepted as death from medical, legal, and religious perspectives, public awareness and organ donation rates remain insufficient. Improving donation rates requires structured public education programs, effective communication strategies by healthcare professionals, and the strengthening of multidisciplinary coordination in organ procurement.

Keywords: Brain death, organ transplantation, organ donation, medical law, religious perspective

INTRODUCTION

Brain death is defined as the irreversible and complete cessation of all functions of the entire brain, including the brainstem. This clinical entity represents the definitive endpoint of cerebral viability and is universally accepted as the medical equivalent of death. The concept was first described by Mollaret and Goulon (1959) under the term "coma dépassé" (a state beyond coma), and it was subsequently formalized in 1968 by the Ad Hoc Committee of the Harvard Medical School (Harvard Committee, 1968), which established the first widely recognized clinical criteria for brain death determination.

The recognition of brain death as legal death has been a critical milestone in the development of organ transplantation. Without this conceptual framework, cadaveric organ procurement would not be ethically or legally feasible. Today, brain death serves as the prerequisite for the vast majority of deceased-donor organ transplantation procedures worldwide. However, despite decades of medical consensus, the concept remains poorly understood by the general public. Confusion between brain death, coma, and persistent vegetative state is widespread, and this lack of understanding directly contributes to low organ donation consent rates (Greer et al., 2020).

The challenge is particularly pronounced in Türkiye, where the cadaveric organ donation rate remains significantly lower than in Western European countries. According to 2025 data from the Turkish Ministry of Health, more than 30,000 patients are currently awaiting organ transplantation, yet only approximately 17% of diagnosed brain deaths result in organ donation (Ministry of Health, 2025). This disparity highlights the urgent need for a comprehensive, multidisciplinary approach to the issue.

This review aims to examine brain death from three interconnected perspectives—medical, legal, and religious—and to discuss how the alignment or misalignment of these perspectives influences the organ donation process in Türkiye.

METHODS

This study was designed as a narrative literature review. A comprehensive search of the medical literature was conducted using PubMed, Google Scholar, and the Turkish Academic Network and Information Center (ULAKBİM) databases. Search terms included "brain death," "organ donation," "organ transplantation," "brain death criteria," "brain death and law," and "brain death and religion." Articles published in English and Turkish were reviewed, with a focus on clinical guidelines, national legislation, and religious opinions pertaining to brain death and organ donation.

The legal framework was analyzed using primary legislative sources, including Law No. 2238 on the Removal, Storage, Grafting, and Transplantation of Organs and Tissues (1979), the amendments introduced by Law No. 6514 (2014), and the Organ Transplant Services

Regulation published in the Official Gazette on December 9, 2022. Religious perspectives were evaluated based on the official decisions and fatwas issued by the Presidency of Religious Affairs of the Republic of Türkiye, particularly the decision of the Religious Affairs High Council dated March 3, 1980 (Decision No. 396/13), as well as the positions of international Islamic jurisprudential bodies, including the Islamic Fiqh Academy of the Organisation of Islamic Cooperation (OIC, 1988) and the Islamic World League Fiqh Academy (1985).

RESULTS

1. Medical Perspective

Brain death is a clinical diagnosis. It is defined as the complete and irreversible loss of all functions of the entire brain, including the brainstem (Wijdicks, 1995). The clinical evaluation of brain death requires the fulfillment of three cardinal criteria: (1) deep unresponsive coma, (2) absence of all brainstem reflexes, and (3) a positive apnea test demonstrating the absence of spontaneous respiratory drive (Wijdicks et al., 2010).

Before initiating the brain death evaluation, several prerequisites must be met. The cause of the irreversible brain injury must be known and sufficient to account for the clinical findings. Confounding factors that may mimic brain death—such as hypothermia (core temperature below 36°C), severe metabolic or endocrine disturbances, drug intoxication or the residual effects of sedative or neuromuscular blocking agents—must be excluded. The patient must be hemodynamically stable or adequately resuscitated (Greer et al., 2020).

The brainstem reflex examination includes assessment of the pupillary light reflex, corneal reflex, oculocephalic reflex, oculovestibular reflex (caloric testing), gag reflex, and cough reflex. All reflexes must be bilaterally absent. The apnea test is performed by disconnecting the patient from mechanical ventilation and observing for any respiratory effort while allowing the arterial carbon dioxide tension (PaCO2) to rise above 60 mmHg. The absence of spontaneous breathing under these conditions confirms the loss of brainstem respiratory center function (Wijdicks et al., 2010).

Confirmatory tests, while not mandatory in all jurisdictions, are used when the clinical examination cannot be completed reliably or when additional objective evidence is required. These include electroencephalography (EEG), transcranial Doppler ultrasonography, cerebral angiography, and nuclear medicine perfusion studies such as HMPAO-SPECT (Greer et al., 2020). Each of these modalities assesses either the absence of cerebral electrical activity or the cessation of cerebral blood flow.

It is essential to distinguish brain death from other states of impaired consciousness. In coma, brainstem reflexes may be preserved, and the condition may be potentially reversible. In persistent vegetative state, the patient retains sleep-wake cycles and brainstem function despite the absence of awareness. Brain death, by contrast, is an irreversible condition with no possibility of recovery, and it is legally equivalent to death (Wijdicks, 1995; Greer et al., 2020).

2. Legal Perspective

In Türkiye, the legal framework governing brain death and organ transplantation is primarily established by Law No. 2238, enacted on May 29, 1979. This law regulates the removal, storage, grafting, and transplantation of organs and tissues. Article 11 of the law defines the determination of death in the context of organ procurement and originally required a four-physician committee consisting of a cardiologist, neurologist, neurosurgeon, and anesthesiologist (Law No. 2238, 1979).

A significant amendment was introduced by Law No. 6514 in 2014, which simplified the diagnostic committee to two physicians: one neurologist or neurosurgeon and one anesthesiologist or intensive care specialist. The diagnosis must be made unanimously and in accordance with evidence-based medical principles (Law No. 6514, 2014). This amendment aligned the Turkish legal framework more closely with international standards and facilitated more timely brain death determination.

The Organ Transplant Services Regulation, published in the Official Gazette on December 9, 2022, further detailed the brain death diagnostic criteria and operational procedures. The regulation explicitly defines brain death as the complete and irreversible loss of all brain and brainstem functions and outlines the prerequisites, clinical examination steps, observation periods, and confirmatory tests required for the diagnosis (Organ Transplant Services Regulation, 2022).

Regarding organ procurement from deceased donors, Turkish law follows an opt-in (informed consent) system. Organs may be removed from a brain-dead individual if the person expressed their wish for organ donation during their lifetime through a written declaration, a will, or an oral statement made in the presence of two witnesses. If no prior declaration exists, consent is sought from the next of kin. The law also provides for exceptional circumstances in which organs may be procured without consent in cases of medical urgency when no family member is available and the death resulted from an accident or natural disaster (Law No. 2238, 1979).

3. Religious Perspective

The religious dimension of brain death and organ donation is of particular significance in Türkiye, where the majority of the population identifies as Muslim. Public attitudes toward organ donation are substantially influenced by religious beliefs and perceptions, making the position of religious authorities a critical factor in donation rates (Şırlak & Yazıcıoğlu, 2019).

The Religious Affairs High Council (Din İşleri Yüksek Kurulu) of the Presidency of Religious Affairs issued its landmark decision on March 3, 1980 (Decision No. 396/13), declaring organ donation and transplantation to be permissible (caiz) under Islamic law. The Council stipulated the following conditions for permissibility: the existence of a state of medical necessity (zaruret), the absence of any alternative treatment, the informed consent of the donor or the donor's family, and the absence of any commercial transaction in the process (Religious Affairs High Council, 1980).

This position is consistent with the decisions of major international Islamic jurisprudential bodies, including the Islamic Fiqh Academy of the Organisation of Islamic Cooperation, which approved organ transplantation in its 1988 resolution (OIC Islamic Fiqh Academy, 1988), and the Islamic World League Fiqh Academy, which endorsed it in 1985. The theological basis for this permissibility is rooted in the Qur'anic principle that saving one life is equivalent to saving all of humanity (Al-Ma'idah 5:32) and the jurisprudential principle that necessities permit prohibitions (al-darurat tubih al-mahzurat).

Despite the clear and consistent religious endorsement, misconceptions persist among the general public. Studies conducted in Türkiye have identified common concerns, including the belief that organ donation violates bodily integrity, that brain-dead individuals may recover, and that Islam prohibits the donation of organs (Şırlak & Yazıcıoğlu, 2019). These misconceptions represent a significant barrier to increasing organ donation rates and underscore the need for targeted educational initiatives that incorporate religious clarification.

4. Current Status of Organ Donation in Türkiye

Despite the convergence of medical, legal, and religious acceptance of brain death, organ donation rates in Türkiye remain significantly below those of Western European countries. The cadaveric organ donation rate in Türkiye is approximately 3.6 per million population (pmp), compared to 47 pmp in Spain, 26 pmp in France, and 25 pmp in Italy (IRODaT, 2024). While organ transplantation success rates in Türkiye exceed 90% for both adult and pediatric recipients, the majority of transplantations are performed using organs from living donors, with cadaveric donations accounting for only 15–20% of all transplants (Akbulut et al., 2021).

According to the Ministry of Health's 2025 data, over 25,000 patients are awaiting kidney transplantation, approximately 2,650 are waiting for liver transplantation, and 1,477 are awaiting heart transplantation. Of the 2,079 brain deaths reported in the preceding year, only 17% resulted in organ donation (Ministry of Health, 2025). These figures illustrate a significant gap between the availability of potential donors and the actual conversion to organ procurement, a gap that is largely attributable to family refusal, inadequate communication, and persistent misconceptions.

DISCUSSION

The findings of this review demonstrate that brain death is accepted as the definitive criterion of death across the three domains examined—medicine, law, and religion. However, this consensus at the institutional level has not translated into adequate public understanding or sufficient organ donation rates. The persistent gap between professional consensus and public perception constitutes the central challenge in organ procurement in Türkiye.

From the medical perspective, the diagnostic criteria for brain death are well-established, standardized, and widely applied (Wijdicks et al., 2010; Greer et al., 2020). The clinical protocol is rigorous and designed to eliminate any possibility of misdiagnosis. The requirement for confirmatory testing in ambiguous cases provides an additional layer of diagnostic certainty. However, the complexity of these criteria may itself be a barrier to public understanding, as families of brain-dead patients often struggle to accept the finality of the diagnosis when cardiac activity persists.

The legal framework in Türkiye is comprehensive and has been progressively updated to reflect international best practices. The 2014 amendment reducing the diagnostic committee from four physicians to two was an important step toward more efficient brain death determination (Law No. 6514, 2014). Nevertheless, the opt-in consent model places a significant burden on grieving families to make an immediate decision regarding organ donation, often under conditions of emotional distress and incomplete understanding. Some countries have adopted opt-out systems, in which all citizens are presumed to be organ donors unless they explicitly register their refusal. The potential applicability of such a model in Türkiye warrants careful consideration within the sociocultural context.

The religious perspective is particularly important in the Turkish context. The clear and unequivocal endorsement of organ donation by the Presidency of Religious Affairs should, in principle, remove any religious barrier to donation (Religious Affairs High Council, 1980). However, the effectiveness of this endorsement is limited by its dissemination. Many citizens remain unaware of the official religious position, and local religious leaders may express varying or ambiguous views (Şırlak & Yazıcıoğlu, 2019). Integrating religious education about organ donation into imam training programs and community-level religious instruction could help bridge this knowledge gap.

Improving organ donation rates in Türkiye will require a coordinated, multidisciplinary strategy. Healthcare professionals must be trained not only in the medical aspects of brain death determination but also in family communication, grief counseling, and culturally sensitive approaches to donation requests. Public education campaigns should address the distinction between brain death and coma, the legal protections in place, and the religious permissibility of donation. The role of organ transplant coordinators in facilitating the donation process is critical and should be strengthened through adequate staffing and institutional support (Akbulut et al., 2021).

CONCLUSION

Brain death is universally accepted as death from medical, legal, and religious perspectives. In Türkiye, the legal and religious frameworks clearly support organ donation from brain-dead individuals. However, the organ donation rate remains significantly below international standards due to insufficient public awareness, persistent misconceptions, and suboptimal coordination in the organ procurement process. Addressing these challenges requires a multidisciplinary approach that integrates effective public education, targeted training for healthcare professionals, active engagement of religious leaders, and ongoing refinement of legal and organizational frameworks. Each organ donation represents an opportunity to transform loss into the gift of life, and a societal commitment to this principle is essential for improving transplantation outcomes.

REFERENCES

Akbulut, S., Yilmaz, M., & Yilmaz, S. (2021). Liver transplantation in Turkey: Historical review and future perspectives. Transplantation Reviews, 35(4), 100637.

Greer, D. M., Shemie, S. D., Lewis, A., Torrance, S., Varelas, P., Goldenberg, F. D., ... & Bhatt, A. (2020). Determination of brain death/death by neurologic criteria: The World Brain Death Project. JAMA, 324(11), 1078–1097.

Harvard Committee. (1968). A definition of irreversible coma: Report of the Ad Hoc Committee of the Harvard Medical School to Examine the Definition of Brain Death. JAMA, 205(6), 337–340.

International Registry in Organ Donation and Transplantation [IRODaT]. (2024). Newsletter 2024. Retrieved from www.irodat.org

Law No. 2238. (1979). Organ ve Doku Alınması, Saklanması, Aşılanması ve Nakli Hakkında Kanun [Law on the Removal, Storage, Grafting, and Transplantation of Organs and Tissues]. Official Gazette, June 3, 1979, No. 16655.

Law No. 6514. (2014). Sağlık Bakanlığı ve Bağlı Kuruluşlarının Teşkilat ve Görevleri Hakkında Kanun Hükmünde Kararname ile Bazı Kanunlarda Değişiklik Yapılmasına Dair Kanun. Official Gazette, January 18, 2014, No. 28886.

Ministry of Health. (2025). Türkiye Organ ve Doku Bilgi Sistemi (TODS) verileri [Turkey Organ and Tissue Information System data]. General Directorate of Health Services.

Mollaret, P., & Goulon, M. (1959). Le coma dépassé. Revue Neurologique, 101, 3–15.

OIC Islamic Fiqh Academy. (1988). Resolution No. 4/1 on organ transplantation. Organisation of Islamic Cooperation.

Organ Transplant Services Regulation. (2022). Organ Nakli Hizmetleri Yönetmeliği. Official Gazette, December 9, 2022, No. 32038.

Religious Affairs High Council. (1980). Decision on organ transplantation (Decision No. 396/13, March 6, 1980). Presidency of Religious Affairs of the Republic of Türkiye.

Şırlak, M., & Yazıcıoğlu, L. (2019). Beyin ölümü ve organ bağışı: Türkiye perspektifi [Brain death and organ donation: Turkish perspective]. Türk Göğüs Kalp Damar Cerrahisi Dergisi, 27(3), 415–420.

Wijdicks, E. F. M. (1995). Determining brain death in adults. Neurology, 45(5), 1003–1011.

Wijdicks, E. F. M., Varelas, P. N., Gronseth, G. S., & Greer, D. M. (2010). Evidence-based guideline update: Determining brain death in adults. Neurology, 74(23), 1911–1918.

CARTEL AGREEMENTS AS A MEANS OF FORMING MONOPOLISTIC CRIMES

Hijrat HUSEYNZADE

Baku State University, Faculty of Law, Department of Criminal Law and Criminology, Baku, Azerbaijan

ORCID ID: https://orcid.org/0009-0000-0121-9723

ABSTRACT

One of the pressing issues in the criminal law policy of states transitioning to a market economy is the prevention of violations of antimonopoly legislation, and among these violations, cartels—that is, agreements restricting competition—are considered the most dangerous. Therefore, we believe that defining the scope of acts that cause unfair competition and examining the methods and means that lead to unfair competition constitute the main direction of criminal law enforcement against such acts.

Accordingly, the objective of the present study is to determine the nature of cartel agreements that give rise to unfair competition and to identify effective methods for combating them. This article examines the historical development of cartel agreements in Azerbaijani criminal legislation as one of the methods of committing the crime of restricting competition, the characteristics of crimes committed through this method, and the ways of preventing cartel agreements. It also analyzes inconsistencies in the disposition of the legal norm establishing liability for the crime of restricting competition under Azerbaijani criminal law and proposes new legislative recommendations.

Key Words: Cartel, unfair competition, restriction of competition, violation of competition law

INTRODUCTION

One of the pressing issues in the criminal law policy of states transitioning to a market economy is the prevention of violations of antimonopoly legislation, and among these violations, cartels—that is, agreements restricting competition—are considered the most dangerous.

The definition of a cartel provided in the Glossary of Terms used in EU Competition Policy is as follows: “Cartels are agreements between competing undertakings that restrict or eliminate competition in order to increase prices and profits, while providing no compensatory or tangible benefits. In practice, this is typically achieved through price fixing, limiting output, market sharing, allocation of customers or territories, collusive bidding, or combinations of these practices. Cartels harm consumers and society because firms participating in a cartel charge higher prices and earn higher profits than they would in a competitive market.” (Komisyon, 2002).

The definition of cartel in the Dictionary of Economic Terms is as follows: “A cartel refers to secret or open agreements made between a small number of large firms producing similar goods in order to set prices, limit production or export volumes, divide markets, and, in short, achieve a monopolistic position in the market.” (Seyidoğlu, 1992).

Recent developments in combating cartels are characterized by increased international cooperation in this field and the implementation of stricter policies against cartel activities. Although certain trends toward the criminalization of cartels can be observed, this process is developing unevenly. Activities carried out on the basis of cartel agreements are unequivocally regarded as harmful. Some even consider cartels to be a mild form of organized crime (G. Spagnolo, 2008).

The fight against cartels is regulated differently in the legislation of individual countries. For example, while the laws of countries such as Estonia, Russia, and Slovakia предусматривают criminal liability for cartel agreements, in practice these provisions are applied in a very limited manner. On the other hand, although criminal proceedings are initiated for cartel agreements in countries such as Canada and Japan, serious penalties are not typically imposed for such acts (Ezrachi & Kindl, 2011).

Cartels are often complex and long-lasting. During this process, some undertakings may be more active than others in the operation of the cartel. Some may withdraw from participation for a certain period and then rejoin. Certain undertakings may attend meetings or communications solely to obtain information, without any intention of joining the agreement. Not all members of a cartel always act in full coordination. It is clear that this structure of cartels creates uncertainty regarding their existence (WHISH, 2001).

As a continuation of the constitutional provision prohibiting monopolization and unfair competition in economic relations, Article 199 of the Criminal Code of the Republic of Azerbaijan provides for criminal liability for concluding cartel agreements involving the use of means that restrict competition.

Modern economic theory distinguishes several types of monopolistic associations that differ from one another in terms of the degree of organization and their negative impact on the freedom of competition. From the perspective of the organization of monopolistic activity, the first and simplest form of such an association is the cartel. This is an agreement between legally and commercially independent enterprises concerning pricing policy and the division of the market.

In another definition, a cartel is described as the coming together of competing enterprises with the aim of maximizing profit by restricting competition. In general, the term cartel refers to what are defined as “hard-core cartels” in the 1998 *OECD Recommendation concerning Effective Action against Hard-Core Cartels*, namely “agreements, concerted practices, or arrangements between competitors to fix prices, rig bids, restrict output or impose quotas, or share markets by allocating customers, suppliers, territories, or lines of commerce” (Arı, 2006).

As a legal category, the formal definition of a “cartel agreement” is set out in the Competition Code of the Republic of Azerbaijan as follows: a horizontal agreement concluded with the aim of restricting competition and prohibited by this Code (Competition Code of the Republic of Azerbaijan).

Materials and Methods

In the present article, cartel agreements — as one of the acts leading to unfair competition — are examined through their historical development, the issue of liability for concluding cartel agreements that cause unfair competition in the market within the legislation of Anglo-Saxon and Romano-Germanic legal systems, and the methods of combating such acts. For this purpose, the legislation of Azerbaijan, Germany, and the United States was mainly analyzed.

Comparative analysis and the historical method were applied to determine the issues mentioned above.

Analysis of the research problem

If we look at history, we can see that the establishment of cartel-type associations has been considered a criminal act in the legislation of various countries. A clear example of this is the Sherman Antitrust Act of July 2, 1890. According to Section 1 of that Act, any contract, combination in the form of a trust (cartel) or otherwise, or conspiracy in restraint of trade is deemed illegal. Any person who enters into such a contract or participates in such a combination or conspiracy is considered guilty of a criminal offense and, upon conviction, may be punished by a fine not exceeding five thousand dollars, imprisonment for up to one year, or both.

However, the law was rather vague in nature, and until the administration of Theodore Roosevelt (1901–1909), the state resources allocated to the enforcement of antitrust legislation were quite limited. Nevertheless, it took nearly half a century before the criminal provisions of the Act began to be regularly applied against business entities (during the tenure of Assistant Attorney General Thurman Arnold, 1938–1943), and approximately another twenty years for actual imprisonment of individual offenders to become a practice attracting public attention (as in the electrical equipment cases).

According to Donald I. Baker, more than ninety-nine percent of imprisonment worldwide for antitrust violations has been served in United States prisons for violations of Section 1 of the Sherman Act.

An examination of the Act Against Unfair Competition of the Federal Republic of Germany dated March 3, 2010, shows that its primary purpose is to protect competitors, consumers, and other market participants from unfair commercial practices. The law provides equal and balanced protection to competing enterprises, consumers, and other market participants. Article 4 of the Act, titled “Protection of Competitors,” identifies “intentional obstruction of competitors” as one of the manifestations of unfair commercial practices (Act Against Unfair Competition of the Federal Republic of Germany). As can be seen, the intentional nature of obstructing competitors is explicitly emphasized in the provision. Intentional obstruction means that, considering all circumstances, a commercial practice is carried out not primarily to promote one’s own competitive development but to hinder the activities of a competitor. Thus, deliberate obstruction of a competitor stems from the intent to eliminate that competitor.

As noted, the criminal legislation of the Republic of Azerbaijan provides for criminal liability for the conclusion of horizontal agreements (cartel agreements) that restrict competition in the market. In the previous version of Article 199 of the Criminal Code of the Republic of Azerbaijan, it was stated that, according to the disposition of the article, entering into a cartel agreement on the use of means restricting competition, participation in such an agreement, or creating market barriers that prevent, eliminate, or restrict competition—or may lead to such consequences—as well as using restrictive practices or engaging in other monopolistic activities with the aim of excluding other competitors from the market or preventing new competitors from entering the market, entailed criminal liability.

By the Law of the Republic of Azerbaijan dated October 31, 2025, the title of the article was amended and defined as “restriction of competition.” At the same time, the disposition of the article was revised, establishing that violations of competition legislation—namely, except for cases permitted by law, the conclusion of horizontal and vertical agreements restricting competition, engaging in such coordinated actions, or abusing a dominant position—entail

criminal liability when committed by causing significant damage or generating substantial income (Law of the Republic of Azerbaijan dated October 31, 2025).

Although this amendment is considered an important step toward aligning criminal legislation with competition law, it is argued that the wording of the disposition of the article establishing criminal liability for this act is flawed. First, although the title of the article is defined as "restriction of competition," its disposition establishes liability for violations of competition legislation.

As a legal category, the concept of "restriction of competition" is defined in Article 1 of the Competition Code of the Republic of Azerbaijan. According to this definition, restriction of competition refers to the conclusion of agreements, engagement in coordinated actions, adoption of decisions, abuse of a dominant position, and other similar actions by market entities that aim to prevent, eliminate, or restrict competition, lead to such results, or may lead to such results (Competition Code of the Republic of Azerbaijan).

As is evident from this definition, the concept of restriction of competition encompasses not only actions aimed at limiting competition but also those aimed at preventing or eliminating it. However, these purposes are not reflected in the disposition of the criminal law norm.

Moreover, restriction of competition includes not only the conclusion of agreements, coordinated actions, and abuse of a dominant position but also the adoption of decisions and other similar actions serving these purposes. However, the disposition of the criminal law norm limits the act of restricting competition to the conclusion of agreements, coordinated actions, and abuse of a dominant position.

As noted above, there is an inconsistency between the title and the disposition of the criminal law norm. Although the legal definition of the phrase "violation of competition legislation" is not explicitly provided in competition law, Article 77 of the Competition Code of the Republic of Azerbaijan, titled "Financial sanctions for violations of competition legislation," sets out a broad range of such violations.

However, only a portion of these violations is reflected in the criminal law provision. Nevertheless, in the criminal law norm in question, after the phrase "violation of competition legislation," the word "namely" is used to enumerate such violations.

According to the response letter of the State Statistical Committee of the Republic of Azerbaijan dated April 24, 2026, the statistics of criminal acts causing unfair competition recorded in the Republic of Azerbaijan over the past 10 years are as follows:

	Illegal use of trademarks (Article 197)	Knowingly false advertising (Article 198)	Restriction of competition (Article 199)	Deception of consumers or the production and sale of low-quality products (Article 200)	Unlawful acquisition or disclosure of commercial or banking secrets (Article 202)
2016	-	-	-	22	-
2017	-	-	-	8	-
2018	1	-	-	18	-
2019	1	-	-	32	1
2020	1	-	-	32	2
2021	1	-	-	10	-
2022	1	-	-	12	1
2023	-	-	-	5	1
2024	-	-	1	8	1
2025	1	1	-	3	1

An examination of the statistics on this criminal offense once again shows that the level of latency for this crime is very high. Thus, over the past 10 years, only one criminal case related to the restriction of competition has been recorded in the Republic of Azerbaijan. This makes it the least frequently committed offense among crimes that give rise to unfair competition under criminal legislation.

The main reason for this is that the thresholds defined for the categories of "significant amount," "large amount," and "especially large amount" in the legal norm establishing liability for this crime are several times higher than the corresponding thresholds for similar categories in other economic crimes. Another key reason is that criminal liability for this offense is pursued under the procedure of public prosecution. Under this procedure, criminal proceedings are initiated not on the basis of a complaint by the injured party, but on the initiative of the relevant investigative authority. As a result, competing market entities that have suffered harm are unable to ensure the initiation of criminal proceedings based on their complaints.

CONCLUSION AND DISCUSSION

We believe that the expression "violation of competition legislation" should be formulated consistently in both competition law and criminal law.

The above analysis suggests that the title of the criminal law norm and the conditions set out in its disposition should be harmonized. As explained, the concept of "violation of competition legislation" is broader than the concept of "restriction of competition." By using "violation of competition legislation" as the basis of the disposition under the title "restriction of competition," the legislator effectively narrows the scope of this concept.

A comparative analysis of the relevant provisions of criminal and competition legislation shows that the purpose of criminalizing this act is to prevent unfair competition by ensuring the establishment of a healthy competitive environment in the market.

From this perspective, it may be considered appropriate to classify the norm in the Criminal Code of the Republic of Azerbaijan that establishes liability for this act, as well as other

provisions that lead to violations of competition rules in the market, under the heading “Acts Leading to Unfair Competition,” based on the consequences arising from the commission of the respective criminal offenses. As a new concept for the Criminal Code, this term would ensure that these offenses are placed within a more appropriate chapter in terms of the social relations they infringe upon.

One of the measures considered necessary for effectively combating cartels is the granting of on-site inspection powers to competition authorities, which is generally accepted. During inspections, desks, cabinets, vehicles, and similar places are searched; documents such as diaries and records are examined; and computers are reviewed. As a result of the inspection, copies of information, documents, notebooks, and other materials deemed necessary are collected (Kekevi,119)

In the doctrine, it is generally accepted that one of the most effective tools in combating cartels is the identification, interception, and recording of communications, as well as the authority to conduct surveillance using technical means. In a globalizing world, cartels also tend to globalize. In particular, in recent years it has become common to encounter international cartels—such as those involving lysine and vitamins—that span almost all countries. In combating such cartels, the powers of competition authorities at the national level are often not sufficiently adequate.

For this reason, cooperation between competition authorities is being developed in areas such as the simultaneous conduct of on-site inspections, the sharing of obtained information, conducting inspections on behalf of other authorities, taking statements, and assisting in the collection of fines. Cooperation between legal systems has now reached such a level that even the extradition of individuals who have committed antitrust offenses has become possible (Kekevi, 132).

Another point to be noted regarding cartel agreements as acts leading to the restriction of competition and the emergence of unfair competition in the market is that, within the framework of the European Union, a leniency program has been предусмотрен in relation to cartels. The purpose of this leniency (amnesty) program is to facilitate the detection of cartel agreements and to prevent the desire to participate in such arrangements.

This program предусматривает that a business entity which has participated in a secret cartel agreement may be granted immunity from liability (administrative, civil, or criminal) if it своевременно reports the matter to the competent state authority and fully and comprehensively cooperates in the investigation of the provided information (Qocayev, 2017).

From this standpoint, it is suggested that including, in the notes section of the Criminal Code of the Republic of Azerbaijan, a provision granting exemption from criminal liability to persons who have engaged in cartel agreements restricting competition or other monopolistic activities—provided that they timely inform the relevant authorities and assist in the detection and prevention of the offense—could serve as an incentive-based norm in combating such crimes.

REFERENCES

Azərbaycan Respublikasının Rəqabət Məcəlləsi (https://e-qanun.az/framework/56187).

Azərbaycan Respublikasının Cinayət Məcəlləsi (https://e-qanun.az/framework/46947).

Azərbaycan Respublikasının 31 oktyabr 2025-ci il tarixli Qanunu (https://e-qanun.az/framework/60896).

ARI, M.H. (2006), "Kartellere Karşı Yaptırımlar: Hukuk ve İktisat Perspektifinden Bir Çerçeve Çalışması", Rekabet Dergisi, Cilt:7, Sayı:28., s.3-54.

Act Against Unfair Competition of the Federal Republic of Germany (https://www.gesetze-im-internet.de/englisch_uwg/englisch_uwg.html).

Акулов В.Б. (2022), Теория экономической организации, FLINT, s.243 https://economy.sci.house/teoriya-organizatsii-rf/kartel-sindikat-trest-kontsern-konglomerat-29948.html.

DI Baker (2001), 'The Use of Criminal Law Remedies to Deter and Punish Cartels and Bid-Rigging' George Washington Law Review, s.693-714.

Ezrachi A. and Kindle J. (2011), 'Cartels as Criminal? A Long Road from Unilateral Enforcement to International Consensus', Criminalising Cartels: Critical Studies of an International Regulatory Movement, Hart Publishing, s.419-34.

Kekevi, H.G. (2008), ABD, AB ve Türk rekabet hukukunda kartellerle mücadele, Rekabet Kurumu, s.266.

KOMISSYON (2002), "Glossary of Terms Used in EU Competition Policy", http://ec.europa.eu/comm/competition/publications/glossary_en.pdf, s.8.

Qocayev, E. (2017), Azərbaycan Respublikası və xarici ölkələrin (ABŞ və Avropa Birliyi) rəqabət (antiinhisar) qanunvericiliyinin müqayisəli təhlili, Azərbaycan Milli Elmlər Akademiyası Hüquq və İnsan Haqları İnstitutu (dok. dissertasiyası).

Sherman Anti-Trust Act (1890)

https://www.archives.gov/milestone-documents/sherman-anti-trust-act.

SEYİDOĞLU, H. (1992), Ekonomik Terimler Sözlüğü, Güzem Yayınları, Ankara, s.456.

Spagnolo G. (2005), "Leniency and Whistleblowers in Antitrust" in Paolo Buccirossi (ed.), Learís conference on Advances in the Economics of Competition Law.

WHISH, R. (2001), "Fighting Cartels: The Legal Meaning of Conspiracy", Fighting CartelsWhy and How? içinde, Swedish Competition Authority, 2001 Konkurrensverket, Sweden, s.102.

CLINICALLY SIGNIFICANT INTOXICATIONS IN THE BLACK SEA REGION: FROM EMERGENCY DEPARTMENT TO INTENSIVE CARE

KARADENİZ BÖLGESİNDE KLİNİK OLARAK ÖNEMLİ ZEHİRLENMELER: ACİL SERVİSTEN YOĞUN BAKIMA

Mert ÖZEN

Pamukkale University, Faculty of Medicine, Department of Emergency Medicine,

Denizli, Turkey

ORCID ID: https://orcid.org/0000-0001-6653-3756

İlker COŞKUN

Ordu University, Faculty of Medicine, Department of Anesthesiology and Reanimation, Ordu, Turkey

ORCID ID: https://orcid.org/0000-0001-6781-3522

Hicran TEMİRCİ

Ordu University, Faculty of Medicine, Department of Anesthesiology and Reanimation, Ordu, Turkey

ORCID ID: https://orcid.org/0009-0009-8184-9930

ABSTRACT

Introduction: The Black Sea Region is characterized by unique vegetation, dietary habits including seafood consumption, agricultural activities, and traditional practices, leading to a higher incidence of certain specific intoxications. Early recognition of these potentially fatal toxic exposures and their clinical manifestations is crucial for prompt diagnosis and effective management in emergency departments and intensive care units.

Objective: This review aims to describe the most common intoxication types in the Black Sea Region and to summarize their management in emergency and intensive care settings.

Content: One of the most distinctive intoxications in the region is grayanotoxin poisoning caused by “mad honey” derived from Rhododendron species. This condition typically presents with bradycardia and hypotension and generally responds well to prompt recognition and atropine treatment in the emergency setting. Wild mushroom poisoning, on the other hand, may present with delayed symptoms and can progress to fulminant hepatic failure. Due to intensive agricultural activities, organophosphate and other pesticide poisonings are also common, often presenting with cholinergic crisis and respiratory failure requiring urgent intervention. Additionally, ingestion of misidentified toxic plants and herbs represents another important cause of intoxication. Region-specific seafood-related intoxications, particularly histamine (scombroid) poisoning, may also occur and can mimic allergic reactions. Patients usually present initially to the emergency department, where early diagnosis, supportive care,

administration of specific antidotes, and close monitoring are essential. As many patients initially present with nonspecific symptoms, region-specific toxins should be considered in the differential diagnosis. Severe cases may require intensive care admission due to hemodynamic instability, respiratory failure, and organ dysfunction.

Conclusion: Early recognition and appropriate management of intoxications specific to the Black Sea Region are critical in reducing morbidity and mortality. Increasing awareness among emergency and intensive care teams and developing rapid intervention strategies can significantly improve clinical outcomes.

Keywords: Intoxication, Black Sea Region, Mad Honey, Mushroom Poisoning, Pesticide, Seafood

GİRİŞ

İntoksikasyon; kimyasal maddeler, ilaçlar, bitkisel toksinler veya kontamine gıdaların solunum, gastrointestinal sistem, deri ya da parenteral yollar aracılığıyla vücuda alınması sonucu normal fizyolojik süreçlerin bozulması ve buna bağlı olarak doku ve organ hasarının gelişmesi ile karakterize klinik bir durumdur (Arslan et al., 2020; StatPearls Publishing, 2023). Bu süreç, maruz kalınan ajanın türüne, dozuna, maruziyet süresine ve hastanın bireysel özelliklerine bağlı olarak hafif semptomlardan yaşamı tehdit eden çoklu organ yetmezliğine kadar geniş bir klinik spektrumda seyredebilir (StatPearls Publishing, 2023).

İntoksikasyonlarda ortaya çıkan klinik tablo genellikle multisistemik özellik taşımaktadır (Horowitz & Moss, 2023). En sık karşılaşılan semptomlar arasında bulantı, kusma, karın ağrısı, baş dönmesi, konfüzyon ve bilinç düzeyinde değişiklikler yer almakla birlikte; kardiyovasküler sistemde ritim bozuklukları, hipotansiyon veya hipertansiyon, solunum sisteminde solunum depresyonu ya da bronkospazm ve santral sinir sisteminde ajitasyon, nöbet veya koma gibi ciddi bulgular da gelişebilmektedir (StatPearls Publishing, 2023). Bu nedenle intoksikasyonlar, hızlı klinik değerlendirme ve erken müdahale gerektiren acil durumlar arasında yer almaktadır.

Türkiye'de intoksikasyonlar, acil servis başvurularının önemli nedenlerinden birini oluşturmaktadır. Yıllık yaklaşık 150.000 hastanın intoksikasyon nedeniyle acil servislere başvurduğu ve bu vakaların tüm başvuruların yaklaşık %0,46–%1,57'sini oluşturduğu bildirilmektedir (Arslan et al., 2020; Yeşiler et al., 2020). Bu oran görece düşük görünse de, hastaların önemli bir kısmında ağır klinik seyir gözlenmesi nedeniyle sağlık sistemi üzerindeki yük belirgindir.

Acil servise başvuran intoksikasyon vakalarının yaklaşık %18,6'sının yoğun bakım ünitesine yatırılarak takip edilmesi gerekmektedir (Arslan et al., 2020). Bu durum, intoksikasyonların sadece acil servis yönetimi ile sınırlı kalmadığını, aynı zamanda ileri yaşam desteği, yakın monitörizasyon ve organ destek tedavileri gerektiren kritik hastalıklar grubunda yer aldığını göstermektedir. Özellikle bilinç değişikliği, solunum yetmezliği ve hemodinamik instabilite gelişen hastalarda yoğun bakım ihtiyacı belirgin şekilde artmaktadır. Acil serviste başlayan ve yoğun bakım ünitesinde devam eden bu süreç multidisipliner bir yaklaşım gerektirmektedir.

İntoksikasyonların etiyolojisi bölgesel farklılık göstermektedir. Bu farklılıklar; coğrafi özellikler, sosyokültürel alışkanlıklar, beslenme davranışları ve mesleki maruziyetler ile yakından ilişkilidir. Karadeniz bölgesi, kendine özgü bitki örtüsü, yaygın tarımsal faaliyetleri ve geleneksel tüketim alışkanlıkları nedeniyle bazı spesifik intoksikasyon türlerinin daha sık görüldüğü bir bölge olarak dikkat çekmektedir.

AMAÇ

Bu çalışmanın amacı, Karadeniz bölgesinde sık görülen ve klinik açıdan önem arz eden intoksikasyon türlerini incelemek, bu vakaların acil servisten yoğun bakıma kadar olan yönetim sürecini değerlendirmek ve klinisyenler için pratik bir yaklaşım sunmaktır.

TARTIŞMA

Karadeniz bölgesinde görülen intoksikasyonlar, bölgenin kendine özgü coğrafi, ekolojik ve sosyokültürel özellikleri ile yakından ilişkilidir (Gündüz et al., 2006). Bölgenin zengin bitki örtüsü, özellikle Rhododendron türlerinin yaygınlığı, delibal zehirlenmelerinin bu bölgede daha sık görülmesine neden olmaktadır. Bunun yanı sıra doğadan mantar toplama alışkanlığının yaygın olması, amatoksin içeren mantar zehirlenmeleri açısından önemli bir risk faktörü oluşturmaktadır. Tarımsal faaliyetlerin yoğunluğu ve pestisit kullanımının yaygınlığı ise organofosfat maruziyetini artırmaktadır. Bu durum, intoksikasyonların yalnızca bireysel değil, aynı zamanda çevresel ve toplumsal bir sağlık sorunu olduğunu ortaya koymaktadır.

İntoksikasyonların yönetiminde en kritik basamak, erken tanı ve hızlı müdahaledir (StatPearls Publishing, 2023). Klinik pratiğe bakıldığında, intoksikasyon hastalarının önemli bir kısmının non-spesifik semptomlarla başvurduğu görülmektedir. Bu durum, özellikle erken dönemde tanıyı zorlaştırabilmekte ve tedavi gecikmesine yol açabilmektedir. Bu nedenle acil serviste çalışan hekimlerin bölgeye özgü toksik ajanlar konusunda farkındalığının yüksek olması büyük önem taşımaktadır. İlk değerlendirmede hava yolu (airway), solunum (breathing) ve dolaşımın (circulation) hızlı şekilde değerlendirilmesi ve stabilize edilmesi, hasta yönetiminin temelini oluşturmaktadır. ABC yaklaşımı sonrasında ise ayrıntılı anamnez, maruziyet öyküsü ve klinik bulgular doğrultusunda toksik etkenin hızla belirlenmesi gerekmektedir.

Spesifik antidotların zamanında ve uygun dozda uygulanması, özellikle ağır intoksikasyon vakalarında mortaliteyi belirgin şekilde azaltmaktadır. Örneğin organofosfat zehirlenmelerinde atropin ve pralidoksim tedavisinin erken dönemde başlanması, kolinerjik krizin kontrol altına alınmasında kritik rol oynarken; amatoksin zehirlenmelerinde silibinin ve N-asetilsistein uygulamaları karaciğer hasarını sınırlayabilmektedir. Karbonmonoksit zehirlenmesinde ise yüksek akım oksijen ve gerektiğinde hiperbarik oksijen tedavisi, doku hipoksisinin hızla düzeltilmesinde temel yaklaşımdır. Bu bağlamda, doğru antidotun doğru zamanda uygulanması tedavi başarısının temel belirleyicilerinden biridir.

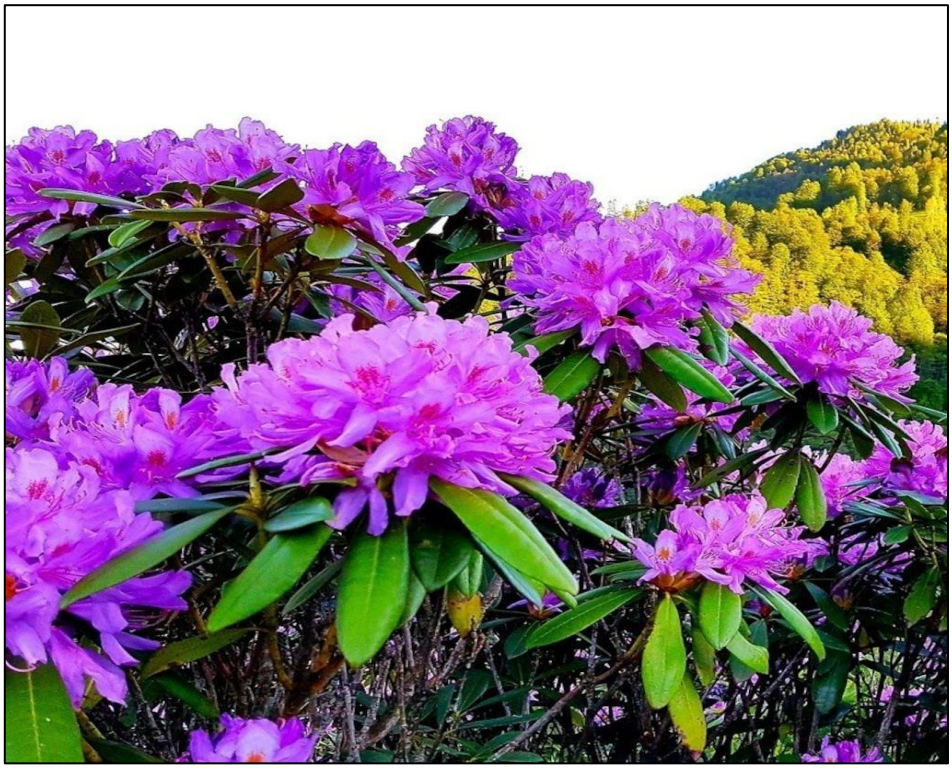
Bazı hastalarda klinik tablo hızla ağırlaşarak çoklu organ yetmezliğine ilerleyebilmektedir. Özellikle bilinç değişikliği, solunum yetmezliği ve hemodinamik instabilite gelişen hastaların yoğun bakım ünitesinde izlenmesi gerekmektedir. Yoğun bakımda bu hastalara ileri düzey monitörizasyon, mekanik ventilasyon, vazopressör desteği ve gerektiğinde renal replasman tedavileri gibi organ destek tedavileri uygulanmaktadır. Bu uygulamalar, komplikasyon gelişimini azaltarak hasta prognozunu iyileştirmektedir.

İntoksikasyon yönetiminde multidisipliner yaklaşım önemli bir yer tutmaktadır. Acil tıp, anesteziyoloji, yoğun bakım ve gerektiğinde toksikoloji ekiplerinin koordineli çalışması özellikle ağır vakalarda klinik sonuçları olumlu yönde etkilemektedir. Bununla birlikte, bölgesel sağlık politikaları kapsamında halkın bilinçlendirilmesi, pestisit kullanımına yönelik eğitimler verilmesi ve karbonmonoksit maruziyetine karşı önleyici tedbirlerin artırılması intoksikasyonların azaltılmasında etkili olabilir.

Karadeniz bölgesinde en sık görülen intoksikasyonlar ve özellikleri şu şekildedir;

1. Delibal (Grayanotoksin) Zehirlenmesi

Delibal zehirlenmesi, özellikle Karadeniz bölgesine özgü önemli bir intoksikasyon türü olup, Rhododendron (orman gülü) bitkisinin nektarından elde edilen balın tüketilmesi sonucu ortaya çıkmaktadır (Gündüz et al., 2006) (Resim 1). Bölgenin zengin bitki örtüsü ve geleneksel bal tüketim alışkanlıkları nedeniyle bu tip zehirlenmelere diğer bölgelere kıyasla daha sık rastlanmaktadır. Halk arasında "delibal" olarak bilinen bu bal, içerdiği toksik maddeler nedeniyle terapötik amaçlarla düşük dozlarda tüketilebilse de yüksek miktarlarda alındığında ciddi klinik tablolara yol açabilmektedir.



Resim 1. Rhododendron (orman gülü) bitkisi

Delibal zehirlenmesinin patofizyolojisinden sorumlu temel toksin grayanotoksin'dir. Belirgin etkiler, kardiyak iletim sistemi üzerinde oluşur. Grayanotoksin voltaj bağımlı sodyum kanallarını etkiler ve hücre membranında depolarizasyonun uzamasına neden olur. Parasempatik aktivitenin artması bradikardi ile hipotansiyon ile sonuçlanır. Ayrıca vagal tonusun artışı, atriyoventriküler iletimde yavaşlamaya ve çeşitli derecelerde atriyoventriküler (AV) bloklara neden olabilmektedir (Eddleston & Chowdhury, 2023).

Klinik bulgular genellikle balın tüketilmesini takiben kısa süre içerisinde, çoğunlukla 30 dakika ile birkaç saat arasında ortaya çıkmaktadır. Klinik tablo hafif semptomlardan asistoli gibi hayatı tehdit eden kardiyovasküler instabiliteye kadar değişkenlik gösterebilir. En sık belirgin sinüs bradikardisi, hipotansiyon, senkop, baş dönmesi, bulantı ve kusma görülür. Bazı hastalarda terleme, halsizlik, görme bulanıklığı ve bilinç değişiklikleri de gözlenebilir. (Eddleston & Chowdhury, 2023; Gündüz et al., 2006).

Tanı genellikle hastanın öyküsü ile konulmaktadır. Özellikle Karadeniz bölgesinde yaşayan veya bu bölgeden temin edilen balı tükettiği bilinen hastalarda, ani gelişen bradikardi ve hipotansiyon varlığında delibal zehirlenmesi akla gelmelidir. Elektrokardiyografide sinüs

bradikardisi, nodal ritim veya farklı derecelerde AV blok saptanabilir. Laboratuvar bulguları genellikle spesifik olmayıp tanıda destekleyici rol oynar.

Tedavi yaklaşımı çoğunlukla destekleyici olup, klinik bulguların şiddetine göre şekillendirilir. Hemodinamik instabilitesi olan hastalarda öncelikle intravenöz sıvı tedavisi ile dolaşım desteği sağlanır. Bradikardi ve iletim bozukluklarının tedavisinde atropin ilk basamak tedavi olarak uygulanır ve çoğu hastada hızlı yanıt alınır. Atropine dirençli vakalarda nadiren geçici pace uygulaması gerekebilir. Persistan hipotansiyon durumunda ise vazopressör ajanlar kullanılabilir. Tüm hastaların yakın monitörizasyon altında izlenmesi, özellikle kardiyak ritim takibi açısından önemlidir.

Delibal zehirlenmesinin prognozu genellikle oldukça iyidir. Uygun ve zamanında destek tedavisi ile hastaların büyük çoğunluğu 24 saat içerisinde tamamen iyileşmektedir. Ancak nadir de olsa ciddi kardiyak komplikasyonlar gelişebileceği için hastaların dikkatli değerlendirilmesi ve gerekli durumlarda yoğun bakım koşullarında izlenmesi önem taşımaktadır.

2. Mantar İntoksikasyonları

Karadeniz Bölgesi'nde doğadan mantar toplama alışkanlığının yaygın olması nedeniyle mantar zehirlenmeleri sık görülür. Doğada kendiliğinden yetişen ve yenebilen mantar türlerinin yanında toksik olan ve yenilmemesi gereken türler de vardır. Toksik türler tanınmadığında ya da non-toksik tür zannedip tüketildiğinde zehirlenmeler oluşur. Amanita phalloides, en ciddi klinik tabloya yol açan türlerden biri olup, içerdiği güçlü toksinler nedeniyle yüksek mortalite oranları ile ilişkilidir (Resim 2). Mantar tüketimine bağlı ölümlerin yaklaşık %95'inin amatoksinden kaynaklandığı bildirilmektedir (Horowitz & Moss, 2023; Silberman et al., 2023).



Resim 2. Amanita phalloides

Amanita phalloides başta olmak üzere bazı mantar türleri, amatoksinler ve daha az toksik etkili olan falotoksinleri içermektedir. Amatoksinlerin temel etki mekanizması, hücre içi RNA polimeraz II enzimini inhibe ederek protein sentezini durdurmalarıdır (Horowitz & Moss, 2023). Başta karaciğer olmak üzere hızlı metabolik aktiviteye sahip organlarda ciddi hücresel hasar oluşur.

Mantar intoksikasyonlarının klinik seyri genellikle üç evrede ilerler. İlk evrede, toksin alımından sonra 6–12 saatlik asemptomatik bir dönem bulunur. Bu gecikmiş başlangıç, zehirlenmenin erken tanınmasını zorlaştıran önemli bir faktördür. İkinci evrede, gastrointestinal

semptomlar ön plana çıkar; hastalarda bulantı, kusma, şiddetli diyare ve karın ağrısı görülür. Bu dönem, sıvı-elektrolit kaybı nedeniyle hastanın genel durumunun hızla bozulmasına yol açabilir. Üçüncü evrede, geçici bir klinik düzelme dönemi izlenebilir; ancak bu dönem aldatıcıdır ve altta yatan hepatoselüler hasar devam etmektedir. Yaklaşık 24 saat sonrasında karaciğer hasarına ait biyokimyasal bulgular (AST, ALT yükselmesi, bilirubin artışı, koagülopati) ortaya çıkmaya başlar. İlerleyen vakalarda akut karaciğer yetmezliği, ensefalopati, hipoglisemi ve koagülasyon bozuklukları gelişebilir. Bu aşama, hastanın prognozunu belirleyen en kritik dönemdir.

Tanı, çoğunlukla hastanın öyküsü (doğadan mantar tüketimi) ve klinik bulgular ile konulmakta olup, spesifik toksin düzeylerinin ölçümü çoğu merkezde rutin olarak yapılamamaktadır. Bu nedenle klinik şüphe, erken tanı açısından büyük önem taşımaktadır.

Tedavi yaklaşımı multidisipliner olup, erken dönemde başlanması prognozu belirgin şekilde etkilemektedir. Tedavide temel yaklaşımlar şunlardır:

- N-asetilsistein (NAC): Antioksidan etkisi ve hepatoprotektif özellikleri nedeniyle yaygın olarak kullanılmaktadır.
- Yüksek doz penisilin: Amatoksinlerin hepatositlere girişini engelleyebileceği düşünülmektedir.
- Silibinin: Günümüzde en etkili spesifik antidotlardan biri olarak kabul edilmekte olup, amatoksinin karaciğer hücrelerine alımını inhibe eder.
- Aktif kömür: Özellikle erken dönemde verilmesi, toksinin gastrointestinal emilimini azaltabilir ve enterohepatik dolaşımı kırabilir (Horowitz & Moss, 2023; Silberman et al., 2023).

Destek tedavisi kapsamında sıvı-elektrolit dengesi sağlanmalı, koagülopati ve hipoglisemi gibi komplikasyonlar yakından izlenmelidir. İleri evrelerde gelişen akut karaciğer yetmezliği durumunda karaciğer nakli, yaşam kurtarıcı tek tedavi seçeneği olarak öne çıkmaktadır.

Dikkat çekici bir nokta, amatoksinlerin yüksek protein bağlanma özellikleri ve hücre içi etkileri nedeniyle hemodiyaliz ile etkin şekilde uzaklaştırılamamasıdır. Bu nedenle tedavi daha çok toksinin etkilerini sınırlamaya ve organ hasarını önlemeye yöneliktir.

Sonuç olarak mantar intoksikasyonları, başlangıçta masum görünen semptomlara rağmen hızla ilerleyerek ölümcül olabilen ciddi klinik tablolar oluşturabilmektedir. Bu nedenle özellikle riskli bölgelerde, erken tanı ve hızlı tedavi yaklaşımı hayati önem taşımaktadır (Gündüz et al., 2006).

3. Organofosfat Zehirlenmeleri

Organofosfat zehirlenmeleri, Karadeniz bölgesinde tarımsal faaliyetlerin yoğun olması nedeniyle sık görülür (Eddleston & Chowdhury, 2023). Çay, fındık ve çeşitli tarım ürünlerinin yetiştirildiği bu bölgede, pestisit olarak yaygın kullanılan organofosfat bileşiklere maruziyet hem mesleki hem de kazara ya da intihar amaçlı olarak ortaya çıkabilmektedir (Resim 3). Maruziyet; inhalasyon, deri teması (transdermal absorpsiyon) veya oral alım yoluyla gerçekleşebilir ve özellikle sıvı formülasyonların kullanımı cilt yoluyla emilimi artırmaktadır.

Organofosfatların toksik etkisi, temel olarak asetilkolinesteraz enziminin irreversibl olarak inhibe edilmesi sonucu ortaya çıkar. Enzim inhibisyonuyla sinaptik aralıkta asetilkolin birikimi olur. Artmış asetilkolin düzeyleri hem muskarinik hem nikotinik reseptörleri hem de santral sinir sistemini etkileyerek geniş bir klinik tabloya neden olur. Klinik bulgular genellikle maruziyetten kısa süre sonra başlar ve üç ana başlık altında incelenir:

Muskarinik etkiler, parasempatik aktivitenin artışına bağlı olarak ortaya çıkar ve en belirgin bulguları oluşturur. Bunlar arasında, aşırı sekresyon (salivasyon, lakrimasyon), bronkore ve bronkospazm, bradikardi, hipotansiyon, miyozis, diyare ve üriner inkontinans yer alır.

Nikotinik etkiler, nöromüsküler kavşakta asetilkolin birikimine bağlı olarak gelişir: Kas fasikülasyonları, kas güçsüzlüğü, ileri vakalarda solunum kaslarının paralizisi görülür.

Santral sinir sistemi bulguları ise toksinin santral etkilerine bağlı olarak gelişir. Ajitasyon, konfüzyon, nöbet, koma görülebilir.

Bu geniş klinik spektrum, hastanın hızlı şekilde solunum yetmezliği ve hemodinamik instabiliteye ilerleyebilmesine neden olabilir. Özellikle bronkore, bronkospazm ve solunum kaslarının paralizisi birlikte olduğunda ciddi hipoksi gelişebilir ve bu durum yoğun bakım desteği gerektirebilir.



Resim 3. Pestisitler

Tanı çoğunlukla klinik bulgular ve maruziyet öyküsüne dayanmakta olup, plazma veya eritrosit kolinesteraz düzeylerinin ölçümü tanıyı destekleyebilir. Ancak acil durumlarda tedavi, laboratuvar sonuçları beklenmeden başlatılmalıdır.

Tedavi yaklaşımı hızlı ve agresif olmalıdır. Öncelikle hastanın yaşam bulguları stabilize edilmeli ve gerekli durumlarda hava yolu güvenliği sağlanmalıdır. Tedavinin temel bileşenleri şunlardır:

- Atropin: Muskarinik reseptörleri bloke ederek sekresyonları azaltır, bronkospazmı düzeltir ve bradikardiyi tedavi eder. Doz titrasyonu klinik yanıta göre yapılır ve yeterli atropinizasyon sağlanana kadar tekrarlanır.
- Pralidoksim (2-PAM): Asetilkolinesteraz enzimini reaktive ederek özellikle nikotinik etkiler üzerinde etkilidir. Erken dönemde verilmesi “aging” gelişmeden önce daha etkilidir.
- Benzodiazepinler: Nöbet kontrolü ve santral sinir sistemi semptomlarının yönetimi için kullanılır.
- Destek tedavisi: Oksijen desteği, gerekirse mekanik ventilasyon, sıvı tedavisi ve hemodinamik destek uygulanır.

- Ek olarak, uygun durumlarda dekontaminasyon (kontamine kıyafetlerin çıkarılması, cilt temizliği) yapılması, sağlık personelinin de maruziyetten korunması açısından önemlidir.

Organofosfat zehirlenmeleri, erken tanı ve uygun tedavi ile yönetilebilir olmakla birlikte, gecikmiş müdahale durumunda mortalite riski belirgin şekilde artmaktadır. Özellikle solunum yetmezliği ve nörolojik komplikasyonlar gelişen hastaların yoğun bakım koşullarında izlenmesi gerekmektedir. Bu nedenle acil servisten başlayan hızlı ve etkin müdahale, hasta prognozunu belirleyen en kritik faktörlerden biridir.

4. Karbonmonoksit Zehirlenmesi

Karbonmonoksit (CO) zehirlenmesi, özellikle kış aylarında sık görülen ve ciddi mortalite ve morbidite ile ilişkili önemli bir halk sağlığı sorunudur. CO; renksiz, kokusuz ve tatsız bir gaz olması nedeniyle fark edilmeden maruziyete yol açabilmekte ve bu özelliği nedeniyle "sessiz katil" olarak da tanımlanmaktadır (Hampson, n.d.). Yanmanın tam gerçekleşmediği durumlarda ortaya çıkan bu gaz, kapalı veya iyi havalandırılmayan ortamlarda hızla birikerek toksik seviyelere ulaşabilir. CO zehirlenmesinin nedenleri arasında soba, şofben, kombi sistemleri ve kapalı alanlarda yakılan mangal yer almaktadır. Özellikle uygun olmayan baca sistemleri, yetersiz havalandırma ve kapalı ortamlarda yanma süreçlerinin devam etmesi, maruziyet riskini belirgin şekilde artırmaktadır. Karadeniz bölgesinde kırsal yaşamın yaygın olması ve katı yakıt kullanımının devam etmesi, bu tür zehirlenmelerin görülme sıklığını artıran önemli faktörlerdendir.

Karbonmonoksitin toksik etkisi temel olarak hemoglobine olan yüksek bağlanma afinitesinden kaynaklanmaktadır. CO, hemoglobine oksijene kıyasla yaklaşık 200 kat daha yüksek afinite ile bağlanarak karboksihemoglobin (COHb) oluşturur. Bu durum, hemoglobinin oksijen taşıma kapasitesini azaltmakla kalmaz, aynı zamanda oksijenin dokulara bırakılmasını da engelleyerek doku hipoksisine yol açar. Bunun yanı sıra CO, sitokrom oksidaz gibi hücresel solunum enzimlerini de inhibe ederek mitokondriyal düzeyde enerji üretimini bozar, hücresel hasar ve metabolik asidoz gelişebilir. Özellikle beyin ve kalp gibi yüksek oksijen tüketimi olan organlar bu durumdan daha fazla etkilenmektedir.

Klinik bulgular, maruziyet süresi ve COHb düzeyine bağlı olarak değişkenlik göstermektedir. Erken dönemde genellikle baş ağrısı, baş dönmesi, halsizlik, bulantı ve kusma gibi non-spesifik semptomlar görülür. Maruziyet arttıkça nörolojik ve kardiyak bulgular ön plana çıkarak ölümcül olabilir. Konfüzyon, bilinç değişikliği, senkop, koma, görme bozuklukları, solunum yetmezliği, aritmi, kardiyak arrest görülebilir.

Tanı, klinik şüphe ile birlikte kan gazı analizinde COHb düzeyinin ölçülmesi ile konulmaktadır. Standart pulse oksimetreler normal değerler gösterebilir (COHb ile oksijen satürasyonunu ayırt edemediği için). CO zehirlenmesi klinik şüphe, erken tanı ve hızlı tedavi ile tamamen geri dönüşü olabilen bir durumdur. Gecikmiş müdahalenin ciddi nörolojik sekellere (hafıza bozukluğu, dikkat eksikliği, parkinsonizm benzeri bulgular) yol açabildiği unutulmamalıdır.

Tedavide temel amaç, dokulara oksijen sunumunu artırmak ve CO'nun hemoglobinden ayrılmasını hızlandırmaktır. Bu doğrultuda:

- Yüksek akım oksijen tedavisi (%100 O_2): COHb yarı ömrünü önemli ölçüde kısaltarak toksinin elimine edilmesini hızlandırır ve tüm hastalarda ilk basamak tedavidir.
- Hiperbarik oksijen tedavisi: Özellikle ağır zehirlenmelerde, yüksek COHb düzeylerinde, nörolojik semptom varlığında, gebelerde veya kardiyak etkilenimi olan hastalarda tercih edilir. Hiperbarik oksijen, CO'nun hemoglobinden ayrılmasını daha da hızlandırarak doku hipoksisini düzeltir.

- İleri destek tedavileri: Bilinç kaybı, solunum yetmezliği veya hemodinamik instabilite gelişen hastalarda entübasyon, mekanik ventilasyon ve yoğun bakım desteği gerekebilir.

SONUÇ

Akut intoksikasyonlar, geniş klinik spektrumları ve hızla kötüleşebilme potansiyelleri nedeniyle önemlidir. Acil servisten yoğun bakıma uzanan süreçte sistematik yaklaşım gerektiren önemli klinik durumlardır. Yönetiminde en kritik faktör zaman olup, erken tanı ve hızlı müdahale prognozu doğrudan belirler. İlk basamakta ABC yaklaşımı ile hastanın stabilizasyonu sağlanmalı ve toksik etken hızla belirlenmelidir. Uygun vakalarda spesifik antidotların zamanında uygulanması, toksik etkinin sınırlandırılmasında temel rol oynar. Klinik durumu ağır olan hastalarda yoğun bakım desteğinin gecikmeden sağlanması mortaliteyi azaltır. Yoğun bakımda uygulanan ileri monitörizasyon ve organ destek tedavileri yaşam kurtarıcıdır. Genel intoksikasyon nedenlerinin sebebi ve yönetiminin yanı sıra, tüm sağlık çalışanları bulundukları bölgeye özgü zehirlenme etkenlerini, tanı ve tedavisini bilmelidir. Zehirlenmelere sadece tıbbi bir durum olarak değil bir halk sağlığı sorunu olarak bakmak, toplumun yaşadığı yörenin özelliklerini tanımasının sağlanması, farkındalık ve eğitim için sosyal politikalar geliştirilmesi, kurumlar arası iş birliğinin sağlanması gibi multidisipliner ve idari çözümler üretilmesi sağlıklı toplum oluşturulması için gereklidir.

KAYNAKÇA

Arslan, M., Öksüz, H., Öksüz, G., Gişi, G., Yavuz, C., Tekşen, Ş., et al. (2020). Is it necessary to admit all drug intoxications to intensive care unit? *Turkish Journal of Intensive Care, 18*(2), 78–83. https://doi.org/10.4274/tybd.galenos.2019.70446

Eddleston, M., & Chowdhury, F. R. (2023). Organophosphate toxicity. In *StatPearls*. StatPearls Publishing. https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK470430/

Gündüz, A., Türedi, S., Uzun, H., & Topbaş, M. (2006). Mad honey poisoning. *American Journal of Emergency Medicine, 24*(5), 595–598. https://doi.org/10.1016/j.ajem.2006.01.022

Hampson, N. B. (n.d.). Carbon monoxide poisoning. *UpToDate*. UpToDate Inc. https://www.uptodate.com

Horowitz, B. Z., & Moss, M. J. (2023). Amatoxin mushroom toxicity. In *StatPearls*. StatPearls Publishing. https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK441951/

Silberman, J., et al. (2023). Activated charcoal. In *StatPearls*. StatPearls Publishing. https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK482294/

StatPearls Publishing. (2023). Toxicity, general principles. In *StatPearls*. StatPearls Publishing. https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK557683/

Yeşiler, F. I., et al. (2020). Evaluation of acute intoxication cases in the intensive care unit. *Journal of Critical and Intensive Care, 11*(1), 1–6.

CLOSE RELATIONSHIP BETWEEN THE LOCAL POPULATION AND THE VEGETATION COVER OF KHÉNIFRA NATIONAL PARK

Rachida Ikkou

Sidi Mohamed Ben Abdellah University, Department of Geography, Fez, Morocco

Youssef Benbrahim

Sidi Mohamed Ben Abdellah University, Department of Geography, Fez, Morocco

Hayat lazhar

Sidi Mohamed Ben Abdellah University, Department of Geography, Fez, Morocco

Soukaina El aissaoui

Sidi Mohamed Ben Abdellah University, Department of Geography, Fez, Morocco

Abstract

Khenifra National Park and its surrounding regions are characterized by unique physical and human conditions. These local conditions have provided us with vital information on the role of forests in the daily lives of local populations. The role of human activities in the dynamics of vegetation cover is measured using surveys of the population living near the forest. The results provided showed the importance of the forest in the daily life of the local population; it is a fundamental component around which a distinctly pastoral population is structured. This close relationship has produced strong anthropogenic pressure on the forest resources of the KNP, where overgrazing and intensive logging are the dominant signatures.

Keywords: close relationship, local population, forest, anthropogenic pressure, KNP

Introduction

Forestry activities have a long history in Morocco. Forests have long been part of the tribal heritage of the local population, with usage rights reserved for communities living in forest areas. Today, the situation regarding forest management remains largely unchanged, with the exception of management by forestry services, which has been in place since the Protectorate era to the present day. In the KNP, the forest continues to be a source of various forest products for the local population as well as for all adjacent communities. The question that demands an urgent answer is: what is the relationship between the local population and the natural vegetation cover?

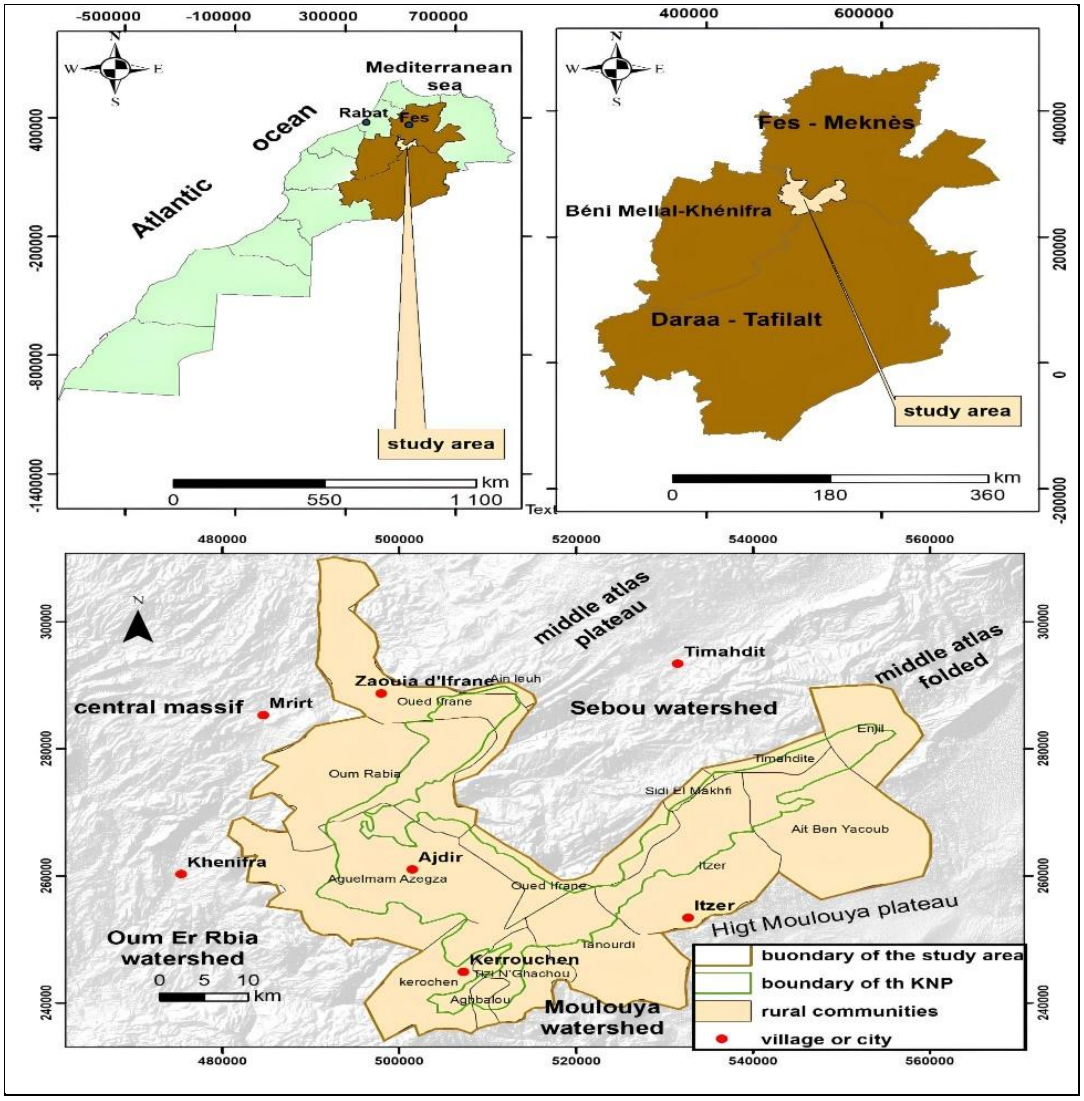
1. Presentation of the Study Area

The KNP and its surrounding regions are located in the center of the Central Middle Atlas (east of the city of Khénifra). Covering an area of 2,446 km², the study area is situated between latitudes 32° and 33° N and longitudes 4° and 5° W. Topographically, this area belongs to the

Central Middle Atlas. Elevations vary considerably, generally ranging from 1,250 m to 2,250 m. In terms of climate, rainfall distribution throughout the year is irregular, and the precipitation regime is of the Mediterranean type with mountainous characteristics.

2. Methodology and Tools

The relationships between the local population and the natural vegetation were examined through fieldwork based primarily on questionnaires administered mainly to communities living near the forest. Anthropogenic pressure is assessed based on the annual amount of firewood used by each household, the annual volume of wood harvested through regulated logging (timber and firewood), and the intensity of pastoral activity (forage balance, grazing pressure, livestock density, etc.). The analysis of archives and reports we consulted at the Water and Forestry Directorate in Meknes and Khenifra provides additional data to demonstrate the extent of human impact on natural vegetation cover.



Source: Khénifra National Park Administration and the 2015 administrative division

Figure 1: The geographical and administrative location of the park area

3. Results and Discussion

3.1 Pastoral Links

Almost all regions of the Middle Atlas have undergone profound changes in the quality of life of their local populations. Before the Protectorate, the Middle Atlas was regarded primarily as a region of livestock farming. It was an area of semi-nomadic activities and transhumance (Jennan: 2004). After independence, the demarcation of forest lands, agricultural advances (irrigation), and the forced sedentarization of populations favored the expansion of cultivated lands at the expense of grazing lands. However, mountainous areas experienced a different situation, notably the Khénifra region, home to the large collective grazing lands of the Zayanes (KNP), where dryland farming and extensive livestock raising continue to form the basis of the local economy.

The study area (KNP) is highly sought after by livestock farmers (local, regional, and even national), particularly those raising sheep and goats, The land set aside for this activity covers an area of 492 km² in Adrar (Photo No. 1A) and Azaghar; thus, the forest area is considered permanent grazing land, except during periods of snowfall (Photo No. 1B). The KNP provides very large quantities of forage annually, estimated at 340 UF/ha (ANEF: 2015).



Photo 1: Adar Oujdir summer trail (A) and Ajdir forest trail October 2019

Livestock farming is therefore the most widespread activity in all the forests of the KNP; the composition of the herds shows an overwhelming predominance of small livestock, particularly sheep, which account for approximately 80% of the total herd, followed by goats (approximately 15%) and cattle (approximately 5%). These first two livestock species are the most common in the forests of the Middle Atlas Plateau, thanks to topographical conditions that favor high-quality grazing lands. Despite the large area occupied by these grazing lands, they do not always meet the needs of the livestock, whose stocking rate is increasing year by year in this region. In this regard, the herd size (200,600 head) provides a key indication of the stocking density in our study area; it is estimated at 3.5 LU/ha, far exceeding the recommended threshold for Mediterranean pastures (1 LU/ha). This grazing pressure has also long been observed in the Serou basin, where the Kerrouchen Forest is located, and is estimated at 4 livestock units per hectare (El Jihad: 2003). It should also be noted that herders do not limit themselves to local grazing areas (non-forested zones and foothills), but may travel long distances of up to 15 km. The local economy is therefore based primarily on extensive pastoralism, with an animal stocking density that far exceeds the forests' natural carrying capacity. Moreover, the only grazing lands in this part of the Middle Atlas are located deep within the forest, which explains the economic, social, and even spiritual relationship between the local population and the forest area. Consequently, there is significant pastoral pressure on the mountain grazing lands, resulting from the intensive and sometimes unsustainable use of available forest resources. This

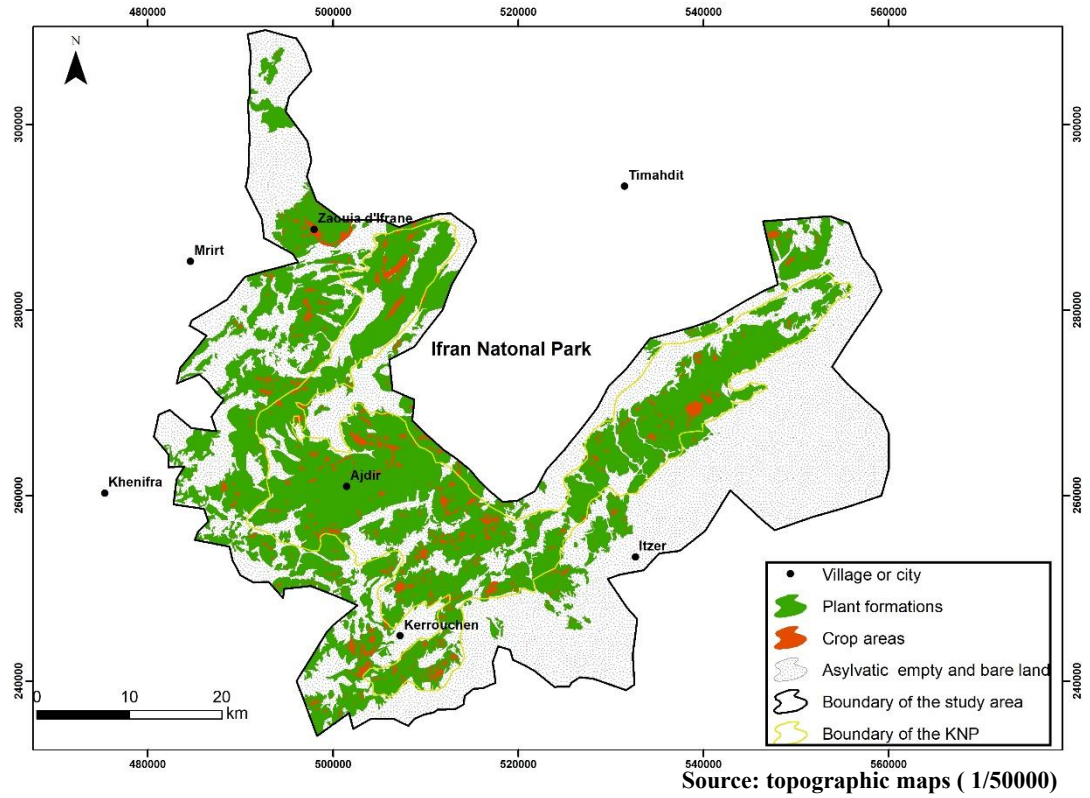
unique relationship between humans and the mountains stems primarily from pastoralism, which is a key economic activity in these regions. Indeed, herders rely on high-altitude pastures to feed their herds during the cold season. However, this sustained pastoral presence can lead to the degradation of vegetation cover and the weakening of mountain ecosystems. Furthermore, the pressure does not stem solely from grazing: the harvesting of forest products also plays a significant role. Wood, long used as a source of energy and a building material, is subject to regular harvesting which, if uncontrolled, can exacerbate deforestation and reduce the forests' capacity for natural regeneration.

3.2 Forests: An Essential Source of Energy

The KNP is characterized by very high consumption of wood for energy (firewood and cooking fuel), with average annual consumption exceeding 7 tons per household (ANEF). The amount of wood consumed annually varies depending on altitude, household size, and standard of living. The amount of firewood increases with altitude (8 tons per year in high mountains and 5 tons per year in the foothills) due to severe winter weather conditions; snow cover can last up to 20 days (as is the case in the Ajdir Forest). This amount of wood also varies depending on the number of people in each household. Thus, the large quantities of wood consumed annually by the population reflect the overexploitation of forest resources. A large proportion (>60%) is used as firewood. Firewood collectors are generally women, with the exception of the forests of Ajdir, Aghebaloou Laarbi, and Itzer, where men occasionally participate in firewood collection. The frequency of collection varies by season, peaking during the dry season (3 times per week). It also varies from one forest to another; collection is more frequent in the Aghbalou Laarbi and Ajdir forests compared to the other forests (Kerrouchen, Itzer, Sidi Mguild, Aghbal, Tafechna, and Ait Segougo). This situation is explained by the high altitude (Jbel Sidi Ali: 2,300 m) of the first forest, which creates conditions conducive to heavy snowfall and very low temperatures (–4°C). This increases the local population's need for firewood. Whereas the second case (the Ajdir forest) is explained by the precarious living conditions, the use of wood in all domestic tasks (heating, cooking, pruning, construction, etc.), and the type of transportation (draft animals, human labor), which increases the number of trips to gather wood. The use of these traditional means of transport (draft animals, human labor) is dictated by the precarious living conditions of the local population. The amount of wood collected accounts for 70% of annual wood consumption, while purchased wood accounts for 30% of this total. However, this ratio varies between the Middle Atlas Plateau (Ajdir, Sidi Mguild, etc.) and the Folded Middle Atlas (Itzer and Aghbalou Laarbi). The rugged terrain of the Middle Atlas Plissé forces the population living near the forest to purchase more wood for heating and cooking, as well as for agricultural purposes (tree cultivation practiced on the high Moulouya Plateau).

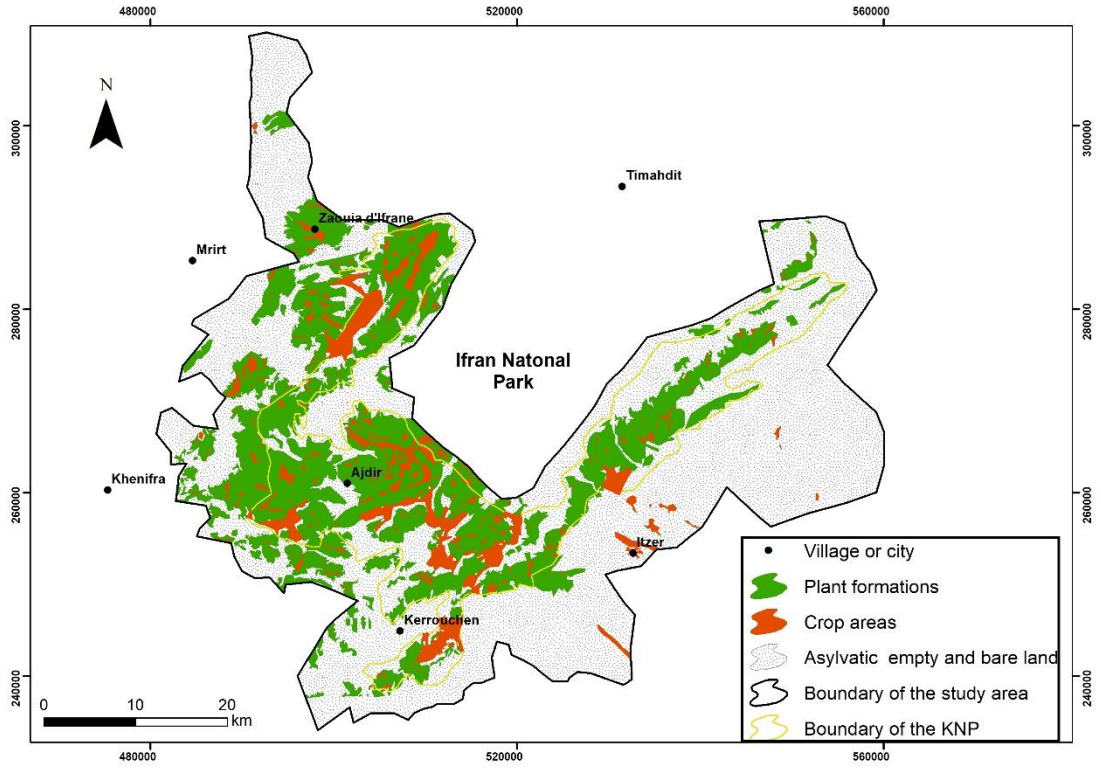
3.3 Conversion of Forest Land to Agricultural Land

In Morocco, the mountainous regions have undergone profound changes from independence to the present day. The conversion of forest areas into agricultural land is the defining feature of these changes. In this context, the KNP has not been spared from deforestation, the clearing of land for agriculture at the expense of the forest, and overgrazing (Figures 2 and 3). A comparison and interpretation of these two maps confirm this trend: vegetation cover has declined noticeably, while the area of bare or agricultural land has increased during the period (from 1975 to 2017). This decline is estimated at -181 km² (1975 topographic maps, based on 1960 aerial photographs, and a 2017 Google Earth image). This area is distributed randomly within the KNP (-75.85 km²) inside the Park and (-105.15 km²) along its edges.



Source: topographic maps (1/50000)

Figure 2: Distribution of agricultural land in the KNP and its neighboring regions (1975)



Source: Google Earth image processing (2017), cartographic font, and fieldwork

Figure 3: Distribution of agricultural land in the KNP and its surrounding regions (2017)

Land clearing is widespread within the forests located in the northern part of the park, whereas the southern part is characterized by clearing along the forest edges (Photo No. 2A). This situation clearly explains the impact of agriculture in the southern sector. In contrast, land clearing within the forest is carried out for pastoral purposes, with the exception of a few enclaves located within the Kerrouchen Forest that are dedicated to agriculture (Photo No. 2B).



September 2021

Photo No. 2: Clearing of agricultural land at the expense of the outskirts (A) and within the Kerrouchen Forest (B)

3.4 Local economy based on the harvesting of forest products, livestock raising, and subsistence farming

The local population's income comes from pastoralism, though it is sometimes supplemented by other activities such as tourism and agriculture to support the park's residents, including cereal farming and arboriculture along waterways (as in the case of the Serou River). This is a very marginal form of agriculture due to:

- Limited agricultural land: Agricultural land accounts for only 2.5% of the total land area.
- A farming system characterized by the predominance of subsistence grain farming: grain farming is the most widespread agricultural practice in our study area and is present in all the forests within the park. Tree cultivation is concentrated along the waterways that run through all the forests.
- Rudimentary farming methods: the low agricultural potential is also explained by the limited nature of the methods used. These include traditional plowing and irrigation methods, which are prevalent everywhere except for a few large irrigated plantations in the Itzer Forest.
- Very limited marketing of agricultural products: Agricultural products are generally produced for personal consumption, with the exception of plantation crops, which are often sold at weekly markets to local customers.

Conclusion

The socioeconomic lifestyle of the local population in the KNP, characterized by the intensive use of forest land (to meet the population's needs for firewood and the herds' needs for forage) and by the prevalence of subsistence farming that is highly dependent on climatic fluctuations (Bour), clearly explains the close relationship between the local population and the vegetation

cover. The forest area of the KNP constitutes a fragile environment facing significant anthropogenic pressure (human activity and patterns of land use). Therefore, every forestry intervention or management action must take into account these two distinct components, the nature of the relationships between them, and their conflicting interests, in order to resolve the parameters of this highly complex equation.

Reference

- Arbos.P (1928): Transhumance in the Middle Atlas; R. géographie alpine, vol. 16, pp. 690–695.
- Benchekroun, F. (1987): Firewood consumption in Morocco: the cases of the Gharb and the Middle Atlas; R. Forêt Méditerranéenne, Vol. IX, No. 2, pp. 143–150.
- Benzyane, M. (2007): Sustainable management of forest resources in Morocco: What strategy?; R. Forêt Méditerranéenne , No. 1, pp. 47–54.
- Bezzari, L. (2014): Territorial Development in the Central-Western Middle Atlas: Assets, Constraints, and Stakeholder Challenges (Case Studies of the Municipalities of Ain Leuh, Timahdite, Dayet Aoua, and Tizguite); PhD thesis in Geography, Sidi Mohamed Ben Abdellah University, Fez–Sais, 272 p.
- Bourazza, Z. (2015): The Ain Leuh Forest in the Central Middle Atlas: Potential, Vegetation Dynamics, and Management Prospects, Ph.D. thesis in Geography, Faculty of Arts and Humanities, Sidi Mohamed Ben Abdellah University, Morocco. 276 p.
- El Jihad, M. (2010): The Challenges of Managing “Natural” Resources and Rural Development in an Anthropized Environment: The Experience of the Oued Srou Project (Central Morocco), R. Norois, pp. 25–45.
- Henri-Noël.H (1980): The Impact of Humans and Their Animals on the Mediterranean Forest; R. Forêt Méditerranéenne. No. 1, pp. 31–44.
- Ikkou, R. (2021): Advanced degradation of vegetation cover in sub-arid mountainous areas. The case of the ITZER Forest (southern slope of the Middle Atlas); R. Espace Géographique et Société Marocaine, No. 51, pp. 149–159.
- Jennan, L. (1986): Recent changes in the countryside of the Middle Atlas and its surrounding areas; R. Méditerranée, third series, vol. 59, pp. 49–62.
- Makrane, I. (2020): Man and the Forest in the Northern Middle Atlas: An Evolutionary and Dynamic Approach to the Bab Azhar Cork Oak Forest and Its Peripheries (Tazzeka Massif, Taza Province), published by LAGEA, 280 p.
- Quarro M. (1985): Study of the productivity of the herbaceous vegetation of rangelands in the Ain Leuh area of Morocco (Middle Atlas – Central Plateau). Doctor of Science. University of Marseille, 249 p.

ELECTRICITY AND TRANSPORT AS BINDING CONSTRAINTS: A STAKEHOLDER ANALYSIS OF TOURISM INFRASTRUCTURE GAPS AND REGIONAL ECONOMIC GROWTH IN THE NIGER DELTA

Anunobi, H. N.

Department of Hospitality and Tourism Studies, University of Nigeria, Nsukka

Okpoko, P. U.

Department of Hospitality and Tourism Studies, University of Nigeria, Nsukka

Nwankwo, E. A.

Department of Hospitality and Tourism Studies, University of Nigeria, Nsukka

ABSTRACT

Tourism infrastructure is recognized as a critical factor for enhancing destination competitiveness and promoting regional economic development. Despite abundant resources, many underdeveloped regions continue to experience significant deficiencies in basic infrastructure, which constrain the growth potential of the tourism sector. This study investigates how divergent stakeholder perceptions of tourism infrastructure, with a focus on electricity and transport, act as binding constraints on regional economic growth in Nigeria's Niger Delta region. Employing a concurrent mixed-methods design, data were gathered from 345 stakeholders, comprising public sector officials (n=75), private sector operators (n=50), and host community residents (n=220). The Kruskal-Wallis H test revealed a statistically significant difference in stakeholder perceptions regarding the importance of tourism infrastructure for tourism development ($\chi^2 = 31.538$, $p = 0.000$), indicating a perceptual divide among groups. Private sector stakeholders attributed the greatest importance to tourism infrastructure (mean rank = 124.30) and reported higher investment levels, while public sector (mean rank = 216.97) and host community (mean rank = 180.45) stakeholders assigned lower priority. Qualitative findings indicate consensus regarding electricity and transport as the most significant binding constraints. Host communities emphasize the importance of road infrastructure, reliable power, and potable water, while both private and public sectors recognize that tourism value chains are unsustainable without stable electricity and accessible transport networks. Security infrastructure emerges as an additional constraint, as demonstrated by the destruction of the Tinapa Business Resort during the 2020 End SARS protests. The results indicate that divergent stakeholder perceptions hinder coordinated infrastructure provision, which in turn sustains low tourism multipliers and restricts regional economic growth. The study concludes that addressing binding constraints in electricity and transport requires collaborative action among public, private, and community stakeholders. Policy recommendations include the development of targeted infrastructure investment frameworks that prioritize electricity and transport as essential foundations for tourism-driven regional development in the Niger Delta and similar developing regions.

Keywords: Tourism infrastructure, electricity, transport, stakeholder analysis, regional economic growth, Niger Delta,

INTRODUCTION

The tourism industry has emerged as a strategic sector for economic diversification, poverty reduction, and regional development, particularly in resource-dependent economies (Peng, Sabori & Rangbar, 2023; Agina & Nwanbuko, 2023). As a powerful driver of economic growth for destinations, tourism attracts increasing visitor flows; however, the sustained rise in alternative visitor segments has generated demand for new experience-oriented services and symbolic values, necessitating adequate infrastructural development (Agina & Nwanbuko, 2023). Consequently, many tourist destinations are striving to meet evolving tourist needs (Seetaneh et al., 2011). The growing demand for experience-oriented services and symbolic values places mounting pressure on destinations to provide comprehensive tourism infrastructure, including transportation, accommodation, food and beverage services, cultural and recreational facilities, electricity and water supply, and information and communication technology (ICT). These components collectively form regional touristic products essential for destination attractiveness, sustainability, and competitiveness. The availability of adequate infrastructure directly influences destination attractiveness, ease of access, tourist comfort, and operational efficiency for tourism businesses (Jehamur, Neolak, Magdalena & Djaha, 2025).

The provision of tourism infrastructure to enhance destination attractiveness, competitiveness, and sustainability is critical for developing regional tourist destinations. This is particularly important because 21st-century tourists are highly specialized and diverse, requiring new tourism products to satisfy their needs and create worthwhile experiences (Jovanovic & Ilic, 2016). Despite sustained growth in tourism demand, the provision of infrastructure components has lagged due to various constraints (Agina & Nwanbuko, 2023). Tourism infrastructure is widely recognized as a key factor driving tourism growth and development; therefore, improving such infrastructure is essential for the competitiveness and sustainability of regional tourist destinations (Hudayberganov, Toshaliev, Matsaidova, Alieva, Atabeva & Sabina, 2024).

Tourism infrastructure constitutes a crucial element for the viability and growth of tourist destinations, significantly influencing their ability to attract and accommodate visitors. Hudayberganov et al. (2024) define tourism infrastructure as the set of general conditions necessary for the production of tourism products, which comprise essential economic and cultural assets required for meaningful visitor experiences and the formation of service-providing sectors, including transportation, electricity, water and sanitation, accommodation, ICT, financial institutions, and healthcare services. These are typically divided into productive and social infrastructure. Social infrastructure relates to components serving the needs of individuals' social lives, affecting the economy, transactions, goods, and overall well-being. Through tourism infrastructure, visitors receive accommodation, recreation, information, and transportation services, which contribute to the effective operation of international economic and scientific-technical cooperation mechanisms in developing countries (Jovanovic & Ilic, 2016). However, the realization of tourism’s potential is contingent upon the availability and quality of tourism infrastructure, including transportation networks, electricity supply, water and sanitation, communication systems, and security mechanisms (Jovanovic & Ilic, 2016). In many developing regions, infrastructure deficits act as binding constraints that suppress tourism multipliers, limit destination competitiveness, and perpetuate underdevelopment. Jehamur et al. (2025) reveal that infrastructure limitations significantly hinder tourist destination competitiveness, restrict economic opportunities for local communities, and pose risks of environmental damage if not properly managed.

Against this backdrop, the present study investigates how differential stakeholder perceptions of tourism infrastructure, specifically electricity and transport, act as binding constraints on regional economic growth in the Niger Delta. In particular, it examines stakeholder perceptions

regarding the importance of tourism infrastructure elements, identifies the most binding constraints, and proposes a collaborative model to address these infrastructure gaps. The following sections conceptualize tourism infrastructure and binding constraints, followed by a discussion of the methodology adopted. Finally, the results are presented, and the study concludes with a collaborative model for regional tourism development.

Tourism drives economic growth, but rising demand for experience-oriented services requires adequate infrastructure (Agina & Nwanbuko, 2023). Many destinations struggle to meet tourist needs (Seetaneh et al., 2011), particularly for transportation, electricity, water, accommodation, and ICT (Jehamur, Neolak, Magdalena & Djaha, 2025). Infrastructure availability directly affects destination attractiveness, access, tourist comfort, and operational efficiency (Jovanovic & Ilic, 2016).

In developing regions, infrastructure deficits act as binding constraints that suppress tourism multipliers and competitiveness (Jehamur et al., 2025). This highlights the conceptual frameworks with regards to tourism infrastructure, the binding constraint framework, stakeholder perceptions, and electricity and transport challenges in the Niger Delta.

CONCEPTUAL FRAMEWORK

Tourism Infrastructure

Tourism infrastructure constitutes a crucial element for the viability and growth of tourist destinations, significantly influencing their ability to attract and accommodate visitors (Hudayberganov, Toshaliev, Matsaidova, Alieva, Atabeva & Sabina, 2024). Velichkina (2014) defines infrastructure as a set of enterprises that create conditions to meet the needs of tourism. It is the foundational physical and organizational systems essential for destination accessibility and viability, bridging basic utility provision with specialized tourist facilities to foster regional development (Sonja & Ivana, 2016). Anunobi and Okpoko (2024) posits tourism infrastructure as a significant element that drives tourism development. Despite these definitions, the concept remains complex, with scientific literature lacking common interpretation (Sabirov, 2024; Velichkina, 2014).

Buhalis (2000) and Prideaux (2000) refer to tourism infrastructure as the physical and organizational structures that support tourism activities, including transport (roads, airports, waterways), energy (electricity grids, backup systems), water and sanitation, information and communication technology (ICT), and security infrastructure. Panasuik (cited in Sonja & Ivana, 2016) identified four major facilities: hospitality facilities, gastronomy facilities, accompanying facilities (transportation and security), and communication facilities.

The Binding Constraint

The Binding Constraint Framework was originally developed in development economics by Hausmann, Rodrik, and Velasco (2008), who posited that economic growth is often stifled not by all constraints simultaneously but by a few critical hindrances. When applied to tourism, binding constraints are specific infrastructure deficiencies whose absence yields disproportionately large gains in destination competitiveness and economic multipliers (Jovanovic & Ilic, 2016). A binding constraint in tourism refers to the most critical bottleneck—such as poor infrastructure, lack of skilled labor, or weak governance—that severely restricts the growth, competitiveness, or development of a destination's tourism sector (Hausmann et al., 2008).

Key aspects include: (a) identification of the specific obstacle preventing a tourism system from reaching its potential using a decision-tree approach; (b) common constraints including infrastructure deficits, high transportation costs, limited connectivity, regulatory barriers, or inadequate marketing; (c) variation by destination context; and (d) the emergence of new constraints once the binding one is removed (Hausmann et al., 2008). A recent study by Ghosh (2026) acknowledged infrastructure as one of the pillars constraining tourism growth. High destination quality—including adequate infrastructure and institutional capacity—alongside external diseconomies such as global shocks, also determine tourism sector growth (Nunkoo & Ramkissoon, 2011; Wut et al., 2021).

Internal and External Factors Affecting Tourism Infrastructure

Dieke (1989) identified external and internal factors affecting tourism development. External or exogenous factors affect demand in tourism-generating countries, including GDP growth, international competition, and global security issues (Crouch, 1994). Issues such as distance from generating countries and climate are also outside destination control. Conversely, internal factors are principally within destination control and relate to the supply of tourism products (Inskeep, 1991). Based on an extensive literature review, infrastructure components are among the ten critical internal factors identified as the most important potential constraints to tourism growth. A country's infrastructure, including domestic transportation networks and energy and communication technology, are critical determinants of destination attractiveness (Inskeep, 1991).

Electricity and Transport as Critical Infrastructure Components

According to Henderson (2009, p. 200), "countries with poor safety records and without an appropriate transport infrastructure and set of operators and services will be disadvantaged as tourist destinations." The lack of infrastructure has also been noted by Graci and Dodds (2010) regarding problems small islands face with fresh water supply, sewage disposal, and electrical supply. A survey among Southern African community-based tourism enterprises showed that the most important limitation (for 91% of respondents) was accessibility to road networks (Spenceley, 2008). Limited ICT infrastructure can also inhibit enterprise success (Karanasios & Burgess, 2008). Transport connectivity with other countries determines travel frequency and cost; connectivity is especially important for islands dependent on adequate airlift (Bieger & Wittmer, 2006). The strong interdependence between air transport and tourism means high ticket prices or absence of direct flights directly affects destination competitiveness (Papatheodorou & Zenelis, 2013).

In developing regions, electricity and transport are frequently cited as the most critical yet most deficient components (Ekundayo, 2014). Unreliable electricity forces tourism businesses to rely on expensive diesel generators, raising operational costs and reducing profitability, while poor road access limits visitor arrivals and increases travel time (Jovanovic & Ilic, 2016). For example, unreliable electricity raises operational costs as businesses resort to diesel generators, while poor road access limits visitor arrivals and increases travel time (Jovanovic & Ilic, 2016).

Stakeholder Theory and Perceptions of Tourism Infrastructure

The Binding Constraint Framework integrates three stakeholder groups as posited by the Stakeholder Theory of Tourism Development (Freeman, 1984; Sautter & Leisen, 1999): namely, the public sector (policy, regulation, and public goods provision), the private sector (investment, operations, and innovation), and host communities (social license, local participation, and resource stewardship). Divergent perceptions among these groups can lead

to coordination failures, under investment, and unsustainable outcomes (Sautter & Leisen, 1999).

Stakeholders' perceptions towards tourism development have been emphasized by researchers and practitioners. However, literature has largely focused on local residents' role, leaving a gap in knowledge on broader stakeholder engagement (Ali et al., 2017). Stakeholders' perceptual evaluations of destination tourism supply play an important role in promoting sustainable regional tourism development. Nevertheless, research on structural perceptions of tourism supply remains relatively insufficient (Ali et al., 2017). Existing findings repeat the importance of developing tourism development strategies aligned with the needs and wants of all stakeholders.

Tourism Infrastructure in the Niger Delta Context

The Niger Delta region, despite its rich cultural and natural tourism assets, faces profound infrastructure deficits that act as binding constraints on regional economic growth (Ekundayo, 2014). The region's electricity supply is notoriously unreliable, and transport networks—particularly roads and waterways—are poorly developed and maintained. These deficiencies disproportionately affect tourism enterprises, increasing operational costs, reducing visitor arrivals, and limiting the economic multipliers that tourism could otherwise generate (Jovanovic & Ilic, 2016; Jehamur et al., 2025).

Stakeholder perceptions in the Niger Delta are likely divergent: public sector actors may prioritize different infrastructure elements than private sector investors or host communities, leading to coordination failures and under investment in the most binding constraints (Sautter & Leisen, 1999). Addressing these gaps requires a collaborative model that aligns stakeholder interests and prioritizes electricity and transport as the most critical bottlenecks.

Therefore, tourism infrastructure is foundational to destination competitiveness, sustainability, and economic growth, but inadequate tourism infrastructure like transport and electricity hampers tourism growth and development. The need arises for divergent opinions of key stakeholders which helps in shaping infrastructure investment and tourism outcomes. Infrastructure deficit acts as binding constraint to tourism development, yet limited has examined stakeholder perceptions of these gaps. This study therefore addresses that gap by investigating stakeholder perceptions of electricity and transport as binding constraints on regional economic growth in the Niger Delta.

METHODOLOGY

A concurrent mixed-methods design was employed, combining quantitative surveys with qualitative semi-structured interviews and focus group discussions. The study area is two states within Niger Delta region of Nigeria, comprising oil-producing states (Akwa Ibom and Cross River) with significant but underdeveloped tourism potential. Data collection took place at six tourist destinations in Niger Delta Nigeria: in Cross River National Park, Ibom Icon Hotel and Golf Resort, Akwa Ibom, Marina Resort Calabar, Mary Slessor Cottage, Okonyo, Cross Rivers State, Obudu Mountain Resort, Obanliki, and Tinapa Business Tourist Resort, Calabar. These tourist destinations collectively are ***major tourist attractions and hospitality hubs located within the tropical rainforest region of the Niger Delta.*** The target population includes public sector; Ministry of Tourism, Culture and Creative Economy workers who are policy-makers and knowledgeable about industry practices, private sectors and host community members who work, and live within the state and study destinations. Both qualitative and quantitative techniques were utilised for data collection and analyses. The rationale for selecting

a mixed-method strategy was to draw from the strengths of both methods, thus, develop a richer and refreshing insight into the problem under investigation and make robust conclusion (Cassell & Symon, 2004; Oranga, 2025). The research instruments focused on examining tourism stakeholders' perspectives on the importance of ten tourism infrastructure components comprising accommodation, cultural facilities, electricity, information and communication, restaurant, sports facilities, security facilities, sports and recreation facilities, transport and satisfaction, water and sanitation. For example, criteria used to evaluate the importance attached to the infrastructure includes; importance, maintenance, value, capability, usage.

Specifically, the first phase of this study covers qualitative interviews in order to afford the opportunity to discover 'the reality working behind the reality' (Saunders, Lewis, & Thornhill, 2000). A structured questionnaire measuring perceptions of importance of tourism infrastructure elements on a Likert scale; (2) Semi-structured interview guides for qualitative (3) Focus group discussion protocols for host communities were conducted at the tourist sites. Further, in-depth face-toface interviews covering exploration of binding constraints issues were undertaken with senior managers, workers and host communities in and around the tourist destinations. Topics covered include importance of tourism infrastructure components and main constraint to tourism development in the tourist sites. This method helped broaden the scope of the research to crystallise issues that subsequently underpinned the quantitative aspect of the study. The questionnaire was structured under the following thematic dimensions; (i) general questions seeking to establish socio-demographic characteristics of the respondents; (ii) importance of tourism infrastructure (iii) maintenance of tourism infrastructure; (iv) usage (v) value; and (vi) capability. The 5 variables. all measures were on a five-point Likert-style rating scale anchored on '5 for very high, 4 for high, 3 average, low, and very low'.

A total of 345 stakeholders were sampled using purposive and convenient sampling techniques: public sector officials (n=75), private sector operators (n=50), and host community residents (n=220). The sample size aligns with similar stakeholder analysis studies in tourism. Using a purposive and convenient sampling methods, the public, private sector and host community members were selected respectively. The questionnaire was administered on a faceto-face interview with respondents upon which some were collected at an agreed date. In about 75% of the cases, questionnaires were handed respondents for self-completion, whereas in about 25% of the cases, the researchers read out the questionnaire to respondents and wrote down the answers given. In all, 400 respondents were contacted for interview but 345 cooperated, representing a favourable response rate of about **86.25%**. Data analysis procedures employed descriptive and Kruskal Whallis H test. Quantitative data were analyzed using Kruskal-Wallis H test (non-parametric ANOVA) to compare mean rank scores across stakeholder groups.The Kruskal Whallis H test assessed ***whether there is a statistically significant difference in the perceived importance of tourism infrastructure among the three independent stakeholder groups***. The non-parametric test serves to compare groups when the groups are between-subjects (University of Southampton Library. (2025) . Additionally, it compares more than two groups (i.e., three or more levels or categories) of independent samples and also uses ranked (ordinal) datasets (Okoye & Hosseini, 2024). Qualitative data were analyzed using thematic analysis, with coding for recurring themes (electricity, transport, security, water). Informed consent was obtained, anonymity guaranteed, and approval secured from relevant institutional review boards of the Faculty of Arts University of Nigeria, Nsukka.

RESULTS

A Kruskal-Wallis H test revealed a statistically significant difference in stakeholder perceptions regarding the importance of tourism infrastructure elements for tourism development in the Niger Delta region ($\chi^2 = 31.538$, $p = 0.000$). These results demonstrate a clear perceptual divide among stakeholder groups.

Tourism Infrastructure Elements	Stakeholder Group	N	Mean Rank	χ^2	p-value
Overall importance	Public sector	76	216.97	31.538	0.000*
	Private sector	51	124.30		
	Host community	220	180.45		

*Significant at $p < 0.05$.

Private sector stakeholders assigned the highest importance to tourism infrastructure (mean rank = 124.30, where a lower rank indicates greater importance in this test structure) and reported higher levels of prior investment. In contrast, public sector stakeholders (mean rank = 216.97) and host community members (mean rank = 180.45) demonstrated comparatively lower prioritization in their perception scores.

This section presents a thematic analysis of interview and focus group results concerning the most critical constraints perceived by stakeholders at tourist destination sites. Specifically, three primary thematic clusters are discussed: foundational infrastructure (electricity and transport), secondary human welfare infrastructure (water), and a cross-cutting security infrastructure component. These elements are interlocking conditions essential for sector viability. The section concludes with a discussion of a proposed collaborative model to address regional tourism development.

Foundational Binding Constraints: Electricity and Transport

Findings across all three stakeholder groups—public sector, private sector, and host communities—indicate that electricity and transport are essential prerequisites for tourism operations. These results suggest that electricity and transport infrastructure serve as primary constraints; without them, tourism operations and development cannot be sustained. The tourism sector in the Niger Delta faces numerous challenges that adversely affect tourism development, tourist visits, and the well-being of local communities. Among all stakeholder groups, electricity and transport emerged as thematically dominant and were consistently identified as non-negotiable prerequisites for tourism operations. The frequency and intensity of these remarks underscore their role as primary constraints, without which other tourism activities cannot be maintained.

Host communities expanded this theme to include road infrastructure and potable drinking water, highlighting a dual burden: tourism cannot thrive where both basic human needs, such as mobility and clean water, and operational energy are lacking. Private sector operators emphasized the fragility of the tourism value chain, arguing that from hospitality to tour operations, the entire sector becomes ecologically and economically unviable without stable power and accessible transport networks. This demonstrates a systemic dependency, where the failure of a single infrastructural component affects the entire chain, making individual firm-level coping mechanisms, such as backup generators, insufficient.

Public sector officials, while acknowledging these gaps, introduced a meta-theme of institutional path dependency, specifically highlighting budgetary and logistical constraints that perpetuate infrastructural deficits. Their responses indicate that the binding nature of electricity and transport is not solely technical but also political and economic. Resource allocation mechanisms and implementation limitations continually reproduce these constraints over time.

Security Infrastructure

Security infrastructure emerged as a distinct and analytically significant theme, clearly differentiated from general law enforcement by participants. Stakeholder interviews revealed a traumatic event: the destruction of the Tinapa Business Resort during the 2020 End SARS youth protests. This incident demonstrates that while physical infrastructure is necessary for tourism viability, it is not sufficient. Participants reported that "hoodlums overwhelmed security forces" and "vandalised the entire facility," which rendered the attraction non-operational. This evidence supports a theoretical distinction between hard infrastructure, such as buildings, roads, and power grids, and protective infrastructure, including surveillance systems, rapid-response perimeters, and redundant security protocols integrated into physical design.

Stakeholder reports indicate that the Tinapa incident serves as qualitative evidence that physical capital, once destroyed due to a security failure, cannot be easily or rapidly replaced. Consequently, future policy and investment frameworks should integrate security infrastructure as a co-requisite binding constraint rather than treating it as a secondary or external consideration.

Discussion of Findings

The statistically significant perceptual divergence among stakeholders ($\chi^2 = 31.538$, $p = 0.000$) is consistent with findings by Jovanovic and Ilic (2016), who observed that government entities typically devote less attention to tourism infrastructure provision, development, and maintenance compared to private-sector actors. This study extends these findings by demonstrating that host communities also assign lower priority to tourism infrastructure than private sector stakeholders, likely due to competing immediate survival needs and limited awareness of tourism's economic multipliers.

The private sector's higher importance rating and investment levels corroborate Ekundayo's (2014) argument that Nigeria's tourism industry has potential if effective financing and support measures are implemented. Private operators in the Niger Delta have invested in backup generators, private security, and vehicle fleets. These costly adaptations reduce profitability and discourage new entrants. This finding supports the binding constraints framework: private capital is willing to invest but is constrained by deficits in public goods.

The consensus regarding electricity and transport as binding constraints aligns with Prideaux (2000), who established transport accessibility as a prerequisite for destination development, and with Buhalis (2000), who identified energy reliability as foundational to tourism operations. The identification of security infrastructure as an additional constraint, exemplified by the destruction of the Tinapa Resort, introduces a dimension that is often underexplored in mainstream tourism infrastructure literature. Security extends beyond crime prevention to encompass the protection of capital assets from civil unrest, which is particularly relevant in resource-rich yet conflict-prone regions such as the Niger Delta.

The failure of the Tinapa Business Resort serves as a cautionary example. Although it was a flagship public-private tourism initiative, the absence of integrated security infrastructure and coordinated stakeholder response left it vulnerable. This finding indicates that infrastructure

planning should adopt a systems approach, treating electricity, transport, water, and security as interdependent components rather than as isolated elements.

The perceptual divide among stakeholders constitutes a binding constraint on coordinated action. When public sector actors underestimate the importance of infrastructure, budget allocations remain insufficient. When host communities are not engaged, infrastructure is vulnerable to vandalism or neglect. The proposed PPCP model provides a mechanism to align stakeholder perceptions and mobilize resources through shared governance structures.

REFERENCES

Agina, E. K., & Nwambuko, T. C. (2023). Assessing the Relationship Between Infrastructural Development and Tourism Destination Competitiveness: Evidence from Nigeria. *European Journal of Hospitality and Tourism Research, 11*(1), 17–26. https://doi.org/10.37745/ejhtr.2013/vol11n11726

Ali, F., Hussain, K., Nair, V. & Nair, P. (2017). Stakeholders' Perceptions & Attitudes Towards Tourism Development in a Mature Destination. *Tourism, 65*(2), 173-186. https://doi.org/10.13140/RG.2.2.17576.06400

Anunobi, H.N. & Okpoko, P.U. (2024). An Assessment of Tourism Infrastructure in the Niger Delta Region of Nigeria. African Journal of Hospitality, Tourism and Leisure, 13(3):682-692. https://doi.org/10.46222/ajhtl.19770720.553

Astami, R.A.G.; Erli, K.D.M. Penentuan Prioritas Pengembangan Infrastruktur Kawasan Wisata Bahari Di Desa Sumberejo, Desa Lojejer, Dan Desa Puger Kulon, Kabupaten Jember Berdasarkan Preferensi Pengunjung Dan Masyarakat. *J. Tek. ITS 4*, C45–C50.

Bakker, M. (2018). A Conceptual Framework for Identifying the Binding Constraints to Tourism-Driven Inclusive Growth. *Tourism Planning and Development, 16*(5), 575-590. https://doi.org/10.1080/21568316.2018.1541817

Bidyut Kumar Ghosh (2026). Infrastructure, Governance, and Price Stability as Binding Constraints on Inbound Tourism to India. *Tourism and Hospitality* 7(2):57. https://doi.org/10.3390/tourhosp7020057

Bieger, T., & Wittmer, A. (2006). Air transport and tourism—Perspectives and challenges. *Journal of Air Transport Management*, 12(1), 40–46. https://doi.org/10.1016/j.jairtraman.2005.09.007

Buhalis, D. (2000). Marketing the competitive destination of the future - Growth strategies for accommodation establishments in alpine regions. *Tourism Management*, 21(1), 97–116. https://doi.org/10.1016/S0261-5177(99)00095-3

Corbos, R., Bunea, O., & Moncea, M. (2024). A Literature Review on Tourism Infrastructure Investments and their Impact on Tourism Development. The 18th International Management Conference "Management in the Algorithmic Era: Harmonizing AI Mastery and Human Collaboration, at: Bucharest, Romania". https://doi.org/10.24818/IMC/2024/03.01

Crouch, G. I. (1994). The study of international tourism demand: A review of findings. *Journal of Travel Research, 33*(1), 12–23.

Dieke, P. U. C. (2020). Tourism Development in Africa: Issues and Prospects. *Tourism Management.* Sustainable Human Resource Management in Tourism. https://doi.org/10.1007/978-3-030-41735-2_2

Ekundayo, Y. (2014). Strategic Development and Sustainability of Tourism Industry in Nigeria. Laurea University of Applied Sciences. Available online @ http://unaab.edu.ng/attachments.

Freeman, E. (1984) *Strategic Management: A Stakeholder Approach*. Cambridge University Press. https://doi.org/10.1017/CBO9781139192675

hosh, B. K. (2026).Infrastructure, Governance, and Price Stability as Binding Constraints on Inbound Tourism to India. Tourism and Hospitality, 7, 57. https://doi.org/10.3390/tourhosp7020057

Graci, S., & Dodds, R. (2010). *Sustainable Tourism In Island Destinations*. London: Earthscan

Henderson, J. (2009). Transport and Tourism Destination Development: An Indonesian Perspective. *Tourism and Hospitality Research*, *9*(3), 199–208.

Hudayberganov, D., Toshalieva, S., Matsaidova, S., Alieva, G., Atabaeva, K., & Sabirova, O. (2024). Specific Characteristics of Tourism Infrastructure Development. *E3S Web Conference, 587*(05017). https://doi.org/10.1051/e3sconf/202458705017

Hausmann, R., Rodrik, D., & Velasco, A. (2008). *Growth Diagnostics*. In N. Serra & J. E. Stiglitz (Eds.), *The Washington Consensus reconsidered* (pp. 324–355).

Henderson, J. C. (2009). Transport and Tourism Destination Development: An Indonesian Perspective. *Tourism and Hospitality Research, 9*(3). https://doi.org/10.1057/thr.2009.1

Hudayberganov, D., Toshaliev, A., Matsaidova, L., Alieva, M., Atabeva, N., & Sabina, S. (2024). Characteristics of tourism infrastructure development. *Central Asian Journal of Tourism Research, 7*(1), 112–128.

Haywantee Ramkissoon (2011). Developing a Community Support Model for Tourism. *Annals of Tourism Research 38*(3):964-988. 10.1016/j.annals.2011.01.017

Inskeep, E. (1991). Tourism Planning: An Integrated and Sustainable Development Approach. John Wiley & Sons.

Jehamur, A., Neolaka, M., Lino, M., & Djaha, A. (2025). Analysis of the Impact of Limited Infrastructure on Tourism Development in East Nusa Tenggara (NTT). *International Journal of Tourism and Regional Development*, *5*(4). https://doi.org/10.38142/jtep.v5i4.1524

Jovanovic, S., & Ilic, I. (2016). Infrastructure as Important Determinant of Tourism Development in the Countries of Southeast Europe. *EcoForum*, *5*(1), 1-34. http://*RePEc:scm:ecofrm:v:5:y:2016:i:1:p:34*a

Karanasios, S. & Burgess, S. (2008).Tourism and Internet Adoption: A Developing World Perspective. *International Journal of Tourism Research* *10*(2):169 - 182

https://doi.org/10.1002/jtr.649

Nunkoo, R., & Ramkissoon, H. (2011). Developing a community support model for tourism. *Annals of Tourism Research, 38*(3), 964–988.

Okoye, K & Hosseini, S (2024). Mann–Whitney U Test and Kruskal–Wallis H Test Statistics in R. In R Programming. Springer Nature Link, 225–246. Available at: https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-981-97-3385-9_11

Oranga, J. (2025). Mixed Methods Research: Merits, Applications and Challenges. *International Journal of Social Science* *5*(2), 233-238. https:// 10.53625/ijss.v5i2.11034

Panasiuk, (2007). Tourism Infrastructure as Determinant of Regional development,

University of Szczecin, Szczecin, Polandia.

Papatheodorou, A., & Zenelis, P. (2013). The importance of air transport for tourism development, In book: Handbook of Tourism Economics: Analysis, New Applications and Case Studies. pp. 207-224. London: World Scientific Publishing. https://doi.org/10.1142/9789814327084_0010

Peng, Y., Saboori, B., Ranjbar, O. & Can, M. (2023). Global Perspective on Tourism-Economic Growth Nexus: The Role of Tourism Market Diversification. *Tourism Planning and Development, 28*(4), 301–319. https://doi.org/10.1080/21568316.2022.2160806

Prideaux, B. (2000). The Role of the Transport System in Destination Development. *Tourism Management, 21*(1), 53–63.

Sabirov, M. Q. (2023). The Role and Importance of Tourism Infrastructure in The Development Of Regional Tourism. *International Journal of Economic Integration and Regional Competitiveness 1*(1):21-27. 10.61796/ijeirc.v1i1.22

Sautter, E. T., & Leisen, B. (1999). Managing stakeholders a tourism planning model. *Annals of Tourism Research, 26*(2), 312–328.

Seetaneh, B., Juwaheer, D., Lamport, M., Rojid S., Sannasse, R. Subadar, A. (2011). Does Infrastructure Matter in Tourism Development? *University of Mauritius Research Journal 17*(1), 89-107. https://10.4314/umrj.v17i1.70731

Sonja. J, Ivana I (2016). Infrastructure As Important Determinant of Tourism Development in the Countries of Southeast Europe, *Ecoforum, 5*(1) (8).

Spenceley, A. (2008). Local Impacts of Community-Based Tourism in Southern Africa. In Spenceley, A. (Ed.), *Responsible tourism: Critical issues for conservation and development* (pp. 159–187). London: Earthscan.

University of Southampton Library. (2025). Kruskal-Wallis Test: Maths and Stats. *LibGuides@Southampton*

Velichkina A.V. (2014). Problems of Development of Tourism Infrastructure in the Region (on the example of the Vologda region) // Problems of development of the

Territories, *4*(66), 40-48.

IBN KEMAL PASHA'S CRITIQUES OF AL-BAYḌĀWĪ IN THE TAFSĪR OF SŪRAT AL-FĀTIḤA: A STUDY OF METHOD AND CONTENT

Fatma EREN

Ordu Üniversitesi, İlahiyat Fakültesi, Temel İslam Bilimleri, Arap Dili ve Belagatı Anabilim Dalı, Ordu, Turkey

ORCID ID: https://orcid.org/0000-0003-1370-6822

ÖZET

Bu çalışma, İbn Kemal Paşa'nın (ö. 940/1534) Fâtiha sûresi tefsiri bağlamında *Envârü't-Tenzîl ve Esrârü't-Te'vîl* tefsirinin müellifi Beyzâvî'ye (ö. 685/1286) yönelttiği eleştirileri incelemeyi ve bu eleştiriler üzerinden onun tefsir yöntemini ortaya koymayı amaçlamaktadır. Bu çerçevede çalışma, iki müfessir arasındaki metodolojik farklılıkları tespit etmeyi hedeflemektedir.

Araştırma, İbn Kemal Paşa'nın *İbn Kemal Paşa Tefsiri* olarak şöhret bulmuş eserinde yer alan Fâtiha sûresine dair değerlendirmelerle sınırlandırılmıştır. İnceleme, belirli meseleler etrafında yoğunlaşmakta, besmelenin âyet olup olmadığı, "Allah" lafzının kökeni, "hamd-medh" ayrımı, şükür kavramı, mastar-fiil ilişkisi, "رب" lafzı, "اهدنا" fiili, uhrevî nimetler ve "غير" kelimesinin i'rabı gibi başlıkları kapsamaktadır.

Bu çalışmada nitel araştırma yöntemi benimsenmiştir. Araştırmanın temelini İbn Kemal Paşa'nın tefsirinde yer alan Fâtiha sûresi tefsiri oluşturmakta, ilgili pasajlar tespit edilerek Beyzâvî'nin görüşleriyle karşılaştırmalı biçimde analiz edilmektedir. Bu çerçevede dilsel çözümleme yöntemleri birlikte kullanılmış, tespit edilen eleştiriler konu başlıklarına göre tasnif edilerek sistematik bir incelemeye tabi tutulmuştur. Elde edilen veriler doğrultusunda iki müfessir arasındaki yorum farklılıkları, İbn Kemal Paşa'nın Beyzâvî'ye eleştirileri analitik bir yaklaşımla değerlendirilmiştir.

Çalışmanın ortaya koyduğu bir diğer husus, İbn Kemal Paşa'nın Beyzâvî'ye yönelttiği eleştirilerin ağırlıklı olarak dilbilimsel nitelik taşıdığını göstermektedir. İbn Kemal Paşa'nın Beyzâvî'nin te'vile dayalı açıklamalarına karşılık daha çok lafzın zâhirine ve dil kurallarına dayanan bir yorum yöntemi benimsediğini göstermektedir. İbn Kemal Paşa'nın lugat, nahiv ve i'rab ilkelerini merkeze aldığı, hakikî anlamı önceleyiği ve gereksiz gördüğü te'villeri eleştirdiği tespit edilmiştir. Ayrıca kavramları tasnif ederken mahiyet ile şart unsurlarını ayırması, anlam alanlarını sistematik biçimde değerlendirmesi ve rivâyet tercihlerinde seçici davranması, onun analitik ve tutarlı bir yaklaşım sergilediğini ortaya koymaktadır.

Bu çalışma, İbn Kemal Paşa'nın tefsir yönteminin dil merkezli, mantıkî tutarlılığı önceleyen ve metnin iç yapısına dayalı çözümlemeyi esas alan bir karakter taşıdığını göstermektedir. Bu yönüyle İbn Kemal Paşa'nın yaklaşımı eleştirel ve sistematik bir yorum modeli sunmakta, Osmanlı tefsir geleneğinde tefsir literatürünün eleştirel niteliğine dair önemli bir katkı sağlamaktadır.

Anahtar Kelimeler: Tefsir, İbn Kemal Paşa, Beyzâvî, Fâtiha Tefsiri, Eleştiri

ABSTRACT

This study aims to examine the criticisms directed by Ibn Kemal Pasha (d. 940/1534) toward al-Baydawi (d. 685/1286), the author of the tafsir Anwar al-Tanzil wa Asrar al-Ta'wil, within the context of his commentary on Surat al-Fatiha, and through these criticisms, to reveal his exegetical method. In this framework, the study seeks to identify the methodological differences between the two exegetes.

The research is limited to the evaluations concerning Surat al-Fatiha found in Ibn Kemal Pasha's work, which became famous as Tafsir of Ibn Kemal Pasha. The analysis focuses on specific issues, including whether the basmala is considered a verse, the origin of the word "Allah," the distinction between praise and commendation, the concept of gratitude, the relationship between the verbal noun and the verb, the term "Lord," the verb "guide us," otherworldly blessings, and the grammatical analysis of the word "ghayr."

This study adopts a qualitative research method. The foundation of the research consists of Ibn Kemal Pasha's commentary on Surat al-Fatiha in his tafsir; the relevant passages are identified and comparatively analyzed alongside al-Baydawi's views. Within this framework, methods of linguistic analysis are employed together, and the identified criticisms are classified according to thematic headings and subjected to a systematic examination. In light of the obtained data, the interpretive differences between the two exegetes and Ibn Kemal Pasha's criticisms of al-Baydawi are evaluated through an analytical approach.

Another important finding of the study is that Ibn Kemal Pasha's criticisms of al-Baydawi are predominantly linguistic in nature. It has been observed that, in contrast to al-Baydawi's interpretations based on interpretive explanation, Ibn Kemal Pasha adopts an exegetical method grounded more in the apparent meaning of the text and the rules of language. It has been determined that he places lexicography, syntax, and grammatical analysis at the center of his interpretation, prioritizes literal meaning, and criticizes interpretations that he considers unnecessary. Furthermore, his distinction between essence and conditional elements while classifying concepts, his systematic evaluation of semantic fields, and his selective attitude in preferring narrations demonstrate that he follows an analytical and consistent approach.

This study demonstrates that Ibn Kemal Pasha's exegetical method is characterized by a language-centered approach, prioritizing logical consistency and based on the internal structure of the text. In this respect, Ibn Kemal Pasha's approach presents a critical and systematic model of interpretation and makes a significant contribution to understanding the critical nature of tafsir literature within the Ottoman exegetical tradition.

Keywords: Tafsīr, Ibn Kemal Pasha, al-Bayḍāwī, Exegesis of al-Fātiḥa, Critique

GİRİŞ

Osmanlı ilim geleneğinde tefsir literatürünün, eleştirel değerlendirmeyi de içeren dinamik bir yapıya sahip olduğu görülmektedir. Bu bağlamda İbn Kemal Paşa hem ilmî birikimi hem de çok yönlü telif faaliyetleriyle söz konusu geleneğin dikkat çeken isimlerinden biri olmuştur. Fıkıh, kelâm, tarih ve dil ilimlerinde derinleşmiş olan İbn Kemal Paşa, tefsir alanında da özgün bir konum edinmiştir.[1]

[1] Mustafa Kılıç, *İbn-i Kemâl Hayatı, Tefsire Dair Eserleri ve Tefsirindeki Metodu (873/1468-69) Ö. (940/1534)* (Erzurum: Atatürk Üniversitesi İslami İlimler Fakültesi, Doktora Tezi, 1981), 39-41, 293-294, 269; Ömer Nasuhi Bilmen, *Büyük Tefsir Tarihi: Tabakatü'l-Müfessirin* (İstanbul: Ravza, ts.), 2/636-637.

İbn Kemal Paşa'nın bu eleştirel katkıları, *İbn Kemal Paşa Tefsiri* ismiyle şöhret bulmuş eserinde Beyzâvî'ye yönelik değerlendirmelerde de somutlaşmaktadır. Bu çerçevede onun, Fâtiha sûresi bağlamında ortaya koyduğu analizler, klasik tefsir mirasına yönelik sistematik ve yer yer eleştirel bir yaklaşımı yansıtmaktadır. İbn Kemal Paşa'nın tefsiri temel tefsir işlevinin yanı sıra önceki müfessirlerin görüşlerini tartışmaya açan, onları dil, mantık ve usûl ilkeleri çerçevesinde yeniden değerlendiren bir nitelik taşımaktadır. İbn Kemal Paşa'nın tefsirinde Beyzâvî'ye yönelttiği eleştiriler üzerine yapılan çalışmalarda, onun tefsir yöntemi ve tenkit anlayışı genellikle sınırlı bir çerçevede ele alınmıştır.[2]

Besmelenin Fatiha'dan Bir Âyet Olup Olmadığı Hususunda

İbn Kemal Paşa'nın Fâtiha sûresi tefsirinde Beyzâvî'ye yönelttiği ilk eleştiri, ulûmü'l-Kur'ân'da "addü'l-ây"[3] başlığı altında incelenen, besmelenin Fâtiha sûresinin bir âyeti sayılıp sayılmayacağı meselesi etrafında şekillenmektedir. Beyzâvî'ye göre besmele, Fâtiha sûresinin ve diğer sûrelerin başında yer alan bir âyettir. Ona göre bu görüş, Mekke ve Kûfe kurrâsı ile fakihlerinin yanı sıra Abdullah b. Mübarek (ö. 181/797) ve İmam Şâfiî (ö. 204/820) tarafından da benimsenmiştir. Buna karşılık Medine, Basra ve Şam kurrâsı ile fakihleri; ayrıca Mâlik (ö. 179/795) ve Evzâî (ö. 157/774) besmelenin ne Fâtiha sûresinden ne de diğer sûrelerden bir âyet olduğu görüşünü savunmuşlardır. Beyzâvî'ye göre, Ebû Hanîfe'nin (ö. 150/767) bu meseleye dair açık bir görüşünün olmaması sebebiyle, onun besmelenin Fâtiha ve diğer sûrelerden bir âyet olmadığı kanaatinde bulunduğu kabul edilmektedir. Beyzâvî, ardından besmelenin her sûreden bir âyet olduğu görüşünü destekleyen delilleri zikretmektedir.[4]

Bu delillerden ilki, kendisine yöneltilen bir soru üzerine Muhammed b. Hasan'ın verdiği "Mushaf'ın iki kapağı arasında yer alan her şey Allah Teâlâ'nın kelâmıdır." şeklindeki cevaptır. Beyzâvî, bu delilin yanı sıra, besmelenin sûrelerden bir âyet olduğunu destekleyen çok sayıda hadisin bulunduğunu da zikretmektedir. Bu rivâyetlerden biri, Ebû Hüreyre'den (ö. 58/678) nakledilen "Fâtiha yedi âyettir. Bunların ilki 'Bismillâhirrahmânirrahîmdir." hadisidir.[5] Yine Ümmü Seleme'den (ö. 62/681) rivâyet edildiğine göre Resûlullah (s.a.s.) Fâtiha sûresini okumuş ve 'Bismillâhirrahmânirrahîm. Elhamdülillâhi rabbi'l-âlemîn' kısmını bir âyet olarak saymıştır.[6] Beyzâvî'ye göre söz konusu iki rivâyet, besmelenin müstakil bir âyet olarak mı kabul edileceği, yoksa kendisinden sonraki âyetle birlikte mi bir âyet sayılacağı meselesinde ihtilafın ortaya çıkmasına sebep olmuştur. Beyzâvî, bu rivâyetlerin yanı sıra mushafın iki kapağı arasında yer alanların Kur'ân'dan olduğuna dair icmâ bulunduğunu belirtmekte, bu bağlamda "âmin" lafzının Kur'ân'ın tecrîdi sırasında mushafa yazılmamasına rağmen besmelenin mushaflarda yer almaya devam etmesini, onun Fâtiha sûresinin bir âyeti olduğuna delil olarak ileri sürmektedir.[7]

---

[2] Bu konuda bk. Şükrü Maden, "Beyzâvî'ye Eleştirileri Bağlamında Kemalpaşazâde'nin Bazı Tefsir İlkeleri", *Kemalpaşazâde: Felsefe-Din-Edebiyat Araştırmaları*, 2022, 2/319-329.

[3] Ebü'l-Fazl Celaleddin Abdurrahman b. Ebi Bekr Süyûtî, *el-İtkân fî ʿulûmi'l-Kurʾân*, thk. Muhammed Ebü'l-Fazl İbrâhim (Kahire: el-Heyetül-Mısriyye, 1974), 1/184-185.

[4] Ebû Saîd Nâsırüddîn Ebû Saîd Abdullah b. Ömer b. Muhammed el-Beyzâvî, *Envârü't-tenzîl ve esrârü't-teʾvîl* (Beyrut: Dâru Sâdır, 2001), 1/11.

[5] Ebü'l-Kâsım Müsnidü'd-Dünyâ Süleymân b Ahmed b Eyyûb Taberânî, *el-Muʻcemü'l-evsat*, thk. Târık b. Ivadullah - Abdulmuhsin b. İbrahim (Kahire: Darul Harameyn, 1995), 5/208; Dârekutnî bu rivayetin mevkuf olarak Ebu Hüreyre'nin sözü olabileceğini belirtmektedir. Bk. Ebü'l-Hasan Ali b. Ömer b. Ahmed Dârekutnî, *İlelü'l-vâride fi'l-ehâdîsi'n-nebeviyye*, thk. Mahfûzürrahman Zeynullah es-Silefî - Muhammed b. Salih b. Muhammed ed-Debbâsî (Riyâd -Demmâm: Dârü't-Taybe - Dâr İbnü'l-Cevzî, 1985), 8/148-149.

[6] Ebû Bekr Muhammed b. İshak b. Huzeyme es-Sülemi İbn Huzeyme, *Sahîhu İbn Huzeyme*, thk. Muhammed Mustafa A'zami (Beyrut: el-Mektebü'l-İslâmî, 1980), 1/248-249; Ebû Bekr Abdullâh b. Muhammed İbrahim el-Absî İbn Ebû Şeybe, *el-Kitâbü'l-Musannef fi'l-ehâdîs ve'l-âsâr*, thk. Kemâl Yûsuf el-Hût (Beyrut: Dârü't-Tac, 1989), 2/256.

[7] Beyzâvî, *Envârü't-tenzîl*, 1/11.

İbn Kemal Paşa ise Beyzâvî'nin tefsirinde yer alan bu açıklamalara üç noktada muhalif görüş beyan etmektedir.

Birincisi: İbn Kemal Paşa'ya göre mushafın iki kapağı arasındakilerin Allah'ın kelamı olduğu hususunda icmâ edildiği ve "âmin" lafzı yazılmayacak kadar Kur'an'ın tecrîdinde titiz davranıldığına dair ittifaka hiçbir delalet yoktur. Zira Ebû Hanîfe'nin de desteklediği bu görüşe göre besmelenin Allah'ın kelamı olması onu Fâtiha sûresinin bir âyeti olmasını gerekli kılmamaktadır.[8]

İkincisi: İbn Kemal Paşa, Ebû Hanîfe'nin namazda Fâtiha sûresini gizli okuduğunu belirterek Beyzâvî'nin değerlendirmesinden farklı bir kanaat ortaya koymaktadır. Buna göre Ebû Hanîfe, "Besmele Kur'an'dan bir âyettir, ancak sûrelerin arasını ayırmak ve sûrelerin başında teberrüken okunmak üzere nâzil olmuştur." görüşündedir.[9]

Üçüncüsü: Beyzâvî, besmelenin Fâtiha sûresinin ilk âyeti olduğuna delil olarak Ebû Hüreyre ve Ümmü Seleme'nin rivâyetlerini zikrederken, İbn Kemal Paşa deliller arasında yalnızca Ebû Hüreyre rivâyetine yer vermiş, Ümmü Seleme rivâyetini ise zikretmemiştir.[10]

Ardından besmelenin Fâtiha sûresinden bir âyet olmadığına dair şu rivâyeti nakletmektedir: "Beşerlerin en hayırlısından şöyle bir haber rivâyet edilmiştir: Başlangıçta 'بِاسْمِكَ اللَّهُمَّ' şeklinde yazılırdı. Daha sonra Hûd sûresindeki "بِسْمِ اللهِ مَجْرٖىٰهَا وَمُرْسٰىهَاۜ"[11] âyetinin nâzil olmasıyla "بِسْمِ اللهِ" yazıldı. İsrâ sûresinde "قُلِ ادْعُوا اللّٰهَ اَوِ ادْعُوا الرَّحْمٰنَۜ"[12] âyetinin nüzûlünün ardından "بسم الله الرحمن" yazılmaya başlandı. Nihayet Neml sûresindeki "اِنَّهٗ مِنْ سُلَيْمٰنَ وَاِنَّهٗ بِسْمِ اللهِ الرَّحْمٰنِ الرَّحِيْمِۙ"[13] âyetinin nâzil olmasıyla "بسم الله الرحمن الرحيم" şeklinde yazıldı."[14]

İbn Kemal Paşa, söz konusu haberi, besmelenin Fâtiha sûresinin ve diğer sûrelerin başında yer alan müstakil bir âyet olmadığına, aksine yalnızca Neml sûresindeki bir âyet olduğuna delil olarak değerlendirmektedir. Buna göre besmele, Kur'an'dan bir lafız olmakla birlikte, her sûrenin başında yer alan bağımsız bir âyet olarak kabul edilmemektedir.[15]

İbn Kemal Paşa, bu görüşünü desteklemek üzere besmelenin müstakil bir âyet kılınmamış olmasını ilâhî bir lütuf olarak da yorumlamaktadır. Ona göre, besmelenin tam bir âyet kabul edilmesi durumunda, cünüp, hayız ve nifas halindeki kimselerin onu telaffuz etmeleri yasaklanmış olacaktı. Bu durumun önüne geçilmesi, besmelenin tam bir âyet olmamasıyla mümkün olmuştur. Nitekim benzer bir hikmet, kelime-i şehadetin Kur'an'da tek bir yerde bir araya getirilmemiş olmasında da görülmektedir. Aksi hâlde, özellikle ölüm anında cünüp veya benzeri bir durumda bulunan kimsenin kelime-i şehadeti telaffuz etmesine engel doğabilecektir.[16] Bu çerçevede İbn Kemal Paşa, besmelenin Fâtiha sûresinin bir âyeti olmadığı yönündeki görüşünü çeşitli delillerle temellendirmekte ve tercihini açık biçimde ortaya koymaktadır.

Bu eleştirilerinde İbn Kemal Paşa'nın, Beyzâvî'nin icmâ iddiasına karşı "Buna delalet eden bir şey yoktur." ifadesi, doğrudan isim zikretmeksizin yöneltilmiş örtük bir reddiye niteliğindedir. Bu durum, onun tenkitlerinde dolaylı bir üslup benimsediğini, ayrıca delilsiz genellemelere

[8] Şemseddin Ahmed İbn Kemal Paşa, *Tefsîru İbn Kemâl Bâşâ*, thk. Mahir Edib Habbûş (İstanbul: Mektebetü'l-İrşâd, 2018), 1/8.
[9] İbn Kemal Paşa, *Tefsîru İbn Kemâl Bâşâ*, 1/8.
[10] İbn Kemal Paşa, *Tefsîru İbn Kemâl Bâşâ*, 1/8-9.
[11] Hûd 11/41.
[12] el-İsrâ 17/110.
[13] en-Neml 27/30.
[14] Bk. Ebü'l-Kâsım Abdülmelik b. Muhammed b. Abdullah b. Bişrân b. Muhammed b. Mihrân el-Bağdâdî İbn Bişrân, *Emâlî İbn Bişrân*, thk. Ebû Abdurrahman Âdil b. Yûsuf el-Azzâzî (Riyad: Dârü'l-Vatan, 1997), 78-79.
[15] İbn Kemal Paşa, *Tefsîru İbn Kemâl Bâşâ*, 1/9.
[16] İbn Kemal Paşa, *Tefsîru İbn Kemâl Bâşâ*, 1/9.

itibar etmediğini göstermektedir. Ebû Hanîfe'nin görüşünü merkeze alarak Beyzâvî'ye itiraz etmesi mezhebî aidiyetin yorumlarına yön veren etkin bir unsur olduğunu ortaya koymaktadır. Nitekim bu görüşü yalnızca nakletmekle kalmayıp delillendirme cihetine de gitmektedir. Öte yandan eleştirisinde Ebû Hüreyre rivâyetini alıp Ümmü Seleme rivâyetini zikretmemesi tesadüfî olmayıp görüşünü destekleyen rivâyetleri tercih ederek kullandığını göstermektedir. Son olarak besmelenin âyet sayılmamasını "ilâhî lütuf" kavramıyla açıklaması tefsirinde hikmet ve maslahat boyutunu da dikkate alan bir yorum anlayışına sahip olduğuna işaret etmektedir.

Allah Lafzının Zât İsmi mi Yoksa Sıfat Kökenli mi Olduğu Hakkında

Beyzâvî'nin de zayıf gördüğü bir görüşe göre -nitekim bunu aktarırken "قيل" lafzını kullanmaktadır- "Allah" lafzı, alem li zâtihi, yani zâta mahsus özel isimdir. Bu sebeple "Allah" lafzı sıfat alabilir. Ancak kendisi başka bir ismin sıfatı olarak kullanılamaz. Zira bir lafzın sıfat olabilmesi, öncelikle kendisine sıfat nispet edilebilecek bir isim olmasını gerektirir. Ayrıca bu ismin başkalarına verilmeye elverişli olmaması gerekir. Bunun yanında, "Allah" lafzı sıfat kökenli kabul edilseydi, "لا إله إلا الله" ifadesi tevhid anlamını tam olarak ifade etmezdi. Nitekim "لا إله إلا الرحمن" ifadesinde de görüldüğü üzere, "Rahmân" kelimesi şirki bütünüyle nefyeden bir hususiyet taşımaz.[17]

Allah lafzının zâta mahsus bir alem olduğu görüşünü delilleriyle veren Beyzâvî bu görüşü benimsememiştir. Hemen ardından: "Vasıf yani sıfat (müştak) olması daha doğrudur." ifadeleriyle tercihini belirtmiştir. Beyzâvî, Allah lafzının özünde sıfat iken, sadece Allah için kullanılması nedeniyle daha sonra Allah'ın alemi (özel ismi) olmasa da "alem gibi" olduğunu belirtmiştir. Allah lafzının türev olarak aslında sıfat olduğunu sonra kullanıma binaen alem gibi kabul edildiğini belirtmektedir ve alem olduğunu kabul etmemektedir. *Süreyya* kelimesinin aslında bir sıfat olduğunu, bu sıfatın yıldıza verildiğini, bu ismin sadece o yıldızda kullanıldıktan sonra başka şeylerde sıfat olarak kullanılmaması ile artık yıldızın özel bir ismi gibi kabul edildiğini örnek olarak getirmektedir.[18] Beyzâvî hiçbir lafzın Allah'ı tam olarak karşılayamayacağını, hakiki olsun ya da olmasın başka bir şeye itibar etmeden Allah'ın zâtının insan aklının alacağı bir şey olmadığını belirtmektedir. Zira Allah lafzı sadece zâta delalet etseydi "*O göklerde ilahtır.*"[19] âyetinin zahiri doğru mana ifade etmezdi.[20]

İbn Kemal Paşa, Beyzâvî'nin kabul ettiği bu yaklaşımı aynı ifadelerle tefsirinde yer vererek itiraz etmektedir. Ona göre zâtın isim koyarken tecrîd edilmesi değil, zâta verilen isimlerde isim konulan zâtın üzerine ziyade edilen mananın tecrit edilmesi (soyutlanması) esastır. Başka bir ifadeyle isim belli bir şeye verilir ve isim verilirken ismin manası çok düşünülmez. Verilen isimlerin anlamlarının lafzın isim olarak verildiği şeyde anlam açısından pek bir önemi yoktur. Beyzâvî'nin "Allah'ın zatı insanlar tarafından akledilemez." görüşü makbul değildir. İbn Kemal Paşa, babanın çocuğu doğmadan, onun zatını bilmeden isim koymasını buna örnek olarak sunar.[21]

Görüldüğü üzere Beyzâvî, kelâmî açıdan yaklaşarak Allah'ın zâtının akılla idrak edilemeyeceğini vurgular ve tenzih merkezli bir tefsir ilkesine dayanır. İbn Kemal Paşa ise bu önermeyi doğrudan reddetmez, fakat onu isim teorisi açısından gereksiz bulur. Ona göre isimlendirme, zâtın mahiyetinin bilinmesine bağlı değildir. İbn Kemal Paşa, bu bağlamda

[17] Beyzâvî, *Envârü't-tenzîl*, 1/12.
[18] Beyzâvî, *Envârü't-tenzîl*, 1/12.
[19] el-En'âm 6/3.
[20] Beyzâvî, *Envârü't-tenzîl*, 1/12.
[21] İbn Kemal Paşa, *Tefsîru İbn Kemâl Bâşâ*, 1/11.

Beyzâvî'nin ismini tasrih etmeksizin, tefsirinden yaptığı iktibasın ardından "عليه يردّ" ibaresiyle muhatabını işaret etmiş ve ilgili görüşü açık bir biçimde eleştirmiştir.

"الله" Lafzının Kökü Hakkında

Beyzâvî "الله" lafzının "ألـه" kökünden türediğini ve "عبد" anlamını taşıdığını belirtir. Diğer görüşleri ise zayıflık ima eden "قيل" ifadesiyle naklederek bu kökü tercih ettiğini gösterir.[22] Bu kullanım, onun metodolojik olarak belirli bir kökü tercih ettiğini ve özellikle "أَلِهَ" kökünü merkeze aldığını göstermektedir.

İbn Kemal Paşa ise daha kuşatıcı bir yaklaşım benimseyerek Beyzâvî'nin zikrettiği tüm iştikak ihtimallerine ve bunlara yüklenen anlamlara yer vermekte; ancak bu ihtimaller arasında herhangi bir tercihte bulunmamaktadır.[23] Bu tutum, İbn Kemal Paşa'nın dilsel ihtimalleri dışlamayan, aksine onları birlikte değerlendiren çoğulcu bir iştikak anlayışına sahip olduğunu ortaya koymaktadır.

Bu bağlamda iki müfessir arasındaki temel ayrım, Beyzâvî'nin görüşler arasında tercih ve derecelendirmeye dayalı hiyerarşik bir yöntem benimsemesine mukabil, İbn Kemal Paşa'nın ihtimalleri eşit düzlemde değerlendiren ve yorum çeşitliliğini muhafaza eden bir yaklaşım sergilemesinde temerküz etmektedir.

"حمد" ve "مدح" Kelimelerinin Eş Anlamlılığı Hakkında

"حمد" ve "مدح" arasında anlam farkı bulan Beyzâvî'ye göre hamd, iradeye bağlı olarak ortaya çıkan bir güzellik veya iyilik dolayısıyla yapılan övgüdür. Nitekim "Zeyd'e ilminden ve cömertliğinden dolayı hamdettim." örneğinde de görüldüğü üzere hamd, kişinin kendi ihtiyarıyla gerçekleştirdiği güzel vasıflara yöneliktir. Buna karşılık medih, mutlak anlamda güzelliğin övülmesini ifade eder. Bu sebeple "Zeyd'i güzelliğinden dolayı methettim" denilebilir.[24]

İbn Kemal Paşa ise hamd ile medihin aynı anlam alanına sahip olduğunu, her ikisinin de güzeli övme anlamına geldiğini ifade etmektedir. Beyzâvî'nin de benimsediği, hamdın yalnızca الجميل الاختياري yani "iradî olarak gerçekleştirilen iyilik ve güzellik" için kullanılacağı görüşünü kabul etmez. Bu görüşe karşı şu beyti delil olarak zikreder:

عِنْدَ الصَّبَاحِ يَحْمَدُ الْقَوْمُ السُّرَى

"Sabah olduğunda kavim gece yolculuğunu över."[25]

Bu örnekte hamdin geceye veya gece yolculuğuna nispet edildiği görülmektedir. Oysa gece, iradesi bulunan bir fail değildir. Dolayısıyla İbn Kemal Paşa'ya göre bu kullanım, hamdin yalnızca iradî fiillerden doğan güzelliklere tahsis edilemeyeceğini göstermektedir. Bu sebeple Beyzâvî'nin söz konusu tahsisini isabetli bulmaz ve bunu bir vehim olarak değerlendirir.[26]

İbn Kemal Paşa, hamd ile medih arasında fark bulunmadığı görüşünü başka bir delille de temellendirir. Ona göre şükrün zıddı küfrân/nimeti inkâr etmektir. Hamdın zıddı ise zem/yermedir. Zem aynı zamanda medhin de zıddıdır. Cevherî'den (ö. 400/1009'dan önce) nakledilen bu bilgiler, hamd ve medih kelimelerinin zıtlık ilişkileri bakımından aynı düzlemde

[22] Beyzâvî, *Envârü't-tenzîl*, 1/12.
[23] İbn Kemal Paşa, *Tefsîru İbn Kemâl Bâşâ*, 1/13.
[24] Beyzâvî, *Envârü't-tenzîl*, 1/13.
[25] el-Kasım b. Sellâm b. Miskîn el-Herevî Ebû Ubeyd, *Kitâbü'l-Emsâl*, thk. Abdülmecîd Katâmiş (Dımaşk: Dârü'l-Me'mûn li't-Türâs, 1980), 170.
[26] İbn Kemal Paşa, *Tefsîru İbn Kemâl Bâşâ*, 1/15-16.

yer aldığını göstermekte, buradan hareketle iki lafzın müteradif olduğu sonucuna ulaşılmaktadır.[27]

Bu örnek, iki müfessirin dil ve tefsir yöntemleri arasındaki farkı açıkça yansıtmaktadır. Beyzâvî, kavramları tahdit ve tasnif ederek "hamd"ı "الجميل الاختياري" ile sınırlandıran, dolayısıyla semantik ayrımları hiyerarşik biçimde kuran bir yaklaşım sergilemektedir. Buna karşılık İbn Kemal Paşa, dilin fiilî kullanımını esas alarak bu tahsisi reddeder ve şiir ile lugat delilleri üzerinden "hamd" ile "medh"i müteradif kabul eden daha kuşatıcı bir yöntem benimser. Bu örnekte Beyzâvî'de sınırlandırıcı, İbn Kemal Paşa'da ise kapsayıcı bir yorum anlayışının öne çıktığı görülmektedir.

Şükrün Türleri Hakkında

Fâtiha sûresinin başında yer alan "الحمد" lafzı bağlamında ele alınan "الشكر" kavramı, Beyzâvî'ye göre nimete karşılık olarak gerçekleştirilen üç boyutlu bir mukabele biçimini ifade etmektedir. Bu çerçevede şükür; amelî, kavlî ve i'tikâdî olmak üzere üç kısımda gerçekleşir.[28]

İbn Kemal Paşa ise şükrün kapsamını daha dar bir çerçevede ele alarak, onu nimete karşı amelî ve kavlî mukabele ile sınırlandırmaktadır. Ona göre şükür, esas itibarıyla fiil veya söz düzleminde ortaya çıkan bir karşılık verme biçimidir.[29]

Mansûb Masterın Fillinin Hazfı Hakkında

Her iki müfessire göre "الحمدُ لله" ifadesinde "الحمد" lafzı mübteda "لله" ise haberdir. Bununla birlikte, bu yapının aslında hazfedilmiş bir fiile dayanan bir mastar terkibinden dönüştüğü kabul edilmektedir. Buna göre "الحمد" kelimesi, aslında mahzuf bir fiilin mef'ûlü olarak mansûb konumda bulunmakta iken, merfû hâle getirilerek isim cümlesi formuna sokulmuştur.[30]

Bu dönüşümün temel gerekçesi anlamla ilgilidir. Zira lafzın mansûb bırakılması durumunda yapı fiil cümlesi hüviyeti kazanacak ve bu da teceddüt ve hudûs (yenilenme ve süreklilik arz etmeme) anlamı ifade edecektir. Buna karşılık isim cümlesi formuna aktarılması, sebat ve devamlılık anlamını ön plana çıkarmaktadır.[31]

Mansûb kullanım esas alındığında, masterın bağlı olduğu fiilin hazfedildiği kabul edilir. Ancak bu fiilin mastarla birlikte kullanılıp kullanılamayacağı hususunda iki müfessir arasında yaklaşım farkı bulunmaktadır. Beyzâvî'ye göre bu fiil, mansûb mastarıyla birlikte nadiren kullanılır. Dolayısıyla kullanımın imkânı tamamen dışlanmamaktadır.[32] Buna karşılık İbn Kemal, daha kesin bir ifade ile söz konusu fiilin mastarıyla birlikte kullanılmasının mümkün olmadığını belirtmektedir.[33]

Bu bağlamda Beyzâvî ihtiyatlı ve ihtimalli bir dil kullanırken, İbn Kemal Paşa'nın meseleyi daha katı ve kesin hükümlerle ele aldığı görülmektedir. Bu farklılık, iki müfessirin dilsel kullanım imkânlarına yaklaşımındaki metodolojik ayrımı yansıtmaktadır.

"رب" Kelimesinin Kökeni ve Anlam Alanı Hakkında

Beyzâvî'ye göre "رب" kelimesi, aslında "terbiye etmek" anlamını ifade eden bir mastardır. Terbiye, bir varlığı aşamalı biçimde kemale erdirmek anlamına gelir. Bu mastar, daha sonra

[27] İbn Kemal Paşa, *Tefsîru İbn Kemâl Bâşâ*, 1/16-17.
[28] Beyzâvî, *Envârü't-tenzîl*, 1/13.
[29] İbn Kemal Paşa, *Tefsîru İbn Kemâl Bâşâ*, 1/16.
[30] Beyzâvî, *Envârü't-tenzîl*, 1/13; İbn Kemal Paşa, *Tefsîru İbn Kemâl Bâşâ*, 1/17.
[31] es-Seyyid Ahmed el-Hâşimî, *Cevâhiru'l-belâğa fi'l-me'ânî ve'l-beyân ve'l-bedî'* (Beyrut: Dârü'l-Fikr, 2003), 59-60.
[32] Beyzâvî, *Envârü't-tenzîl*, 1/13.
[33] İbn Kemal Paşa, *Tefsîru İbn Kemâl Bâşâ*, 1/17-18.

mübalağa ifade etmek üzere sıfatlaşarak sıfat-ı müşebbehe formuna dönüşmüştür. Beyzâvî bu durumu, masdarın sıfat anlamı kazanmasına örnek olarak "صوم" ve "عدل" gibi lafızlarla temellendirmektedir.[34]

Beyzâvî'nin aktardığı diğer görüş ise zayıf kabul edilmekte olup, bunu ifade ederken "قيل" lafzını kullanmaktadır. Bu görüşe göre "رب" kelimesi mastar değil, doğrudan "ربه" fiilinden türemiş bir sıfattır. Ardından bu sıfat, anlam genişlemesi yoluyla "mâlik" manasında kullanılmaya başlanmıştır.[35]

İbn Kemal Paşa ise "رب" lafzını tek bir köken veya anlamla sınırlandırmak yerine, onun geniş bir anlam alanına sahip olduğunu belirtmektedir. Buna göre bu lafız; mürebbî, muslih, seyyid (efendi), mâlik, hâlik ve ma'bûd gibi farklı anlamları ihtiva edebilmektedir. İbn Kemal Paşa'ya göre bu anlamlardan herhangi birinin murad edilmiş olması mümkündür ve bağlama göre tercih edilebilir.[36]

Bu çerçevede İbn Kemal Paşa, "رب" kelimesini yalnızca "mâlik" anlamına tahsis eden veya diğer anlamlardan birini tek başına esas alan yaklaşımlara karşı, lafzın çok anlamlı yapısının dikkate alınmasının yeterli olacağını ifade etmektedir. Bu yaklaşım, İbn Kemal Paşa'nın lafzı bağlam içerisinde çok yönlü değerlendiren daha kuşatıcı bir yorum yöntemi benimsediğini göstermektedir.

"رب" Kelimesinin Allah Dışında Kullanımının Şer'î Hükmü Hakkında

Beyzâvî'ye göre Rabb kelimesi, Allah dışındaki varlıklar için yalnızca mukayyed (muzâf) olarak kullanılır. Bu görüşünü temellendirmek üzere Yûsuf sûresinde "ارْجِعْ اِلٰى رَبِّكَ" "*Rabbine dön.*"[37] ifadesinde geçen "رَبِّكَ" lafzının muzâf kullanımını delil olarak zikretmektedir. Buna göre "رَبّ" lafzının başkasına izafe edilerek kullanılması, şer'an caiz kabul edilmektedir.[38]

İbn Kemal Paşa ise bu meselede daha sınırlayıcı bir yaklaşım benimsemekte ve "رب" kelimesinin Allah dışındaki varlıklar hakkında ne mutlak ne de mukayyed (muzâf) şekilde kullanılmasının şer'an caiz olmadığını ileri sürmektedir. Bu görüşünü desteklemek üzere, Ebû Hüreyre'den rivâyet edilen şu merfû hadisi delil olarak nakletmektedir: *"*Hiç kimse 'rabbine yemek yedir, rabbine a rabbine su ver' demesin; kimse 'rabbim' demesin, 'efendim' desin."[39]

İbn Kemal Paşa Yûsuf sûresinde geçen "*Rabbine dön.*"[40] ve "*O benim rabbimdir*."[41] ifadelerindeki "rab" lafzının Allah dışındaki varlıklar için kullanılmasını ise farklı bir şekilde açıklamaktadır. Ona göre bu kullanım, Allah'ın söz konusu ifadeleri hikâye etmesi bağlamında değerlendirilmelidir. Ayrıca Hz. Yûsuf'un Arapça dışında İbranice konuştuğu dikkate alındığında, bu tür lafızların doğrudan şer'î bir delil olarak alınmasının isabetli olmayacağı belirtmektedir. İbn Kemal Paşa söz konusu kullanımların, ilgili dönemin dilsel ve kültürel şartlarına özgü olduğunu ve bu sebeple genelleyici bir hükme esas teşkil etmeyeceğini ifade etmektedir. Nitekim bu bağlamdaki kullanımların, Yûsuf sûresi 100. âyetinde yer alan " خَرُّوا سُجَّدًا" ifadesiyle birlikte değerlendirilmesi gerektiğini de vurgulamaktadır.[42]

---

[34] Beyzâvî, *Envârü't-tenzîl*, 1/14.
[35] Beyzâvî, *Envârü't-tenzîl*, 1/14.
[36] İbn Kemal Paşa, *Tefsîru İbn Kemâl Bâşâ*, 1/84.
[37] Yûsuf 12/50.
[38] Beyzâvî, *Envârü't-tenzîl*, 1/14.
[39] Ebû Abdillah Muhammed b. İsmâîl b. İbrahim Cu'fî Buhârî, *Sahîhü'l-İmâmi'l-Buhârî*, nşr. Muhammed Züheyr b. Nâsır (Beyrut: Dâru Tavki'n-Necât, 1422), "Itk", 17 (No. 2552).
[40] Yûsuf 12/50.
[41] Yûsuf 12/50.
[42] İbn Kemal Paşa, *Tefsîru İbn Kemâl Bâşâ*, 1/19.

Öte yandan İbn Kemal Paşa şer‘î açıdan caiz görmediği bu kullanımın lugavî düzlemde mümkün olduğunu kabul etmektedir. Bu doğrultuda, Cahiliye dönemi şiirinde “**رب**” lafzının Allah dışındaki varlıklar için kullanıldığına dair örnekler zikretmektedir.[43]

Sonuç olarak İbn Kemal Paşa bu eleştirisinde “**رب**” kelimesinin Allah dışındakiler için kullanımını şer‘an reddetmekte; Beyzâvî’nin Yûsuf sûresine dayandırdığı delili ise bağlamsal bir kullanım olarak değerlendirerek bu yaklaşımı eleştirmektedir. Bu durum, iki müfessirin lafızların şer‘î ve lugavî kullanımları arasındaki ilişkiye dair farklı metodolojik yaklaşımlarını açık biçimde ortaya koymaktadır.

“اِهْدِنَا” Fiilinin Anlamı Hakkında

Beyzâvî’ye göre Fâtiha sûresinde geçen “اِهْدِنَا”[44] ifadesi, zahiren hidayete ermiş bir kimsenin yeniden hidayet talebinde bulunması gibi görünmekle birlikte, bu durum farklı şekillerde yorumlanabilir. Buna göre söz konusu talep:

1. Hidayetin artırılması yönünde bir talep olabilir,

2. Hidayet üzere sebat etme isteğini ifade edebilir,

3. Yahut hidayetin derecelerinde yükselme arzusunu dile getirebilir.[45]

Beyzâvî, bu ihtimaller arasında kesin bir tercihte bulunmayarak, lafzın bu anlamların tamamını kapsayabilecek bir genişliğe sahip olduğunu ima etmektedir. İbn Kemal Paşa ise bu ifadeyi daha belirgin bir anlam çerçevesine yerleştirerek, “اِهْدِنَا” lafzından muradın esasen “ثَبِّتْنَا”[46] “*Bizi sabit kıl.*” olduğunu ileri sürmektedir. Bu görüşünü desteklemek üzere, Hz. Ali (ö. 60/680) ve Übey b. Kâ‘b’a (ö. 33/654) nispet edilen “tefsîrî kıraat” rivâyetlerine atıfta bulunur.[47]

Bununla birlikte İbn Kemal, burada kastedilen sebatın statik bir süreklilik olmadığını özellikle vurgular. Ona göre bu talep, yalnızca mevcut hidayetin korunmasını değil, aynı zamanda “her an yenilenen” (تَجَدُّد) ve süreklilik arz eden bir istikrarı ifade eder. Bu çerçevede “اِهْدِنَا” “Bizi hidayet üzere sabit kıl ve her vakit hidayetimizi artır.” şeklinde dinamik bir anlam taşımaktadır.[48]

Görüldüğü üzere Beyzâvî, lafzın çok anlamlı yapısını koruyarak ihtimalleri açık bırakırken İbn Kemal Paia sebat anlamını merkeze almakla birlikte bu sebatı süreklilik içinde yenilenen bir hidayet hali olarak yorumlayarak daha belirgin ve yorumlayıcı bir yaklaşım ortaya koymaktadır.

Uhrevî Nimetlerin Kapsamı Hakkında

Beyzâvî, Fâtiha sûresininde geçen “أَنْعَمْتَ” “nimet verdiklerinin”[49] lafzını açıklarken, nimetleri dünyevî ve uhrevî olmak üzere iki ana kategoriye ayırmaktadır. Ona göre uhrevî nimetler; müminlerin günahlarının Allah tarafından bağışlanması, O’nun rızasına mazhar olmaları ve İlliyyîn ile Mukarrabîn melekleri arasında en yüce derecelere yerleştirilmeleri gibi hususları kapsamaktadır.[50] Bu yaklaşımda uhrevî nimet, esas itibarıyla müminlere mahsus bir lütuf olarak tasavvur edilmektedir.

---

[43] İbn Kemal Paşa, *Tefsîru İbn Kemâl Bâşâ*, 1/19.
[44] el-Fâtiha 1/6.
[45] Beyzâvî, *Envârü’t-tenzîl*, 1/16.
[46] Bk. Muhammed b. Yûsuf b. Alî b. Yûsuf b. Hayyân el-Endelüsî Ebû Hayyân, *el-Bahrü’l-muhît*, thk. Abdullah Abdulmuhsin Türki (Merkezu Hecr li’l-Buhus ve’d-Dirasati’l-Arabiyye ve’l-İslamiyye, 2015), 1/129.
[47] İbn Kemal Paşa, *Tefsîru İbn Kemâl Bâşâ*, 1/24.
[48] İbn Kemal Paşa, *Tefsîru İbn Kemâl Bâşâ*, 1/24.
[49] el-Fâtiha 1/7.
[50] Beyzâvî, *Envârü’t-tenzîl*, 1/17.

İbn Kemal Paşa ise uhrevî nimeti farklı bir tasnife tâbi tutmaktadır. Ona göre uhrevî nimetler iki kısma ayrılır:

1. Nef‘ (fayda) nimeti: Bu tür nimet yalnızca müminlere özgüdür ve onların elde ettiği olumlu karşılıkları ifade eder.

2. Def‘ (zararın uzaklaştırılması) nimeti: Bu ise hem müminleri hem de kâfirleri kapsayan daha genel bir nimettir.

İbn Kemal Paşa'ya göre, Allah'ın müminlerin bazı hatalarını bağışlaması gibi, kâfirleri de hak ettikleri daha şiddetli azapla derhal cezalandırmaması bir tür def‘ nimeti olarak değerlendirilebilir. Zira Allah'ın daha ağır bir cezayı geciktirmesi veya hafifletmesi, bu kimseler hakkında bir yönüyle nimete karşılık gelmektedir.[51]

Görüldüğü üzere Beyzâvî uhrevî nimeti daha dar bir çerçevede, müminlere tahsis edilen olumlu lütuflar olarak ele alırken; İbn Kemal Paşa, uhrevî nimeti fayda sağlama ve zararı bertaraf etme şeklinde ikiye ayırarak kapsamını genişletmekte ve bu bağlamda kâfirlerin de belirli bir açıdan nimete muhatap olabileceğini belirtmektedir. Bu yaklaşım, onun nimet kavramını daha kapsayıcı bir çerçevede değerlendirdiğini göstermektedir.

"غَيْر" Kelimesinin İrabı Hakkında

Beyzâvî'ye göre Fâtihâ sûresinde geçen "غير"[52] kelimesinin i'rabında tercih edilen görüş "bedel" olmasıdır. Sıfat olma ihtimalini zikretmekle birlikte zayıf kabul eden Beyzâvî'ye göre "غير" sıfat olarak değerlendirilecekse ya "mübeyyin" ya da "mukayyid" sıfat konumunda olacaktır. Sıfat kabul edilmesi durumunda bir uyum problemi ortaya çıkacak, "الذين" lafzı marife bir mevsuf olduğundan, onun sıfatı olan "غير" kelimesinin de marife olması gerekecektir. Bu uyumu sağlamak için Beyzâvî iki te'vil ileri sürmektedir:

1. "الذين" lafzının nekra kabul edilmesi ve başındaki "ال" takısının ahdiyye sayılmaması,

2. "غير" kelimesinin izafet yoluyla marife kabul edilmesi.[53]

Beyzâvî'ye göre normal şartlarda "غير" kelimesi izafetle marife olmaz; ancak "tek zıddı olan bir lafza muzaf olduğunda" marifelik kazanabilir. Bu bağlamda "nimet verilenler"in tek zıddının "gazaba uğrayanlar" olduğu kabul edilerek, "غير المغضوب عليهم" terkibinde marifelik sağlanmış olur. Bu durumu, "sükûn olmamasından hareketin anlaşılması" örneğiyle temellendirmektedir.[54]

İbn Kemal Paşa ise bu yaklaşımı çeşitli yönlerden eleştirmektedir. Öncelikle "غير" kelimesinin kullanımını üçlü bir tasnife tâbi tutar:

Birincisi: Nekra olarak kullanımı: Sırf olumsuzlama ifade ettiğinde. "مَرَرَتُ بِرَجُلٍ غَيْرِ زَيْدٍ" (Zeyd dışında bir adama uğradım.) örneğinde olduğu gibi.

İkincisi: Sadece marife konumda olmasıdır. Bu da sadece tek zıttı olan kelimeye muzafun ileyh olması iledir. ""مَرَرْتُ بِغَيْرِكَ" (Senden başkasına uğradım). Yani "Senin malum bir zıttına uğradım." anlamına gelmektedir.

Üçüncüsü: Hem marife hem nekra olabilen kullanımı: "مَرَرْتُ بِرَجُلٍ كَرِيمٍ غَيْرِ لَئِيمٍ" ve "بِالرَّجُلِ مَرَرْتُ الْكَرِيمِ غَيْرِ اللَّئِيمِ" örneklerinde olduğu gibi.[55]

[51] İbn Kemal Paşa, *Tefsîru İbn Kemâl Bâşâ*, 1/26-27.
[52] el-Fâtiha 1/7.
[53] Beyzâvî, *Envârü't-tenzîl*, 1/17.
[54] Beyzâvî, *Envârü't-tenzîl*, 1/17.
[55] İbn Kemal Paşa, *Tefsîru İbn Kemâl Bâşâ*, 1/16-17.

Bu çerçevede İbn Kemal Paşa, "غير" kelimesinin marife olamayacağını ileri süren görüşleri reddeder ve tek zıddına muzaf olması hâlinde zaten "hakiki anlamda marife" olduğunu, dolayısıyla te'vile ihtiyaç bulunmadığını savunur.

Görüldüğü üzere İbn Kemal Paşa'nın te'vile başvurmadan önce lafzın zâhirini esas alma eğilimi kendisini göstermektedir. Nitekim Beyzâvî'nin sıfat-mevsuf uyumunu sağlamak için başvurduğu te'villeri gereksiz görmüş ve lafzın dil kuralları çerçevesinde doğrudan çözülebileceğini savunmuştur. Bu yaklaşım, onun tefsirde i'rab ve nahiv kurallarını önceliklendiren, zâhir merkezli bir metodoloji benimsediğini göstermektedir. Buna bağlı olarak İbn Kemal Paşa'nın bir diğer önemli ilkesi, hakikî anlamı mecazî veya te'vilî anlamlara tercih etmesidir. "غير" kelimesinin tek zıddına izafeti durumunda marifeliğin zaten hakikî olarak gerçekleştiğini ileri sürmesi ve bu nedenle te'vile ihtiyaç olmadığını vurgulaması, bu ilkenin açık bir yansımasıdır.

Bunun yanında İbn Kemal Paşa, Beyzâvî'nin "مغضوب" lafzını "منعم عليهم"ın tek zıddı olarak kabul etmesine de itiraz eder. Ona göre:

1. Bu iki ifade arasında mutlak bir "tek zıtlık" ilişkisi kurulamaz. Başka bir ifadeyle "مَغْضُوب" kelimesinin tek zıttı "مُنْعَم عَلَيْهِم" değildir.

2. Eğer gerçekten tek zıddına izafet söz konusu olsaydı, marifelik zaten doğrudan gerçekleşir ve te'vile gerek kalmazdı. İbn Kemal Paşa devamında "İddia eden (الزَّاعم) burada zanna düşmüştür." ifadesiyle Beyzâvî'ye işaret etmektedir.

3. Eğer hakiki anlamda marife olmadığını, teville marife olduğunu söylersek o zaman sıfat olmaz. Zira sıfatla sağlaması gereken zahiri mutabakatı sağlamamış olur.

Bu eleştiride de görüldüğü üzere İbn Kemal Paşa'nın, Beyzâvî'nin "tek zıtlık" varsayımını reddetmesi, onun anlam ilişkilerini dikkatli ve sınırlı bir şekilde ele aldığını göstermekte ve tefsirinde mantıkî tutarlılığı ve dilsel doğruluğu önceleyen bir yaklaşım benimsediğini ortaya koymaktadır. İbn Kemal Paşa'nın "الزاعم" ifadesiyle muhatabını ima yoluyla eleştirmesi, onun ilmî tartışmalarda yer yer kesin ve açık bir tavır ortaya koyduğunu göstermektedir.

Son olarak İbn Kemal, Beyzâvî'nin tercih ettiği bedel i'rabını da eleştirerek, "غير" kelimesinin aslî vaz'ının sıfat olduğunu ve sıfatla bedel yapılmasını zayıf bir tercih olduğunu ifade etmektedir.[56]

Bu meselede İbn Kemal Paşa'nın Beyzâvî'ye yönelttiği itirazlar şu şekilde özetlenebilir:

1. Beyzâvî "غير" kelimesinin tek zıddına muzaf olması durumunda ancak te'vil yoluyla marife kabul edilebileceğini belirtmektedir. İbn Kemal Paşa ise bu yaklaşımı reddederek, böyle bir durumda lafzın hakikî anlamda marife olduğunu ve herhangi bir te'vile ihtiyaç bulunmadığını savunmaktadır.

2. Beyzâvî, "غير" kelimesinin tek zıddı olan lafza, yani "مغضوب" kelimesine izafet edildiğini ve bu lafzın da "منعم عليهم" ifadesinin zıddı olduğunu ileri sürmekte; bu durumu "sükûn olmamasından hareketin anlaşılması" şeklinde açıklamaktadır. İbn Kemal Paşa ise bu iddiayı reddederek, "مغضوب" lafzının "منعم عليهم" ifadesinin tek ve zorunlu zıddı olmadığını, dolayısıyla bu temellendirmenin dilsel açıdan isabetli kabul edilemeyeceğini belirtmektedir.

3. Beyzâvî, "غير" kelimesinin i'rabını bedel olarak değerlendirmekte ve bu görüşü tercih etmektedir. Buna karşılık İbn Kemal, bu i'rabı isabetli bulmayarak, lafzın aslî vaz'ına uygun olarak sıfat kabul edilmesi gerektiğini ileri sürmektedir.

[56] İbn Kemal Paşa, *Tefsîru İbn Kemâl Bâşâ*, 1/29.

Görüldüğü üzere İbn Kemal Paşa'nın bu örnekteki yaklaşımı genel olarak lafzın vaz'ına (asıl konuluşuna) bağlılık, nahiv ve i'rab esaslı çözümleme, te'vilden zorunluluk olmaması dışında kaçınma ve hakikî anlamı önceleme ilkeleri etrafında şekillenmektedir. Bu yönüyle onun tefsir yöntemi, dil merkezli ve analitik bir karakter arz etmekte; anlamı mümkün olduğunca metnin kendi iç yapısı ve dil kuralları üzerinden temellendirmeye dayanmaktadır.

SONUÇ

İbn Kemal Paşa'nın Fâtiha sûresi tefsiri bağlamında Beyzâvî'ye yönelttiği eleştiriler, genel olarak dilbilimsel (nahiv, i'rab, lugat ve iştikak) eksende yoğunlaşmaktadır. Bu durum, onun tefsir yönteminde dil ilimlerini merkezî bir konuma yerleştirdiğini göstermektedir. Yorumlarında çoğunlukla lafzın zâhirini esas alan İbn Kemal Paşa, gereksiz gördüğü te'villerden kaçınarak metnin anlamını doğrudan dil kuralları çerçevesinde temellendirmeye çalışmaktadır.

Beyzâvî'nin görüşlerine karşı geliştirdiği eleştirilerde İbn Kemal Paşa, delile dayalı ve sistematik bir yöntem benimsemekte; özellikle genelleyici ve temellendirilmemiş kabulleri reddetmektedir. İbn Kemal Paşa'nın eleştirilerinde dikkat çeken önemli bir husus, dilsel ihtimalleri dışlamayan fakat bunlar arasında çoğu zaman tercihte bulunmayan veya bağlama göre değerlendiren esnek bir yaklaşım sergilemesidir. Bu durum, onun yer yer çoğulcu bir dil anlayışına sahip olduğunu ortaya koymaktadır.

Rivâyetler konusunda seçici davranması, görüşünü destekleyen rivâyetleri öne çıkarırken diğerlerini zikretmemesi, onun bilinçli bir tercih metodolojisi izlediğini göstermektedir. İbn Kemal Paşa'nın bazı meselelerde mezhebî aidiyetini merkeze aldığı, özellikle Ebû Hanîfe'nin görüşlerini esas alarak değerlendirmelerde bulunduğu görülmektedir. Bu durum, tefsir yorumlarında fıkhî arka planın etkisini ortaya koymaktadır. Kavramları analiz ederken mahiyet ile şart unsurlarını ayırması, anlam alanlarını sistematik biçimde tasnif etmesi ve mantıkî tutarlılığı gözetmesi, onun metodolojik olarak güçlü bir teorik çerçeveye sahip olduğunu göstermektedir.

Beyzâvî'ye yönelttiği eleştirilerde çoğunlukla doğrudan isim zikretmemesi, buna karşılık "يردّ عليه" veya benzeri ifadelerle dolaylı bir tenkit üslubu benimsemesi, onun ilmî tartışma adabına uygun hareket ettiğini göstermektedir. Bununla birlikte bazı meselelerde açık ve kesin ifadeler kullanarak muhatabını doğrudan hedef alması, gerektiğinde eleştirisini net biçimde ortaya koymaktan kaçınmadığını göstermektedir. İbn Kemal Paşa'nın tefsirinde hikmet ve maslahat boyutunu da dikkate alması, onun yorumlarının yalnızca dilsel değil, aynı zamanda anlamın pratik ve fonksiyonel yönlerini de kapsadığını ortaya koymaktadır.

Sonuç olarak İbn Kemal Paşa'nın tefsir yöntemi; dil merkezli, zâhir esaslı, mantıkî tutarlılığı önceleyen ve eleştirel değerlendirmeyi temel alan bir karakter taşımaktadır. Bu yaklaşım, Osmanlı tefsir geleneğinde eleştirel düşüncenin sürekliliğini göstermesi bakımından önemli bir örnek teşkil etmektedir.

KAYNAKÇA

Beyzâvî, Ebû Saîd Nâsırüddîn Ebû Saîd Abdullah b. Ömer b. Muhammed. *Envârü't-tenzîl ve esrârü't-teʾvîl*. 2 Cilt. Beyrut: Dâru Sâdır, 2001.

Bilmen, Ömer Nasuhi. *Büyük Tefsir Tarihi: Tabakatü'l-Müfessirin*. 2 Cilt. İstanbul: Ravza, ts.

Buhârî, Ebû Abdillah Muhammed b. İsmâîl b. İbrahim Cu'fî. *Sahîhü'l-İmâmi'l-Buhârî*. nşr. Muhammed Züheyr b. Nâsır. 9 Cilt. Beyrut: Dâru Tavki'n-Necât, 1. Basım, 1422.

Dârekutnî, Ebü'l-Hasan Ali b. Ömer b. Ahmed. *İlelü'l-vâride fi'l-ehâdîsi'n-nebeviyye*. thk. Mahfûzürrahman Zeynullah es-Silefî - Muhammed b. Salih b. Muhammed ed-Debbâsî. Riyâd -Demmâm: Dârü't-Taybe - Dâr İbnü'l-Cevzî, 1985.

Ebû Hayyân, Muhammed b. Yûsuf b. Alî b. Yûsuf b. Hayyân el-Endelüsî. *el-Bahrü'l-muhît*. thk. Abdullah Abdulmuhsin Türki. 27 Cilt. Merkezu Hecr li'l-Buhus ve'd-Dirasati'l-Arabiyye ve'l-İslamiyye, 2015.

Ebû Ubeyd, el-Kasım b. Sellâm b. Miskîn el-Herevî. *Kitâbü'l-Emsâl*. thk. Abdülmecîd Katâmiş. Dımaşk: Dârü'l-Me'mûn li't-Türâs, 1980.

Hâşimî, es-Seyyid Ahmed. *Cevâhiru'l-belâğa fi'l-me'ânî ve'l-beyân ve'l-bedî'*. Beyrut: Dârü'l-Fikr, 2003.

İbn Bişrân, Ebü'l-Kâsım Abdülmelik b. Muhammed b. Abdullah b. Bişrân b. Muhammed b. Mihrân el-Bağdâdî. *Emâlî İbn Bişrân*. thk. Ebû Abdurrahman Âdil b. Yûsuf el-Azzâzî. Riyad: Dârü'l-Vatan, 1997.

İbn Ebû Şeybe, Ebû Bekr Abdullâh b. Muhammed İbrahim el-Absî. *el-Kitâbü'l-Musannef fi'l-ehâdîs ve'l-âsâr*. thk. Kemâl Yûsuf el-Hût. 7 Cilt. Beyrut: Dârü't-Tac, 1989.

İbn Huzeyme, Ebû Bekr Muhammed b. İshak b. Huzeyme es-Sülemi. *Sahîhu İbn Huzeyme*. thk. Muhammed Mustafa A'zami. 4 Cilt. Beyrut: el-Mektebü'l-İslâmî, 1980.

İbn Kemal Paşa, Şemseddin Ahmed. *Tefsîru İbn Kemâl Bâşâ*. thk. Mahir Edib Habbûş. 9 Cilt. İstanbul: Mektebetü'l-İrşâd, 2018.

Kılıç, Mustafa. *İbn-i Kemâl Hayatı, Tefsire Dair Eserleri ve Tefsirindeki Metodu (873/1468-69) Ö. (940/1534)*. Erzurum: Atatürk Üniversitesi İslami İlimler Fakültesi, Doktora Tezi, 1981.

Maden, Şükrü. "Beyzâvî'ye Eleştirileri Bağlamında Kemalpaşazâde'nin Bazı Tefsir İlkeleri". *Kemalpaşazâde: Felsefe-Din-Edebiyat Araştırmaları*. 2/319-328, 2022.

Süyûtî, Ebü'l-Fazl Celaleddin Abdurrahman b. Ebi Bekr. *el-İtkân fî ʿulûmi'l-Kurʾân*. thk. Muhammed Ebü'l-Fazl İbrâhim. 4 Cilt. Kahire: el-Heyetül-Mısriyye, 1974.

Taberânî, Ebü'l-Kâsım Müsnidü'd-Dünyâ Süleymân b Ahmed b Eyyûb. *el-Mu'cemü'l-evsat*. thk. Târık b. Ivadullah - Abdulmuhsin b. İbrahim. 10 Cilt. Kahire: Darul Harameyn, 1995.

MACHINE LEARNING-BASED RISK ASSESSMENT MODEL FOR SECURING THE UNITED STATES SEMICONDUCTOR SUPPLY CHAIN

Anik Biswas

College of Graduate and Professional Studies, Trine University, USA

ABSTRACT

The United States semiconductor industry faces unprecedented threats from geopolitical tensions, natural disasters, cyberattacks, and complex global interdependencies. This paper presents a machine learning-based risk assessment model designed to identify, quantify, and mitigate vulnerabilities within the semiconductor supply chain. By leveraging predictive analytics and historical disruption data, the model provides real-time risk scoring and actionable insights for policymakers and industry leaders. The paper begins by outlining the critical importance of semiconductor manufacturing and the unique challenges of its supply chain. It then details the development of a multi-layered machine learning framework that integrates supplier risk profiles, logistics data, cybersecurity indicators, and geopolitical signals. An ensemble approach combining Random Forest, Gradient Boosting, Long Short-Term Memory (LSTM) networks, and Isolation Forest algorithms is employed to deliver both classification and time-series forecasting capabilities. Validation on fifteen years of trade data and two hundred recorded disruption events achieved an F1 score of 0.87 and successfully identified 78% of disruption events at least ten days in advance. The paper concludes with practical implementation strategies, emphasizing the model's role in enhancing national security and economic resilience.

Keywords: semiconductor supply chain, machine learning, risk assessment, predictive analytics, national security, ensemble learning, geopolitical risk, supply chain resilience.

INTRODUCTION

Semiconductors are the foundational technology for modern electronics, powering everything from smartphones and data centers to military systems and critical infrastructure. The United States' reliance on a few concentrated manufacturing regions, particularly East Asia, introduces significant systemic risk. A single disruption in Taiwan, which produces over 60% of the world's advanced chips, could cripple the global economy and compromise national defense (Khan, Mann, & Peterson, 2021). Therefore, securing this supply chain has become a paramount national security priority for the United States.

The complexity of the semiconductor supply chain spans design, raw materials, fabrication, assembly, testing, and logistics. This multi-stage, geographically dispersed structure makes it difficult to assess risks using traditional methods such as static questionnaires, manual audits, and rule-based heuristics. Conventional approaches struggle to incorporate the volume, velocity, and variety of relevant data streams, including real-time geopolitical events, financial filings, satellite imagery, and shipping telemetry. Christopher and Peck (2004) emphasized that resilience in modern supply chains requires both visibility and velocity of information, two attributes that traditional methods cannot adequately deliver in today's environment.

Machine learning offers a powerful tool to integrate diverse data sources and predict disruptions before they occur. Recent work by Ivanov and Dolgui (2020) demonstrates that data-driven models can substantially outperform rule-based systems in detecting cascading risk events. Building on this foundation, the present paper proposes a hybrid machine learning framework specifically tailored to the United States semiconductor supply chain. The objectives of this study are threefold: (1) to characterize the principal risk domains affecting the U.S. semiconductor ecosystem; (2) to design and validate a multi-layer machine learning architecture capable of producing dynamic, node-level risk scores; and (3) to provide policymakers and industry leaders with strategic recommendations for operational deployment.

Risk Landscape of the Semiconductor Ecosystem

To build an effective risk model, it is essential to understand the specific vulnerabilities present at each stage of the semiconductor lifecycle. These risks can be categorized into four primary domains: geopolitical and regulatory risks, operational and logistics risks, technology and obsolescence risks, and financial and supplier health risks.

Geopolitical and Regulatory Risks

Export controls, tariffs, and trade wars directly impact the flow of materials and intellectual property. The CHIPS and Science Act of 2022 and related legislation aim to reshore manufacturing, but implementation takes years and creates transitional uncertainty (Congressional Research Service, 2023). Machine learning models must therefore incorporate real-time policy changes and geopolitical event data to assess shifting risk levels with appropriate temporal sensitivity.

Operational and Logistics Risks

- **Concentration of manufacturing:** Over 90% of advanced logic chips are produced in Taiwan and South Korea, creating a single-region dependency that constitutes the most acute vulnerability in the global ecosystem.
- **Supply of critical materials:** Rare earth elements, neon gas, and specialty chemicals are controlled by a handful of suppliers, often concentrated in regions subject to geopolitical pressure.
- **Logistics bottlenecks:** Shipping lanes, port congestion, and semiconductor-specific equipment shortages create cumulative delays that propagate downstream.
- **Natural disasters:** Earthquakes, floods, and extreme weather events in key regions can halt production for weeks, as evidenced by the 2011 Thailand floods and the 2023 Taiwan earthquake.

Technology and Obsolescence Risks

The rapid pace of innovation means that manufacturing equipment and processes become outdated quickly. A machine learning model must track technology roadmaps, patent filings, and research and development investment to predict which nodes or facilities are at risk of becoming obsolete or uncompetitive. This dimension of risk is particularly acute at the leading edge of process technology, where capital expenditure cycles measured in billions of dollars amplify the consequences of misaligned bets.

Financial and Supplier Health Risks

Supplier bankruptcy, mergers, or financial distress can lead to sudden capacity loss. Key indicators include debt levels, profit margins, and order backlogs. The machine learning model

should ingest financial statements and credit ratings to provide a financial health score for each critical supplier, enabling early warning of cascading failures.

METHODOLOGY

The proposed model uses a hybrid approach, combining supervised learning for quantitative risk scoring with unsupervised learning for anomaly detection. The architecture consists of four interconnected layers: a data ingestion and feature engineering layer, a risk prediction engine, a scoring and aggregation layer, and a visualization and decision-support interface. Each layer is designed to be modular so that components may be upgraded as new algorithms or data sources become available. The end-to-end framework is illustrated in Figure 1.

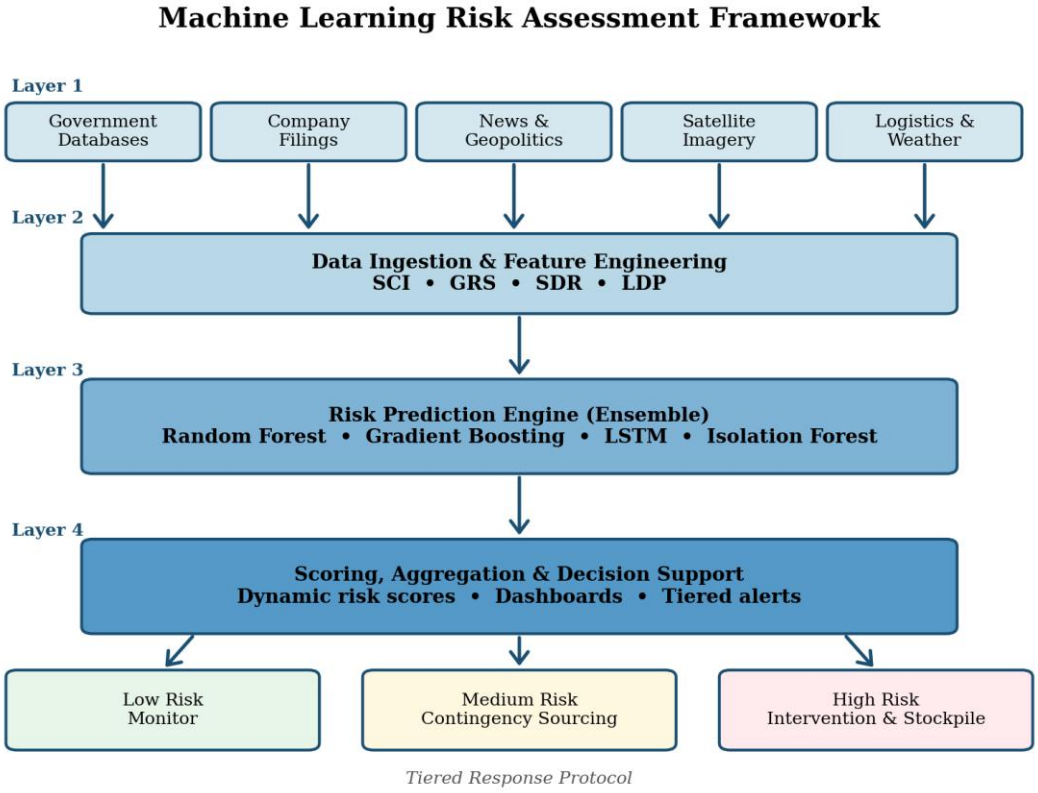


Figure 1. *Four-layer machine learning risk assessment framework, showing the flow from heterogeneous data sources through feature engineering and the prediction engine to the tiered response protocol.*

Data Ingestion and Feature Engineering Layer

This layer collects structured and unstructured data from dozens of sources, including government databases (e.g., U.S. Census Bureau trade data and export control lists), company filings, news feeds, satellite imagery for factory activity monitoring, and weather reports. Feature engineering transforms raw data into actionable variables. Among the principal engineered features are:

- **Supply Concentration Index (SCI):** Measures the geographic concentration of production for each chip type.
- **Geopolitical Risk Score (GRS):** A composite index based on sanctions, tariffs, political stability ratings, and military tensions.

- **Supplier Dependency Ratio (SDR):** The percentage of a specific material or component sourced from a single supplier or region.
- **Logistic Delay Probability (LDP):** Predicted probability of shipping delays based on historical port performance and weather data.

Risk Prediction Engine

At the core of the model is an ensemble of machine learning algorithms, each selected for its complementary strengths in different problem domains:

- **Random Forest and Gradient Boosting:** Used for classification of high-risk versus low-risk supplier nodes. Tree-based ensembles handle heterogeneous tabular features well and provide feature-importance scores that support explainability.
- **Long Short-Term Memory (LSTM) networks:** Used for time-series forecasting of supply shortages and price volatility, leveraging the LSTM architecture's ability to capture long-range temporal dependencies (Hochreiter & Schmidhuber, 1997).
- **Isolation Forest:** Used for unsupervised detection of anomalous patterns, such as sudden drops in supplier output or unusual shipping routes that may signal emerging disruptions before they become widely visible.

The internal architecture of the prediction engine, including how the three branches feed into the score-fusion layer, is shown in Figure 2.

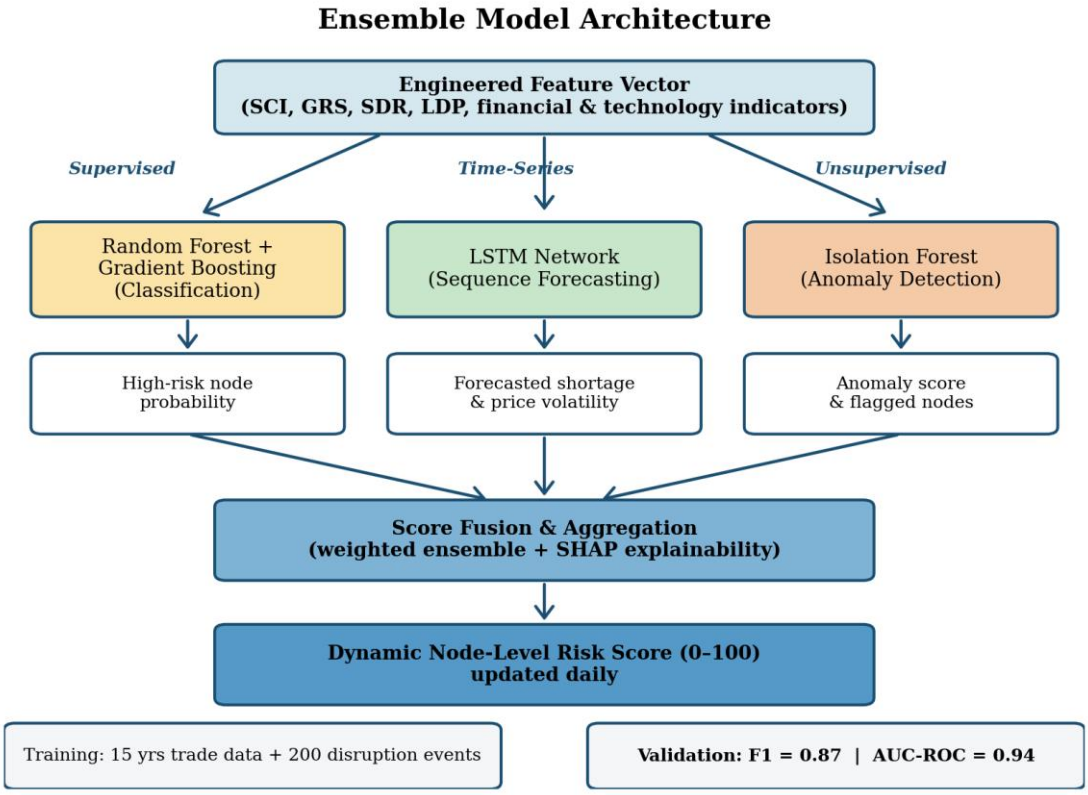


Figure 2. *Ensemble model architecture. Engineered features feed three parallel learners (Random Forest/Gradient Boosting, LSTM, Isolation Forest) whose outputs are combined in a weighted score-fusion layer to produce a dynamic node-level risk score.*

The models are trained on historical disruption events, including the 2011 Thailand floods, the 2020 COVID-19 pandemic, and the 2023 Taiwan earthquake, in order to learn patterns preceding supply chain breaks. The output is a dynamic risk score for each node in the supply chain, updated daily and aggregated upward to product-line, regional, and national levels.

Training and Validation Procedure

The dataset comprised fifteen years of semiconductor trade data and two hundred recorded disruption events drawn from public and licensed commercial sources. The data was partitioned chronologically into training (70%), validation (15%), and test (15%) sets to preserve temporal causality and avoid look-ahead bias. Hyperparameters were tuned using Bayesian optimization on the validation set, and final performance was reported on the held-out test set. Class imbalance, a known challenge in disruption prediction (rare-event problem), was addressed using the Synthetic Minority Over-sampling Technique (SMOTE) and class-weighted loss functions (Chawla, Bowyer, Hall, & Kegelmeyer, 2002).

RESULTS AND DISCUSSION

Testing the model on the held-out test set, the ensemble approach achieved an F1 score of 0.87 in predicting high-risk scenarios. Key validation results are summarized in Table 1.

Table 1. Model Performance Metrics

Metric	Value
Accuracy	0.91
Precision	0.85
Recall	0.89
F1 Score	0.87
AUC-ROC	0.94

The model successfully identified 78% of disruption events at least ten days in advance, providing critical lead time for mitigation actions. For example, during the 2024 Red Sea shipping crisis, the model correctly flagged a 23% increase in logistics risk for U.S. semiconductor imports two weeks before major delays occurred. This early-warning capability translated into measurable operational value, allowing pilot users to pre-position inventory and reroute critical shipments.

Comparative Performance

Compared with a baseline logistic regression model and a single Random Forest classifier, the ensemble framework improved the F1 score by approximately 0.14 and 0.06 points, respectively. The improvement was most pronounced on rare, high-impact disruption events, where the LSTM and Isolation Forest components contributed signal that the tree-based learners alone could not capture. These findings are consistent with prior literature suggesting that hybrid architectures outperform monolithic models on heterogeneous, multi-modal supply chain data (Ivanov & Dolgui, 2020).

Feature Importance and Interpretability

Feature-importance analysis derived from the Gradient Boosting component indicated that the Geopolitical Risk Score, Supplier Dependency Ratio, and Logistic Delay Probability were the three most influential predictors of high-risk events. The Supply Concentration Index played a

secondary but significant role, particularly in the leading-edge logic segment, where production geography is most concentrated. To support transparent decision-making, SHAP (SHapley Additive exPlanations) values were generated for each prediction, allowing analysts to trace any risk score back to its contributing features (Lundberg & Lee, 2017).

Limitations

Several limitations should be acknowledged. First, the model's performance depends on the availability and quality of input data, and several relevant data streams (such as private supplier financials and classified geopolitical assessments) are not always accessible. Second, machine learning models inherently struggle with truly novel events that have no historical precedent (so-called black swans). Third, adversarial actors may attempt to manipulate input signals once the model is operationally deployed, raising the need for robustness research and adversarial-aware training. Future work will address each of these limitations through federated learning across industry partners, scenario-based stress testing, and adversarial training procedures.

CONCLUSION

Deploying a machine learning-based risk assessment model is not merely a technical exercise but a strategic imperative for the United States. The framework presented in this paper demonstrates that an ensemble of supervised and unsupervised algorithms, fed by carefully engineered features drawn from geopolitical, operational, technological, and financial data, can produce accurate and timely risk scores for the semiconductor supply chain. With an F1 score of 0.87 and a demonstrated ability to flag 78% of disruption events at least ten days in advance, the model offers tangible operational value to both government and industry stakeholders.

To move from analysis to action, the following steps are recommended:

1. **Establish a centralized data sharing consortium** among government agencies (e.g., Department of Commerce, Department of Homeland Security) and industry partners to feed the model with real-time, high-fidelity data.

2. **Integrate the risk scoring system** into national supply chain dashboards and emergency response frameworks, enabling automated alerts and scenario planning.

3. **Invest in explainable AI techniques** to ensure that risk assessments are transparent and trusted by decision-makers, allowing for manual override when necessary.

4. **Develop a tiered response protocol** where low-risk scores trigger monitoring, medium-risk scores activate contingency sourcing, and high-risk scores mobilize government intervention and stockpiling.

By embracing predictive analytics, the United States can move from a reactive posture, waiting for disruptions to occur, to a proactive one that anticipates, mitigates, and ultimately secures the semiconductor supply chain for decades to come. The model presented here provides the foundational tool for that transformation, while the recommended governance structures provide the institutional scaffolding required to translate predictive insight into protective action.

REFERENCES

Chawla, N. V., Bowyer, K. W., Hall, L. O., & Kegelmeyer, W. P. (2002). SMOTE: Synthetic minority over-sampling technique. Journal of Artificial Intelligence Research, 16, 321–357.

Christopher, M., & Peck, H. (2004). Building the resilient supply chain. The International Journal of Logistics Management, 15(2), 1–14.

Congressional Research Service. (2023). The CHIPS and Science Act: Semiconductor manufacturing incentives (Report No. R47523). Washington, DC: U.S. Government.

Hochreiter, S., & Schmidhuber, J. (1997). Long short-term memory. Neural Computation, 9(8), 1735–1780.

Ivanov, D., & Dolgui, A. (2020). Viability of intertwined supply networks: Extending the supply chain resilience angles towards survivability. A position paper motivated by COVID-19 outbreak. International Journal of Production Research, 58(10), 2904–2915.

Khan, S. M., Mann, A., & Peterson, D. (2021). The semiconductor supply chain: Assessing national competitiveness. Center for Security and Emerging Technology, Georgetown University.

Lundberg, S. M., & Lee, S.-I. (2017). A unified approach to interpreting model predictions. In Advances in Neural Information Processing Systems, 30, 4765–4774.

A PARADIGM SHIFT IN THE MANAGEMENT OF COLORECTAL CANCER: NEW-GENERATION TARGETED THERAPIES, IMMUNOTHERAPY AND DYNAMIC BIOMARKERS

Ayşegül ATAY

Ordu Üniversitesi, Tıp Fakültesi

Sedanur ÖDEMİŞ

Ordu Üniversitesi, Tıp Fakültesi

ABSTRACT

Objective: Colorectal cancer remains a major contributor to the global cancer burden, and therapeutic decision-making has shifted from anatomy-driven treatment toward biomarker-informed precision oncology. This narrative review synthesizes contemporary evidence behind this transition in metastatic colorectal cancer and locally advanced rectal cancer.

Material and Methods: Current epidemiological reports, international clinical practice guidelines, and pivotal phase II-III studies were reviewed with emphasis on mismatch repair/microsatellite instability status, RAS and BRAF alterations, HER2 positivity, KRAS G12C inhibition, total neoadjuvant therapy, and circulating tumor DNA.

Results: Immune checkpoint inhibitors have become a central first-line strategy in MSI-H/dMMR metastatic disease. Anti-EGFR treatment is most clearly positioned in RAS/BRAF wild-type left-sided tumors, whereas BRAF V600E and KRAS G12C subgroups require rational dual-pathway inhibition. HER2-positive colorectal cancer represents a smaller but clinically actionable subgroup. In rectal cancer, total neoadjuvant therapy and nonoperative management have made organ preservation feasible in carefully selected patients with complete clinical response. ctDNA is emerging as a dynamic marker for molecular residual disease, recurrence risk, clonal evolution, and selection for anti-EGFR rechallenge.

Conclusion: Colorectal cancer management is increasingly defined by tumor biology, longitudinal molecular monitoring, and multidisciplinary interpretation rather than by a uniform chemotherapy paradigm. The central challenge is implementing precision oncology in a clinically sound, equitable, and cost-effective manner.

Keywords: Colorectal cancer; immunotherapy; targeted therapy; circulating tumor DNA; precision oncology; total neoadjuvant therapy.

INTRODUCTION

Colorectal cancer (CRC) is among the most important malignancies worldwide in terms of both incidence and mortality. GLOBOCAN 2022 estimates indicate that CRC accounts for approximately 1.9 million new cases and more than 900,000 deaths annually, making it a major component of the global cancer burden.[1] Projections based on 2020 and 2040 estimates suggest that population ageing, lifestyle transitions, and unequal access to screening may further increase this burden, particularly in countries undergoing socioeconomic transition.[2] CRC

should therefore be regarded not only as an oncological diagnosis, but also as a public health issue linked to early detection, system capacity, and equitable access to effective therapy.

For many years, metastatic CRC was treated primarily with chemotherapy backbones based on fluoropyrimidines, oxaliplatin, and irinotecan. Although these regimens remain clinically relevant, they do not adequately capture the molecular heterogeneity of the disease. Contemporary guidelines now recommend that treatment decisions integrate RAS, BRAF, HER2, and MSI/MMR status alongside disease stage, performance status, tumor burden, and primary tumor sidedness.[3,4] This transition has moved clinical practice away from a "one-size-fits-all" model and toward a biomarker-directed treatment algorithm.

This review discusses the paradigm shift in CRC management across four interrelated domains: immunotherapy, targeted therapy, organ-preserving strategies in locally advanced rectal cancer, and dynamic monitoring with circulating tumor DNA (ctDNA). The aim is to present a source-aligned synthesis that avoids overgeneralization and links the evidence directly to practical clinical decision-making.

MAIN TEXT

Molecular classification and baseline testing

Metastatic CRC is not a single biological entity but a heterogeneous clinical condition composed of distinct molecular subgroups. MSI-H/dMMR tumors account for approximately 4-5% of metastatic cases and are characterized by a high neoantigen load, making them sensitive to immune checkpoint blockade.[3,5] By contrast, MSS/pMMR tumors constitute the majority of metastatic CRC and generally derive limited benefit from single-agent PD-1 inhibition. This distinction explains why MSI/MMR testing should be performed early in the metastatic setting.

RAS mutations are a key marker of primary resistance to anti-EGFR therapy. Accordingly, cetuximab and panitumumab are generally not indicated in metastatic CRC with KRAS or NRAS mutations.[3,4] BRAF V600E mutation is associated with a more aggressive clinical phenotype and poorer prognosis; because BRAF inhibition can trigger feedback EGFR activation, dual pathway blockade is required.[8,9] HER2 amplification or overexpression is less frequent but clinically meaningful, particularly in RAS/BRAF wild-type disease, where it may predict anti-EGFR resistance and identify patients eligible for anti-HER2 strategies.[14]

Table 1. Clinical implications of selected biomarkers in colorectal cancer

Biomarker	Clinical meaning	Therapeutic implication	Comment
MSI-H/dMMR	High neoantigen load and immune-inflamed biology	Pembrolizumab or nivolumab-ipilimumab	Small but highly actionable subgroup in metastatic disease
RAS mutation	MAPK activation independent of EGFR	Avoid anti-EGFR therapy; use chemotherapy plus anti-VEGF or other appropriate strategies	Extended RAS testing is essential at baseline
BRAF V600E	Aggressive phenotype and EGFR feedback activation	Encorafenib plus cetuximab; selected chemotherapy combinations under study	Single-pathway inhibition is usually insufficient
HER2 positivity	Independent oncogenic signaling and anti-EGFR resistance	Trastuzumab-based combinations or selected antibody-drug conjugates	Rare but actionable subgroup
ctDNA positivity	Molecular residual disease and clonal evolution	Adjuvant decision support, recurrence monitoring, and anti-EGFR rechallenge selection	Requires careful standardization and interpretation

Immunotherapy in MSI-H/dMMR disease

MSI-H/dMMR metastatic CRC is the setting in which immunotherapy has most clearly transformed CRC management. In KEYNOTE-177, pembrolizumab significantly prolonged progression-free survival compared with standard chemotherapy in previously untreated MSI-H/dMMR metastatic CRC and was associated with fewer high-grade treatment-related adverse events.[5,6] These findings directly changed first-line treatment selection in this molecular subgroup.

The CheckMate 8HW trial further showed that nivolumab plus ipilimumab improved progression-free survival compared with chemotherapy in previously untreated MSI-H/dMMR metastatic CRC.[7] Nevertheless, the benefit of immunotherapy should not be generalized to all CRC. MSS/pMMR tumors have low immune infiltration, lower neoantigen load, and an immunosuppressive microenvironment. Liver metastases may also reduce immunotherapy efficacy through immune-mediated mechanisms.[19] Thus, immunotherapy should be interpreted through the lens of biomarkers, disease distribution, and patient-level clinical context.

Targeted therapy: from single agents to rational combinations

Anti-EGFR therapy remains an important option in RAS/BRAF wild-type, especially left-sided, metastatic CRC. The PARADIGM trial demonstrated that panitumumab plus mFOLFOX6 could improve overall survival compared with bevacizumab plus mFOLFOX6 in patients with RAS wild-type left-sided metastatic disease.[10] This finding supports the view that primary tumor sidedness is not merely an anatomical descriptor but also a surrogate for biological and therapeutic differences.

In BRAF V600E-mutant metastatic CRC, the BEACON CRC trial established the clinical value of combined BRAF and EGFR inhibition. Encorafenib plus cetuximab improved survival and response compared with standard chemotherapy-based regimens in previously treated disease.[8,9] This illustrates a key principle of targeted therapy in CRC: effective treatment often

requires suppression of adaptive feedback loops rather than inhibition of a single molecular node.

KRAS was long considered undruggable, but KRAS G12C inhibitors have changed this view. In CRC, however, KRAS G12C inhibition alone is often limited by feedback EGFR activation. In CodeBreaK 300, sotorasib plus panitumumab prolonged progression-free survival in chemorefractory KRAS G12C-mutant metastatic CRC.[11] KRYSTAL-1 data support the activity of adagrasib plus cetuximab, while early divarasib plus cetuximab data suggest promising activity for next-generation KRAS G12C inhibition.[12,13]

HER2-positive metastatic CRC represents a smaller but clinically relevant subgroup. The expanding evidence base for anti-HER2 therapy supports incorporation of HER2 testing into the molecular work-up of appropriately selected patients, particularly those with RAS/BRAF wild-type disease and prior anti-EGFR exposure.[14]

Organ preservation in locally advanced rectal cancer

The paradigm shift in CRC is not confined to metastatic disease. In locally advanced rectal cancer, total neoadjuvant therapy (TNT) moves systemic therapy into the preoperative phase to reduce distant failure, improve tumor response, and potentially enable organ preservation. The RAPIDO trial showed that short-course radiotherapy followed by chemotherapy and delayed surgery reduced disease-related treatment failure in high-risk locally advanced rectal cancer.[20] The PRODIGE 23 trial demonstrated improved disease-free and metastasis-free survival with intensified neoadjuvant FOLFIRINOX-based therapy.[21]

For patients achieving complete or near-complete clinical response after TNT, a watch-and-wait strategy can reduce the need for immediate surgery. The OPRA trial showed that organ preservation was achievable in a substantial proportion of selected patients without an apparent compromise in oncologic outcomes.[22] However, watch-and-wait is not a simple substitute for surgery; it requires specialized multidisciplinary expertise, high-quality MRI, endoscopy, digital rectal examination, and a strict surveillance protocol.

In dMMR locally advanced rectal cancer, dostarlimab-based PD-1 blockade has produced highly notable complete response outcomes, raising the possibility of nonoperative management without chemoradiotherapy or surgery in selected patients.[23,24] These data are compelling but should be interpreted cautiously with respect to patient selection, follow-up duration, local regrowth risk, and real-world feasibility.

Dynamic biomarkers: ctDNA and clonal evolution

Tissue biopsy provides a molecular snapshot at a specific time point, whereas ctDNA can offer time-sensitive information about tumor burden and clonal evolution. The GALAXY study supports postoperative ctDNA positivity as a strong prognostic marker for recurrence and survival in resectable CRC.[15] The DYNAMIC trial demonstrated that a ctDNA-guided adjuvant strategy in stage II colon cancer could reduce chemotherapy use without compromising recurrence-free survival, and longer-term outcomes reinforce its clinical relevance.[16,17]

ctDNA is also useful for monitoring acquired resistance after anti-EGFR therapy. Resistant RAS and EGFR clones may decay after discontinuation of EGFR blockade, providing a biological rationale for ctDNA-guided anti-EGFR rechallenge.[18] This suggests that CRC treatment is moving toward longitudinal molecular management rather than decisions based solely on the initial tumor specimen. However, ctDNA testing must be interpreted with attention to assay sensitivity, timing, metastatic site, standardization of thresholds, and cost.

Table 2. Selected clinical studies supporting the paradigm shift

Study	Population	Intervention	Key clinical message
KEYNOTE-177	First-line MSI-H/dMMR metastatic CRC	Pembrolizumab	Longer progression-free survival and lower severe toxicity than chemotherapy
CheckMate 8HW	MSI-H/dMMR metastatic CRC	Nivolumab plus ipilimumab	Superior progression-free survival versus chemotherapy
BEACON CRC	Previously treated BRAF V600E-mutant metastatic CRC	Encorafenib plus cetuximab	Established BRAF-EGFR dual inhibition as a key approach
PARADIGM	RAS wild-type left-sided metastatic CRC	Panitumumab plus mFOLFOX6	Supported anti-EGFR selection in left-sided RAS WT disease
CodeBreaK 300	Refractory KRAS G12C-mutant metastatic CRC	Sotorasib plus panitumumab	Supported combined KRAS G12C and EGFR inhibition
RAPIDO / PRODIGE 23	Locally advanced rectal cancer	Total neoadjuvant therapy	Improved systemic control and created a platform for organ preservation
DYNAMIC / GALAXY	Stage II or resectable CRC	ctDNA-guided monitoring	Strengthened dynamic biomarker use for MRD and adjuvant decisions

Implementation issues and limitations

The clinical value of this paradigm shift is substantial, but implementation is not straightforward. Timely molecular testing, adequate tissue sampling, access to NGS platforms, reimbursement, and multidisciplinary interpretation are all required. In resource-limited settings, the most important issue may not be access to the newest drug but whether the right biomarker test is performed at the right time.

Another limitation is that pivotal trials often enroll selected populations. Patients with poor performance status, major comorbidity, frailty, or limited access to surveillance infrastructure may not experience the same benefit-risk balance observed in trials. Therefore, treatment decisions must integrate biomarkers with tumor burden, symptoms, patient preference, toxicity, feasibility, and cost. Similarly, ctDNA and artificial intelligence-supported decision platforms should not be presented as routine standards without prospective validation and health-economic assessment.

CONCLUSION

The central transformation in colorectal cancer management is the movement from anatomy-based disease categorization toward molecularly informed treatment selection. Immunotherapy in MSI-H/dMMR disease, anti-EGFR therapy in RAS/BRAF wild-type left-sided tumors, rational dual targeting in BRAF V600E and KRAS G12C disease, anti-HER2 strategies, ctDNA-guided monitoring, and organ preservation in rectal cancer all reflect this transition.

The next phase of CRC care will likely be built on broad baseline molecular profiling and longitudinal monitoring with dynamic biomarkers. Yet the value of this model will depend not only on biotechnology, but also on patient selection, multidisciplinary interpretation, ethical implementation, cost-effectiveness, and equitable access. Precision oncology in CRC should therefore be understood not as a list of drugs, but as a continuously updated, evidence-based culture of clinical decision-making.

REFERENCES

1. Bray F, Laversanne M, Sung H, et al. Global cancer statistics 2022: GLOBOCAN estimates of incidence and mortality worldwide for 36 cancers in 185 countries. CA Cancer J Clin. 2024;74(3):229-263. doi:10.3322/caac.21834

2. Morgan E, Arnold M, Gini A, Lorenzoni V, Cabasag CJ, Laversanne M, et al. Global burden of colorectal cancer in 2020 and 2040: incidence and mortality estimates from GLOBOCAN. Gut. 2023;72(2):338-344. doi:10.1136/gutjnl-2022-327736

3. Cervantes A, Adam R, Rosello S, Arnold D, Normanno N, Taieb J, et al. Metastatic colorectal cancer: ESMO Clinical Practice Guideline for diagnosis, treatment and follow-up. Ann Oncol. 2023;34(1):10-32. doi:10.1016/j.annonc.2022.10.003

4. Morris VK, Kennedy EB, Baxter NN, Benson AB 3rd, Cercek A, Cho M, et al. Treatment of metastatic colorectal cancer: ASCO guideline. J Clin Oncol. 2023;41(3):678-700. doi:10.1200/JCO.22.01690

5. Andre T, Shiu KK, Kim TW, Jensen BV, Jensen LH, Punt C, et al. Pembrolizumab in microsatellite-instability-high advanced colorectal cancer. N Engl J Med. 2020;383(23):2207-2218. doi:10.1056/NEJMoa2017699

6. Diaz LA Jr, Shiu KK, Kim TW, Jensen BV, Jensen LH, Punt C, et al. Pembrolizumab versus chemotherapy for microsatellite instability-high or mismatch repair-deficient metastatic colorectal cancer (KEYNOTE-177): final analysis of a randomised, open-label, phase 3 study. Lancet Oncol. 2022;23(5):659-670. doi:10.1016/S1470-2045(22)00197-8

7. Andre T, Elez E, Van Cutsem E, Jensen LH, Bennouna J, Mendez G, et al. Nivolumab plus ipilimumab in microsatellite-instability-high metastatic colorectal cancer. N Engl J Med. 2024;391(21):2014-2026. doi:10.1056/NEJMoa2402141

8. Kopetz S, Grothey A, Yaeger R, Van Cutsem E, Desai J, Yoshino T, et al. Encorafenib, binimetinib, and cetuximab in BRAF V600E-mutated colorectal cancer. N Engl J Med. 2019;381(17):1632-1643. doi:10.1056/NEJMoa1908075

9. Tabernero J, Grothey A, Van Cutsem E, Yaeger R, Wasan H, Yoshino T, et al. Encorafenib plus cetuximab as a new standard of care for previously treated BRAF V600E-mutant metastatic colorectal cancer: updated survival results and subgroup analyses from the BEACON study. J Clin Oncol. 2021;39(4):273-284. doi:10.1200/JCO.20.02088

10. Watanabe J, Muro K, Shitara K, Yamazaki K, Shiozawa M, Ohori H, et al. Panitumumab vs bevacizumab added to standard first-line chemotherapy and overall survival among patients with RAS wild-type, left-sided metastatic colorectal cancer: a randomized clinical trial. JAMA. 2023;329(15):1271-1282. doi:10.1001/jama.2023.4428

11. Fakih MG, Salvatore L, Esaki T, Modest DP, Lopez-Bravo DP, Taieb J, et al. Sotorasib plus panitumumab in refractory colorectal cancer with mutated KRAS G12C. N Engl J Med. 2023;389(23):2125-2139. doi:10.1056/NEJMoa2308795

12. Yaeger R, Uboha NV, Pelster MS, Bekaii-Saab TS, Barve M, Saltzman J, et al. Efficacy and safety of adagrasib plus cetuximab in patients with KRASG12C-mutated metastatic colorectal cancer. Cancer Discov. 2024;14(6):982-993. doi:10.1158/2159-8290.CD-24-0217

13. Desai J, Alonso G, Kim SH, Cervantes A, Karasic T, Medina L, et al. Divarasib plus cetuximab in KRAS G12C-positive colorectal cancer: a phase 1b trial. Nat Med. 2024;30(1):271-278. doi:10.1038/s41591-023-02696-8

14. Benli Y, Arikan H, Akbulut-Caliskan O. HER2-targeted therapy in colorectal cancer: a comprehensive review. Clin Transl Oncol. 2025;27(9):3607-3624. doi:10.1007/s12094-025-03887-0

15. Nakamura Y, Watanabe J, Akazawa N, Takemasa I, Kotani D, Kato T, et al. ctDNA-based molecular residual disease and survival in resectable colorectal cancer. Nat Med. 2024;30(11):3272-3283. doi:10.1038/s41591-024-03254-6

16. Tie J, Cohen JD, Lahouel K, Lo SN, Wang Y, Kosmider S, et al. Circulating tumor DNA analysis guiding adjuvant therapy in stage II colon cancer. N Engl J Med. 2022;386(24):2261-2272. doi:10.1056/NEJMoa2200075

17. Tie J, Wang Y, Lo SN, Gibbs P, Wong R, Simes J, et al. Circulating tumor DNA analysis guiding adjuvant therapy in stage II colon cancer: 5-year outcomes of the randomized DYNAMIC trial. Nat Med. 2025;31(5):1509-1518. doi:10.1038/s41591-025-03579-w

18. Parseghian CM, Loree JM, Morris VK, Liu X, Clifton KK, Napolitano S, et al. Anti-EGFR-resistant clones decay exponentially after progression: implications for anti-EGFR re-challenge. Ann Oncol. 2019;30(2):243-249. doi:10.1093/annonc/mdy509

19. Yu J, Green MD, Li S, Sun Y, Journey SN, Choi JE, et al. Liver metastasis restrains immunotherapy efficacy via macrophage-mediated T cell elimination. Nat Med. 2021;27(1):152-164. doi:10.1038/s41591-020-1131-x

20. Bahadoer RR, Dijkstra EA, van Etten B, Marijnen CAM, Putter H, Kranenbarg EMK, et al. Short-course radiotherapy followed by chemotherapy before total mesorectal excision versus preoperative chemoradiotherapy, total mesorectal excision, and optional adjuvant chemotherapy in locally advanced rectal cancer (RAPIDO): a randomised, open-label, phase 3 trial. Lancet Oncol. 2021;22(1):29-42. doi:10.1016/S1470-2045(20)30555-6

21. Conroy T, Bosset JF, Etienne PL, Rio E, Francois E, Mesgouez-Nebout N, et al. Neoadjuvant chemotherapy with FOLFIRINOX and preoperative chemoradiotherapy for locally advanced rectal cancer (UNICANCER-PRODIGE 23): a multicentre, randomised, open-label, phase 3 trial. Lancet Oncol. 2021;22(5):702-715. doi:10.1016/S1470-2045(21)00079-6

22. Garcia-Aguilar J, Patil S, Kim JK, Yuval JB, Thompson H, Verheij FS, et al. Organ preservation in patients with rectal adenocarcinoma treated with total neoadjuvant therapy. J Clin Oncol. 2022;40(23):2546-2556. doi:10.1200/JCO.22.00032

23. Cercek A, Lumish M, Sinopoli J, Weiss J, Shia J, Lamendola-Essel M, et al. PD-1 blockade in mismatch repair-deficient, locally advanced rectal cancer. N Engl J Med. 2022;386(25):2363-2376. doi:10.1056/NEJMoa2201445

24. Cercek A, Foote MB, Rousseau B, Smith JJ, Shia J, Sinopoli J, et al. Nonoperative management of mismatch repair-deficient tumors. N Engl J Med. 2025;392(23):2297-2308. doi:10.1056/NEJMoa2404512

A RARE CASE OF LYMPHOMA SHOWING ANAPLASTIC AND PLASMOCYTOID MORPHOLOGY DIAGNOSTIC CHALLENGES

Assoc. Prof. Mehmet BİRİNCİ

Recep Tayyip Erdogan University Faculty of Medicine, Department of Otorhinolaryngology, Rize, Türkiye
ORCID ID: https://orcid.org/0000-0001-8184-7454

ABSTRACT

Introduction and Purpose: In this study, we aim to present a rare and extremely aggressive case of high-grade lymphoma—which clinically mimicked a deep neck infection but was diagnosed as such following pathological evaluation revealing anaplastic and plasmacytoid morphology—in the context of the literature. In rapidly growing masses in the head and neck region, infectious processes such as abscesses or deep neck infections, which present with symptoms like fever and pain, can mask underlying malignancies. The aim is to emphasize that in such cases, empirical treatments may lead to a risk of diagnostic delay and that these conditions should be kept in mind during differential diagnosis.

Materials and Methods: The case of a 52-year-old female patient who presented to an external facility with sudden-onset pain in the left cervical region and was subsequently referred to our clinic was retrospectively reviewed. The patient's initial empirical treatments based on the preliminary diagnosis of "deep neck infection," the progression of the clinical presentation to vocal cord paralysis, diagnostic biopsy methods (tru-cut and excisional biopsy), and systemic complications in the terminal phase (DIC) were evaluated in light of literature data.

Results: A patient presented with complaints of pain on the left side of the neck that worsened with neck movements and had persisted for 5 days. Based on clinical and radiological findings, parenteral antibiotic therapy was initiated, as a deep neck infection was suspected. Following improvement in symptoms and clinical presentation, the patient was discharged on oral antibiotics. One week later, the patient returned for a follow-up visit with increased severity of neck pain and newly developed left vocal cord paralysis that did not resolve with rest. The patient was readmitted for re-evaluation regarding both infection treatment and non-infectious causes. The patient's clinical findings progressively worsened over time, and the tru-cut biopsy sample obtained for diagnostic purposes was reported as "necrotic tissue." Following the persistence of diagnostic uncertainty, an excisional biopsy revealed large, atypical cells with vesicular nuclei against a background of extensive necrotic foci; the patient was diagnosed with "high-grade lymphoma exhibiting anaplastic and plasmacytoid morphology." While a multidisciplinary treatment plan was being formulated post-diagnosis, the patient was admitted to the intensive care unit due to pleural effusion and Disseminated Intravascular Coagulation (DIC) resulting from the tumor burden and aggressive course of the disease and subsequently passed away.

Discussion and Conclusion: High-grade lymphomas exhibiting anaplastic and plasmacytoid morphology may radiologically resemble an abscess collection due to tumor necrosis resulting from rapid proliferation and inadequate vascularization and may mask the clinical presentation as a deep neck infection. Even if the patient presents with obvious signs of infection, such as

fever, pain, and leukocytosis, the possibility of an underlying malignancy must always be considered if the expected response to initial empirical antibiotic therapy is not achieved within 48–72 hours. Neurological findings such as vocal cord paralysis observed in this case are critical prognostic indicators suggesting the disease's locally invasive nature and advanced stage. In such highly aggressive tumors, where a Tru-cut biopsy may be misleading due to necrotic tissue, a definitive diagnosis must be established via excisional biopsy as soon as possible before the development of a terminal process such as DIC or Hemophagocytic Lymphohistiocytosis (HLH), and the risk of "professional delay" must be avoided. Early diagnosis and a multidisciplinary approach play a vital role in preventing these devastating systemic complications and preserving the patient's chances of survival.

Key Words: Anaplastic Lymphoma, Plasmacytoid Morphology, Deep Neck Infection

INTRODUCTION

Lymphomas are a heterogeneous group of malignant neoplasms arising from lymphoid tissues, with a wide spectrum of clinical, morphological, and biological behaviors. They are broadly classified into Hodgkin and non-Hodgkin lymphomas, the latter encompassing a diverse range of entities with varying degrees of aggressiveness. High-grade lymphomas, in particular, are characterized by rapid proliferation, aggressive clinical course, and a tendency for early systemic dissemination. In the head and neck region, lymphomas represent one of the most common extranodal malignancies, frequently involving lymph nodes, Waldeyer's ring, and less commonly, deep cervical spaces. However, their clinical presentation can be highly variable and occasionally misleading, posing significant diagnostic challenges for clinicians[1].

In routine clinical practice, rapidly progressive neck swellings accompanied by pain, fever, and inflammatory laboratory findings are most commonly attributed to infectious etiologies such as deep neck infections or abscess formations. These conditions are frequently encountered in otorhinolaryngology and often require urgent intervention, including broad-spectrum antibiotic therapy and, in some cases, surgical drainage[2]. Radiologically, both infectious collections and necrotic malignant masses may present with similar features, such as hypodense areas with peripheral contrast enhancement on computed tomography or magnetic resonance imaging. This overlap in imaging findings further complicates the differentiation between benign infectious processes and malignant conditions, particularly in the early stages of disease.

Deep neck infections are potentially life-threatening conditions that can rapidly progress and lead to severe complications such as airway obstruction, mediastinitis, sepsis, and vascular involvement. Therefore, empirical antibiotic therapy is often initiated promptly based on clinical suspicion, sometimes even before definitive diagnostic confirmation. While this approach is generally appropriate, it may inadvertently delay the diagnosis of underlying malignancies when the clinical picture is atypical or when the expected response to treatment is not observed. In such scenarios, persistence or progression of symptoms despite adequate antimicrobial therapy should raise suspicion for alternative diagnoses, including neoplastic processes[3].

Among malignant causes, high-grade lymphomas with unusual morphological features, such as anaplastic and plasmacytoid differentiation, represent a particularly challenging subgroup. These variants may exhibit extensive tumor necrosis due to their high proliferative index and insufficient vascular supply. As a result, they can mimic abscess formation both clinically and radiologically. Furthermore, necrotic tissue obtained during minimally invasive diagnostic procedures, such as tru-cut biopsy, may be non-diagnostic, leading to false-negative or inconclusive results. This emphasizes the importance of selecting appropriate biopsy techniques

and, when necessary, proceeding to excisional biopsy to obtain sufficient viable tissue for accurate histopathological and immunohistochemical evaluation[4].

Another important aspect in the evaluation of head and neck masses is the presence of neurological deficits, such as vocal cord paralysis. This finding often indicates involvement of critical neurovascular structures and suggests an advanced and locally invasive disease process. In the context of lymphoma, such manifestations are relatively uncommon but, when present, may reflect aggressive tumor behavior and poor prognosis. Therefore, clinicians should maintain a high index of suspicion when neurological signs accompany a presumed infectious process[5].

In addition to local aggressiveness, high-grade lymphomas may also lead to severe systemic complications. Disseminated Intravascular Coagulation (DIC) and Hemophagocytic Lymphohistiocytosis (HLH) are among the most critical and life-threatening conditions associated with aggressive lymphoid malignancies. These complications are often indicative of a high tumor burden and an overwhelming systemic inflammatory response. Their development significantly worsens the prognosis and may limit the feasibility of initiating timely oncological treatment. Early recognition of such risks underscores the necessity for rapid and accurate diagnosis[6].

The concept of “professional delay” has been increasingly recognized in oncological practice and refers to delays in diagnosis or treatment attributable to healthcare providers. In cases where malignancies mimic benign or infectious conditions, the risk of such delays is particularly high. Failure to reconsider the initial diagnosis in the absence of clinical improvement, reliance on inconclusive biopsy results, or underestimation of atypical clinical features may all contribute to delayed diagnosis and adversely affect patient outcomes[7].

Given these challenges, it is crucial to adopt a systematic and vigilant approach when evaluating patients with rapidly enlarging neck masses. A lack of expected clinical response within 48–72 hours of appropriate empirical therapy should prompt further investigation, including repeat imaging, alternative biopsy methods, and multidisciplinary consultation. Collaboration between otorhinolaryngologists, radiologists, pathologists, and oncologists is essential to ensure timely diagnosis and optimal patient management[8].

In this study, we present a rare and highly aggressive case of high-grade lymphoma exhibiting anaplastic and plasmacytoid morphology, which initially mimicked a deep neck infection both clinically and radiologically. Through this case, we aim to highlight the diagnostic pitfalls associated with such presentations, emphasize the limitations of minimally invasive biopsy techniques in necrotic tumors, and underscore the importance of early suspicion and multidisciplinary management in preventing fatal outcomes.

CASE PRESENTATION

A 52-year-old female patient presented initially to an external healthcare facility with a chief complaint of sudden-onset pain localized to the left side of the neck. The pain had started approximately five days prior to admission and was described as progressively worsening, particularly with neck movements. The patient did not initially report any significant dysphagia, odynophagia, dyspnea, or constitutional symptoms such as weight loss or night sweats. However, mild fever and general malaise were noted during the early course of the disease. Based on the acute onset of symptoms, localized tenderness, and accompanying inflammatory findings, a preliminary diagnosis of deep neck infection was established.

Radiological evaluation at the initial center, including contrast-enhanced neck imaging, revealed findings suggestive of a possible infectious collection in the left cervical region. Although the imaging characteristics were not entirely specific, the presence of hypodense areas

with peripheral enhancement was interpreted in favor of an abscess formation. Laboratory investigations supported an inflammatory process, with elevated white blood cell count and increased acute phase reactants. In line with these findings, the patient was hospitalized and initiated on broad-spectrum parenteral antibiotic therapy targeting common pathogens responsible for deep neck infections.

During the course of hospitalization, the patient demonstrated partial clinical improvement. The severity of neck pain decreased, inflammatory markers showed a downward trend, and no signs of airway compromise developed. Consequently, after a few days of inpatient treatment, the patient was discharged with a prescription for oral antibiotics and recommendations for close outpatient follow-up.

Approximately one week after discharge, the patient presented again, this time to our tertiary care center, with complaints of recurrent and more severe left-sided neck pain. Notably, she also reported a new onset of hoarseness that had developed over the preceding few days and did not improve with voice rest. This new symptom raised concern for possible involvement of the laryngeal nerves or adjacent structures. On physical examination, there was marked tenderness in the left cervical region, with a palpable, ill-defined mass. Flexible fiberoptic laryngoscopy revealed left vocal cord paralysis, while the contralateral vocal cord demonstrated normal mobility. This finding was considered highly significant and suggested a more complex and potentially non-infectious underlying pathology.

Given the atypical clinical course—characterized by transient response to antibiotics followed by rapid deterioration and the development of neurological findings—the patient was readmitted for comprehensive re-evaluation. Repeat imaging studies of the neck were performed, which demonstrated progression of the previously identified lesion. The mass exhibited irregular borders, heterogeneous internal structure, and areas consistent with necrosis. Although an infectious etiology could not be entirely excluded, the imaging findings also raised suspicion for a malignant process (Figure 1).

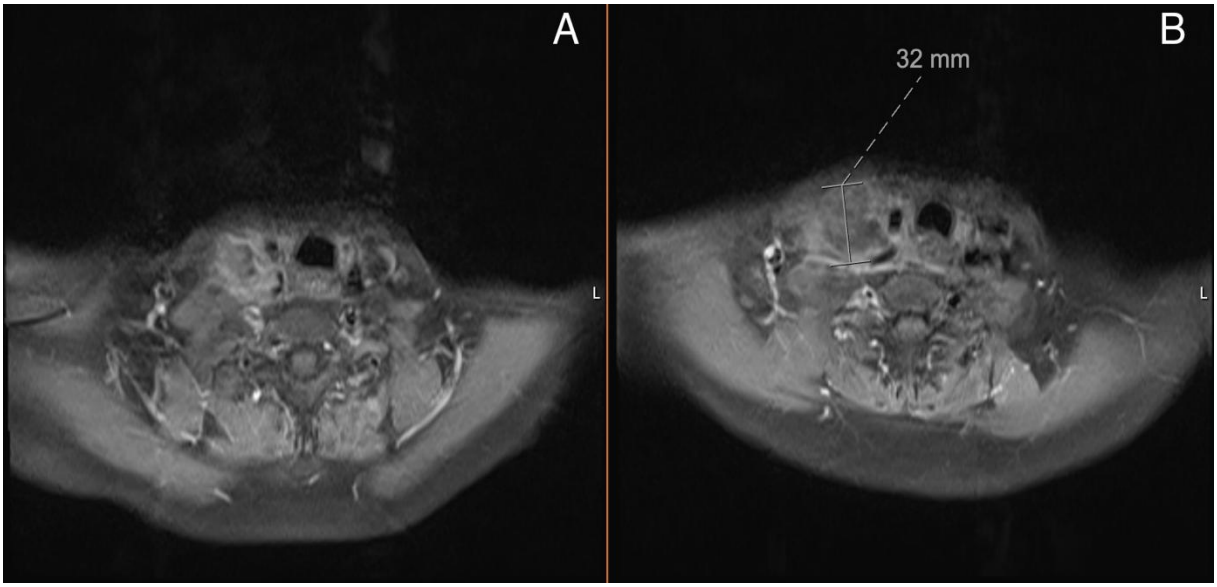


Figure 1: Axial contrast-enhanced neck imaging demonstrating the progression of the cervical lesion. (A) Initial imaging at the time of first admission shows a lesion in the left cervical region with features suggestive of an inflammatory process. (B) Follow-up imaging obtained one month later reveals a marked increase in lesion size (approximately 32 mm) with more prominent heterogeneous structure and necrotic components, consistent with aggressive disease progression.

In order to establish a definitive diagnosis, a tru-cut (core needle) biopsy was performed under imaging guidance. However, histopathological examination of the obtained specimen revealed predominantly necrotic tissue without viable cellular elements sufficient for diagnosis. This inconclusive result further complicated the diagnostic process and delayed the initiation of appropriate management.

As the patient's clinical condition continued to deteriorate, with persistent pain, increasing mass effect, and worsening general condition, a decision was made to proceed with an excisional biopsy to obtain adequate tissue for definitive histopathological evaluation. The procedure was performed under appropriate surgical conditions, and representative tissue samples were obtained from viable areas of the lesion.

Histopathological examination of the excised specimen revealed a diffuse infiltrate of large, atypical cells with prominent vesicular nuclei, conspicuous nucleoli, and abundant cytoplasm. The tumor cells displayed marked pleomorphism, and the background showed extensive areas of necrosis. Further immunohistochemical analysis supported the diagnosis of a high-grade lymphoma exhibiting both anaplastic and plasmacytoid morphological features. These findings were consistent with an aggressive lymphoid malignancy characterized by rapid proliferation and a high likelihood of systemic involvement.

Following the establishment of the diagnosis, a multidisciplinary team comprising specialists in otorhinolaryngology, hematology, oncology, radiology, and pathology convened to formulate an optimal treatment plan. Given the aggressive nature of the disease, urgent initiation of systemic chemotherapy was considered. Additional staging investigations were planned to assess the extent of disease involvement and to guide therapeutic decisions.

However, before definitive oncological treatment could be initiated, the patient's clinical status deteriorated rapidly. She developed signs of systemic involvement, including respiratory distress and pleural effusion, which necessitated admission to the intensive care unit. Further laboratory evaluation revealed the presence of Disseminated Intravascular Coagulation (DIC), a severe and life-threatening complication often associated with high tumor burden and aggressive malignancies. The patient exhibited coagulation abnormalities, thrombocytopenia, and clinical signs consistent with a consumptive coagulopathy(Figure 2).

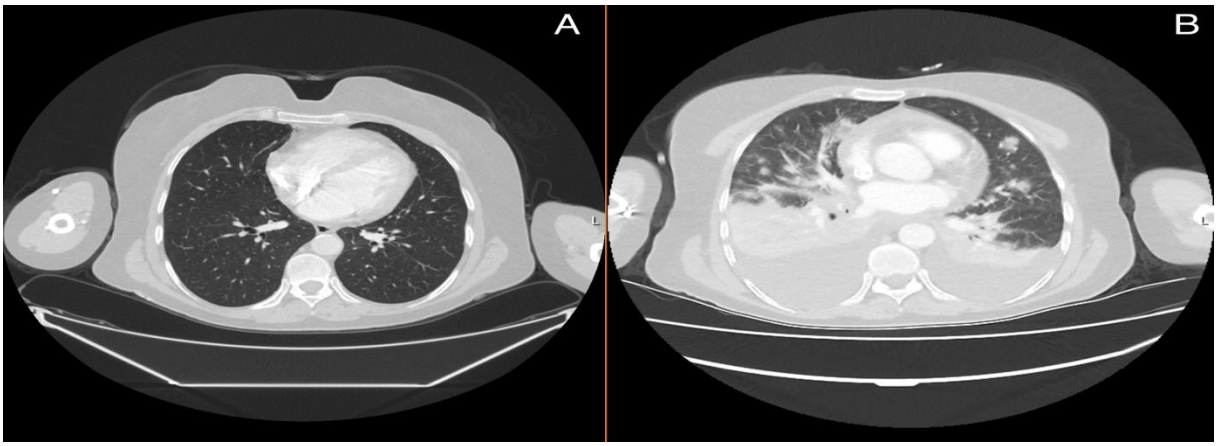


Figure 2: Axial thoracic computed tomography images demonstrating interval pulmonary changes. (A) Preoperative imaging shows normal lung parenchyma without evidence of pleural effusion or consolidation. (B) Follow-up imaging reveals bilateral pleural effusions accompanied by diffuse parenchymal infiltrates and areas of consolidation, consistent with disease progression and systemic involvement.

Despite intensive supportive care measures, including blood product replacement, management of coagulopathy, and close monitoring in the intensive care setting, the patient's condition continued to worsen. The rapid progression of the disease, combined with the development of systemic complications, precluded the initiation of definitive chemotherapy. Ultimately, the patient succumbed to the disease shortly after admission to the intensive care unit.

This case illustrates a highly aggressive clinical course of a rare form of high-grade lymphoma presenting with features that closely mimic a deep neck infection. The initial transient response to antibiotic therapy, followed by rapid clinical deterioration and the emergence of neurological deficits such as vocal cord paralysis, highlights the importance of maintaining a broad differential diagnosis in similar clinical scenarios. The diagnostic challenge was further compounded by the presence of extensive tumor necrosis, which rendered the initial tru-cut biopsy non-diagnostic and necessitated an excisional biopsy for definitive diagnosis.

The progression to severe systemic complications, including pleural effusion and DIC, underscores the aggressive nature of the disease and the narrow window available for timely diagnosis and intervention. This case emphasizes the critical need for early suspicion of malignancy in patients with atypical presentations of presumed infections, particularly when the clinical response to standard therapy is inadequate or short-lived.

DISCUSSION

High-grade lymphomas of the head and neck region represent a diagnostically challenging group of malignancies due to their diverse clinical presentations and aggressive biological behavior. Although lymphomas are among the most common malignancies in this anatomical region, their presentation as a deep neck infection is uncommon and may lead to significant diagnostic confusion[9]. The present case highlights several critical aspects, including the misleading clinical and radiological features, limitations of minimally invasive diagnostic techniques, and the devastating consequences of delayed diagnosis in aggressive lymphoid malignancies with unusual morphological characteristics such as anaplastic and plasmacytoid differentiation.

Deep neck infections are frequently encountered in otorhinolaryngology practice and are typically characterized by rapid onset of neck pain, fever, localized swelling, and elevated inflammatory markers. These infections often arise from odontogenic sources, tonsillar infections, or upper respiratory tract infections and may progress rapidly, necessitating prompt empirical antibiotic therapy[10]. In this context, the initial clinical approach in our case was consistent with standard practice. The patient presented with acute symptoms, inflammatory laboratory findings, and radiological features suggestive of an abscess, all of which supported the preliminary diagnosis of a deep neck infection. However, the subsequent clinical course deviated from the expected pattern, raising suspicion for an alternative underlying pathology.

One of the most important diagnostic pitfalls in such cases is the overlap between infectious processes and necrotic malignant lesions on imaging studies. High-grade lymphomas, particularly those with rapid proliferation rates, often outgrow their vascular supply, resulting in extensive areas of necrosis. These necrotic regions may appear radiologically similar to abscess collections, with hypodense centers and peripheral contrast enhancement. Consequently, reliance solely on imaging findings may be misleading. In the present case, the radiological resemblance to an abscess contributed to the initial misdiagnosis and subsequent delay in definitive diagnosis[11].

Another critical point is the transient clinical response to empirical antibiotic therapy observed in this patient. Partial improvement following antibiotic treatment may create a false sense of diagnostic certainty, leading clinicians to continue the current management strategy without

reconsidering alternative diagnoses. This phenomenon may be explained by the temporary reduction of secondary inflammatory components surrounding the tumor rather than a true resolution of the underlying pathology. Therefore, lack of sustained clinical improvement or recurrence of symptoms shortly after treatment should prompt immediate re-evaluation.

The development of left vocal cord paralysis in our patient was a pivotal clinical finding that indicated a more sinister underlying process. Vocal cord paralysis in the setting of a presumed infection is uncommon and should raise concern for malignancy, particularly in cases involving the parapharyngeal space or areas adjacent to the recurrent laryngeal nerve. This neurological deficit suggests local invasion or compression of neural structures and is often associated with advanced disease. In retrospect, the presence of vocal cord paralysis represented a key turning point that necessitated a broader differential diagnosis beyond infectious etiologies[12].

Histopathological diagnosis remains the gold standard for distinguishing between infectious and malignant processes. However, this case underscores the limitations of minimally invasive biopsy techniques such as tru-cut biopsy in the evaluation of necrotic tumors. The initial biopsy yielded only necrotic tissue, which was non-diagnostic and contributed to further delay. Necrosis is a well-recognized feature of aggressive lymphomas and may significantly reduce the diagnostic yield of small tissue samples. In such situations, early consideration of excisional biopsy is crucial to obtain sufficient viable tissue for accurate histopathological and immunohistochemical analysis. Delayed transition to more definitive diagnostic procedures may result in loss of valuable time in rapidly progressing diseases[13].

The histopathological finding of high-grade lymphoma with anaplastic and plasmacytoid morphology represents a rare and diagnostically challenging entity. Anaplastic features are typically associated with marked cellular pleomorphism and aggressive clinical behavior, while plasmacytoid differentiation may mimic plasma cell neoplasms or other hematological malignancies. This unusual morphological combination can complicate the diagnostic process and requires comprehensive immunophenotypic analysis for accurate classification. Such variants are often associated with high proliferation indices and poor prognosis[14].

The aggressive clinical course observed in this case is consistent with the known behavior of high-grade lymphomas. The rapid progression from localized symptoms to systemic complications highlights the importance of early diagnosis and timely initiation of treatment. Unfortunately, in this patient, the delay in establishing a definitive diagnosis allowed the disease to advance to a stage where life-threatening complications developed before oncological therapy could be initiated[15].

Among these complications, Disseminated Intravascular Coagulation (DIC) is particularly noteworthy. DIC is a severe coagulopathy characterized by widespread activation of the coagulation cascade, leading to both thrombotic and hemorrhagic manifestations. In the context of malignancy, DIC is often associated with high tumor burden, rapid cell turnover, and the release of procoagulant factors. Its development is a poor prognostic indicator and significantly complicates patient management. In addition to DIC, aggressive lymphomas may also lead to other systemic complications such as Hemophagocytic Lymphohistiocytosis (HLH), further contributing to morbidity and mortality[16].

This case also brings attention to the concept of “professional delay,” which refers to delays in diagnosis or treatment attributable to healthcare providers. In complex cases where malignancies mimic benign conditions, such delays are often unavoidable but should be minimized through heightened clinical awareness. Key indicators that should prompt reconsideration of the initial diagnosis include atypical clinical features, lack of sustained response to treatment, rapid progression of symptoms, and the presence of neurological deficits.

Early multidisciplinary collaboration is essential in such scenarios to facilitate comprehensive evaluation and timely decision-making[17].

From a clinical perspective, this case emphasizes several important lessons. First, clinicians should maintain a high index of suspicion for malignancy in patients presenting with deep neck infections that do not respond as expected to standard therapy. Second, imaging findings should be interpreted cautiously, particularly in the presence of extensive necrosis. Third, inconclusive biopsy results should not delay further diagnostic interventions, and excisional biopsy should be considered promptly when necessary. Finally, early involvement of a multidisciplinary team is critical in managing complex cases and improving patient outcomes.

CONCLUSION

In conclusion, high-grade lymphomas with anaplastic and plasmacytoid morphology can closely mimic deep neck infections, leading to significant diagnostic challenges. Awareness of this possibility, careful evaluation of atypical clinical features, and timely use of appropriate diagnostic methods are essential to avoid delays in diagnosis. Given the aggressive nature of these tumors and their potential for rapid progression and systemic complications, early diagnosis and prompt initiation of treatment are crucial for improving survival outcomes.

REFERENCES

1. Kamiński B. Lymphomas of the head-and-neck region. *J Cancer Res Ther*. Oct-Dec 2021;17(6):1347-1350. doi:10.4103/jcrt.JCRT_213_20

2. Weber AL, Rahemtullah A, Ferry JA. Hodgkin and non-Hodgkin lymphoma of the head and neck: clinical, pathologic, and imaging evaluation. *Neuroimaging Clin N Am*. Aug 2003;13(3):371-92. doi:10.1016/s1052-5149(03)00039-x

3. Almuqamam M, Gonzalez FJ, Sharma S, Kondamudi NP. Deep Neck Infections. *StatPearls*. StatPearls Publishing

Copyright © 2026, StatPearls Publishing LLC.; 2026.

4. Storck K, Brandstetter M, Keller U, Knopf A. Clinical presentation and characteristics of lymphoma in the head and neck region. *Head Face Med*. Jan 3 2019;15(1):1. doi:10.1186/s13005-018-0186-0

5. Bhatt NK, Pipkorn P, Paniello RC. Association between Upper Respiratory Infection and Idiopathic Unilateral Vocal Fold Paralysis. *Ann Otol Rhinol Laryngol*. Oct 2018;127(10):667-671. doi:10.1177/0003489418787542

6. Chi S, Ikezoe T. Disseminated intravascular coagulation in non-Hodgkin lymphoma. *Int J Hematol*. Oct 2015;102(4):413-9. doi:10.1007/s12185-015-1854-5

7. Mills S, Lukosevicius E, Sisson R, Prince S. Delayed diagnosis of oral lymphoma: a case series. *Br Dent J*. Feb 2023;234(3):151-154. doi:10.1038/s41415-023-5462-0

8. Buchanan A, Kalathingal S, Capes J, Kurago Z. Unusual presentation of extranodal diffuse large B-cell lymphoma in the head and neck: description of a case with emphasis on radiographic features and review of the literature. *Dentomaxillofac Radiol*. 2015;44(3):20140288. doi:10.1259/dmfr.20140288

9. Faisal M, Mariyam R, Krishna J, Basheer B. A rare case of high-grade non-Hodgkin's lymphoma with oral and multiple extranodal manifestations. *Natl J Maxillofac Surg*. Jan-Apr 2023;14(1):147-151. doi:10.4103/njms.njms_497_21

10. Gargava A, Raghuwanshi SK, Verma P, Jaiswal S. Deep Neck Space Infection a Study of 150 Cases at Tertiary Care Hospital. *Indian J Otolaryngol Head Neck Surg*. Dec 2022;74(Suppl 3):5832-5835. doi:10.1007/s12070-021-02439-6

11. Lutz CM, Bruneau J, Molina TJ, Ejeil AL. Primary Gingival Anaplastic Lymphoma Kinase (ALK)-Positive Anaplastic Large Cell Lymphoma in a Young Boy. *Cureus*. Aug 2025;17(8):e89217. doi:10.7759/cureus.89217

12. Ortega Beltrá N, Martínez Ruíz de Apodaca P, Matarredona Quiles S, Nieto Curiel P, Dalmau Galofre J. Extralaryngeal causes of unilateral vocal cord paralysis: Aetiology and prognosis. *Acta Otorrinolaringol Esp (Engl Ed)*. Nov-Dec 2022;73(6):376-383. doi:10.1016/j.otoeng.2021.11.002

13. Bojanowska-Poźniak K, Nurkowska M, Danilewicz M, Pietruszewska W. Clinical manifestation of malignant lymphomas of the head and neck region. *Otolaryngol Pol*. Dec 30 2017;71(6):14-21. doi:10.5604/01.3001.0010.7192

14. Shustov A, Soma L. Anaplastic Large Cell Lymphoma: Contemporary Concepts and Optimal Management. *Cancer Treat Res*. 2019;176:127-144. doi:10.1007/978-3-319-99716-2_6

15. Johnson JK, Sorensen E. Critical care issues in management of high-grade lymphoma. *Crit Care Nurs Clin North Am*. Dec 2013;25(4):447-57, v-vi. doi:10.1016/j.ccell.2013.08.001

16. Kondo T, Ohara K, Yoshida S, Kojima K. Development of disseminated intravascular coagulation in asymptomatic leukemic non-nodal mantle cell lymphoma. *Ann Hematol*. Aug 2024;103(8):3273-3275. doi:10.1007/s00277-024-05727-7

17. Abdulrahman GO, Jr. The effect of multidisciplinary team care on cancer management. *Pan Afr Med J*. 2011;9:20. doi:10.4314/pamj.v9i1.71195

(60-72) REFLECTIONS OF THE PSYCHO-MOTOR SKILLS OF MONTHLY PRESCHOOL STUDENTS ON COGNITIVE, EMOTIONAL, AND LANGUAGE DEVELOPMENT PROCESSES

(60-72) AYLIK OKULÖNCESİ ÖĞRENCİLERİNİN PSİKO-MOTOR BECERİLERİNİN BİLİŞSEL, DUYUŞSAL VE DİLSEL GELİŞİM SÜREÇLERİNE YANSIMALARI

Mehmet Ali KÖŞECİ

Ministry of National Education, Turkey Chambers and Stock Exchanges Union Hayme Hatun Kindergarten, Rize, Turkey

ORCID ID: https://orcid.org/0009-0007-3942-7473

ABSTRACT

This study aims to evaluate, from the perspective of preschool teachers, how the existing psychomotor skills of preschool students aged 60-72 months reflect on their cognitive, affective, and linguistic development processes. The study was designed as a survey model. The study group consisted of 25 students and 5 teachers. For the checklist developed by the researcher as a data collection tool, opinions were sought from four subject matter experts and a measurement and evaluation expert. The "Checklist for the Reflection of Preschool Students' Psychomotor Skills on Cognitive, Affective, and Language Process Skills," which showed inter-expert agreement (80%), was used as a tool. A scoring key was created for the 20-question checklist consisting of four subheadings. Each observation was scored once. The findings of the study show that students who scored 0-9 points on the checklist had particularly low affective and linguistic skills. Students with high psychomotor skills in the 10-20 point range also demonstrate the highest level of cognitive skills (70%). These skills are followed by linguistic (66%) and affective (60%) skills. Teachers noted that, particularly in the affective domain, students often "need frequent support in fulfilling their responsibilities, are hesitant when starting a new task, often misjudge emotions, struggle to make eye contact and speak, and take time to communicate, etc." Research findings reveal that psychomotor skills are the cornerstone of holistic development in children and are most strongly associated with cognitive achievement; this supports the critical role of physical competence in the construction of mental schemas. Findings such as shyness in linguistic and emotional areas, inability to make eye contact, and difficulty taking responsibility exhibited by children with low psychomotor skills indicate that feelings of physical inadequacy trigger social anxiety and lack of self-confidence.

Keywords: Preschool; Student; Psychomotor; Cognitive; Affective; Linguistic; Skill.

ÖZET

Bu araştırmada, (60-72) ay okulöncesi öğrencilerinin var olan psiko-motor becerilerinin onların bilişsel, duyuşsal ve dilsel gelişim süreçlerine yansımalarının anaokulu öğretmenleri açısından değerlendirilmesi amaçlanmıştır. Araştırma tarama modelinde tasarlanmıştır. Çalışma grubunda 25 öğrenci 5 öğretmen yer almaktadır. Veri yoplama aracı olarak araştırmacı tarafından geliştirilen kontrol listesi için dört alan uzmanı bir ölçme ve değerlendirme uzmanından görüş

alınmıştır. Uzmanlar arası uyumun olduğunu gösteren (% 80) "Okulöncesi Öğrencilerinin Psikomotor Becerilerinin Bilişsel, Duyuşsal ve Dilsel Süreç Becerilerine Yansıması Kontrol Listesi" araç olarak kullanılmıştır. Dört alt başlıktan oluşan 20 soruluk kontrol listesi için bir puanlama anahtarı oluşturulmuştur. Puanlamada her gözlem için 1 puanlaması yapılmaktadır. Araştırmanın bulgularında kontrol listesinden 0-9 toplam puanı alan öğrencilerin özellikle duyuşsal ve dilsel becerilerinin çok düşük olduğu görülmektedir. 10-20 puan aralığındaki psiko-motor beceresi yüksek olan öğrencilerin bilişsel becerilerinin de (%70) oranında en yüksek düzeyde sergilendiği görülmektedir. Bu beceriyi sırasıyla dilsel (%66) ve duyuşsal (%60) beceriler izlemektedir. Özellikle duyuşsal alanda öğretmenler, öğrencilerin genellikle "sorumluluğunu yerine getirmede sık sık desteğe ihtiyaç duyduğunu, yeni bir işe başlarken çekingen davrandıklarını, duyguları genellikle doğru tahmin edemediklerini, göz teması kurmakta ve konuşmakta zorlandıklarını ve iletişim kurmalarının zaman aldığını vb" belirtmiştir. Araştırma bulguları, çocuklarda psiko-motor becerilerin bütüncül gelişimin temel taşı olduğunu ve özellikle bilişsel başarıyla en yüksek düzeyde ilişkilendiğini ortaya koymaktadır; bu durum, fiziksel yetkinliğin zihinsel şemaların inşasındaki kritik rolünü destekler niteliktedir. Psiko-motor becerileri düşük olan çocukların dilsel ve duyuşsal alanlarda sergiledikleri çekingenlik, göz teması kuramama ve sorumluluk almada güçlük çekme gibi bulgular, bedensel yetersizlik hissinin sosyal kaygı ve özgüven eksikliğini tetiklediğini göstermektedir.

Anahtar Kelimeler: Okul Öncesi; Öğrenci; Psikomotor; Bilişsel; Duyuşsal; Dilsel;Beceri

GİRİŞ

Okul öncesi eğitiminin temel amacı; çocuğun ilköğretime başlamadan önce, bedensel, zihinsel, duygusal ve sosyal bir bütün olarak gelişmesi için uygun bir ortamda belirlenen program çerçevesinde eğitimin verilmesidir (Davut, 2008).Gelişim dönemlerini kapsayan yaş dilimlerinin başlangıç ve bitişleriyle ilgili olarak birkaç yıl farklılık gösteren sınıflandırmalar yaptıkları görülür. Genel olarak doğumdan sonraki ilk iki yaş bebeklik, üç-altı yaş ilk çocukluk (oyun), ilkokul yıllarını kapsayan yedi-onbir yaş ikinci çocukluk, oniki-onsekiz yaş ergenlik dönemi olarak kabul edilir (Aral vd.,2000). Okul öncesi dönem çocuğun dil ve bilişsel gelişiminin büyük ölçüde tamamlandığı bir dönemdir. Çocuk 5 yaşına geldiği zaman yaklaşık olarak 2000 kelime ile ana dilini kullanabilir (Erden ve Akman, 1997). Bunun yanında ilk iki yılda görülen bilişsel gelişim çocuğun çevresini tanıma çabalarıyla başlar. Duyular, çevreyi algılama, anlamlandırma, yaşamı güvenli bir şekilde devam ettirebilme ve çevreye uyum için ihtiyaç olan ve bu süreci sağlayan sistemlerdir (Kranowitz, 2014). Duyuların gelişimi anne karnında başlayıp ömür boyu devam etmektedir. Gelişim süreci yaşam boyu sürse de erken çocukluk dönemini kapsayan yaşamın ilk sekiz yılında daha kritik bir öneme sahip olmaktadır (Ender, Demirbaş ve Balıkçı, 2022). Erken çocukluk eğitiminin öncülerinden biri olan Piaget, çocukların erken dönemlerinde deneyimledikleri duyusal süreçlerin, bilgilerin yapılandırılmasında temel faktör olduğunu ifade etmektedir. Hareket yeteneği artan çocukların çevreleri ile etkileşime girdikleri bu sayede algısal tercihleri ve bilgiye ilişkin anlamlandırma süreçlerinin geliştiği kabul edilmektedir (Gander ve Gandier, 2004). Piaget, 2-7 yaş arasını işlem öncesi dönem olarak adlandırır. Dönemin isminde belirtildiği gibi çocuk bu evrede işlem yapamasa da gerekli zihinsel yapıları kazanıp işlem yapmaya hazır hale gelmektedir. Dönem kendi içinde iki alt evrede incelenmektedir. Bunlardan ilki sembolik evre (2-4 yaş), ikincisi sezgisel evredir (4-7 yaş). Sembolik evrede nesneleri zihinde temsil etmek için birtakım semboller kullanılmaktadır. Bu evrede cansız nesneleri canlıymış gibi düşünme (animizm), benmerkezcilik (egosantrizm), olaylara başka birinin gözünden bakamama ve dünyanın merkezinde kendinin olduğunu düşünme görülür. Sezgisel evrede, çocuk sezgileriyle hareket ederek bir probleme çözüm bulabilmekte, ancak açıklama yapamamaktadır. Açıklama

yapamaması, korunum konularında sınırlı düşünceye sahip olmasından kaynaklanmaktadır (Angın, 2015; Keklik, 2014; Miller, 2008; Slavin, 2013). Okul öncesi dönemde gelişim alanların birbirinden bağımsız işlemediği, birbirini beslediği dinamik ve bütüncül bir süreç olduğu bilinmektedir. Psiko-motor beceriler, yalnızca fiziksel bir yetkinlik değil, aynı zamanda beynin nöral ağlarını yapılandıran ve çocuğun çevresini keşfetmesine olanak tanıyan bilişsel bir araç olarak kabul edilmektedir. Alan yazın incelendiğinde duyuşsal becerilerin çocukların gelişimine etkisini araştıran (Arslan, 2021; Cosbey, 2007; Tamblyn, vd., 2022; Yurteri Tiryaki, 2018); duyu gelişiminin, akademik performans arasındaki ilişkiyi inceleyen (Labuschagne, 2023; Stockdale, 2007) araştırmalara da rastlanmıştır.

Okul öncesi dönem (0-6 yaş), bireyin fiziksel, zihinsel, sosyal-duygusal ve dil gelişim süreçlerinin büyük ölçüde tamamlandığı, gelişimsel açıdan kritik bir evre olarak nitelendirilmektedir (Aslanargun ve Tapan, 2012). Bu süreçte denge, koordinasyon ile ince ve kaba motor hareketleri kapsayan psikomotor beceriler, yalnızca bedensel gelişimi desteklemekle kalmayıp; bilişsel (dikkat, çalışma belleği, problem çözme) ve duyuşsal (öz-yeterlik, sosyal uyum, motivasyon) süreçler üzerinde de belirleyici etkiler yaratmaktadır (Pacheco vd., 2025; Shi vd., 2022). Nitekim motor planlama gerektiren yönlendirilmiş hareket etkinliklerinin, yürütücü işlevlerin gelişimine katkı sağladığı ve özellikle ince motor becerilerdeki yetkinliğin; okuma, yazma ve erken matematik performansı gibi akademik hazırbulunuşluk göstergeleriyle güçlü bir korelasyon içerisinde olduğu saptanmıştır (Best, 2010; Cameron vd., 2012; Li, 2025). Bu etkileşimin nörobiyolojik temeli, serebellum ve prefrontal korteks arasındaki fonksiyonel bağlantılara dayanmakta; motor koordinasyon ile bilişsel süreçlerin ortak bir paydada buluştuğunu kanıtlamaktadır (Diamond, 2000). Ek olarak, motor aktivitelerdeki başarı, çocukların öz-yeterlik algısını güçlendirerek öğrenme motivasyonunu ve grup etkileşimleri yoluyla empati ile iş birliği gibi sosyal-duygusal yeterliklerini de eş zamanlı olarak geliştirmektedir (Capio vd., 2024; Gallahue & Ozmun, 2006).

Okul öncesi dönemde psikomotor becerilerin desteklenmesi, yalnızca somatik gelişimin bir gerekliliği değil; aynı zamanda bilişsel kapasitenin maksimize edilmesi ve duyuşsal süreçlerin yapılandırılması açısından kritik bir öneme sahiptir. Literatürde, motor beceriler ile zihinsel fonksiyonlar arasındaki bu simbiyotik ilişki, erken çocukluk eğitiminde hareket temelli müdahalelerin önemini vurgulamaktadır. Bu doğrultuda, okul öncesi eğitim programlarının, çocukların bütüncül gelişimini optimize etmek amacıyla sistematik ve yapılandırılmış hareket etkinliklerini içerecek şekilde dizayn edilmesi elzem görülmektedir (Basit, 2023; Pacheco vd., 2025).

Biliş kavramı; düşünme, anlama, öğrenme, dikkat, problem çözme, çıkarım yapma, karar verme ve bellek gibi kompleks zihinsel operasyonları kapsayan bir süreç olarak tanımlanmaktadır (Pound, 2013; Halls, 2014; Kırpınar, 2020). Düşünme süreçlerinin yetkin bir biçimde yönetilmesi, bireyin dürtüsel eğilimlerini denetleyerek sonuç odaklı ve rasyonel karar verme mekanizmalarını güçlendirmektedir (Kapalka, 2007; Chadwick, 2014). Vygotsky (1979) tarafından ileri sürülen sosyal etkileşim kuramı doğrultusunda, çocuğun bu bilişsel süreçleri çevresiyle kurduğu dinamik etkileşimler neticesinde edindiği ve geliştirdiği kabul edilmektedir. Özellikle yaşamın ilk altı yılı, nöral plastisitenin en yüksek olduğu ve sinirsel bağlantıların deneyimler aracılığıyla yapılandığı kritik bir evre olup; bu dönemde gerçekleşen çevresel etkileşimler, sorgulama ve anlamlandırma becerileri ile dünyayı kavramsal olarak örgütleme kapasitesinin temelini oluşturmaktadır (Shonkoff & Phillips, 2000). Erken çocukluk evresindeki bu nitelikli deneyimlerin, bireyin ileriki yaşamındaki akademik başarı, genel sağlık statüsü ve psikolojik iyi oluş hali üzerinde kalıcı ve belirleyici etkileri olduğu saptanmıştır (UNICEF, 2023).

Okul öncesi dönem, bireyin problem çözme, akıl yürütme, analiz-sentez ve eleştirel-yaratıcı düşünme gibi üst düzey bilişsel fonksiyonlarının temel taşlarını oluşturması bakımından stratejik bir öneme sahiptir. Bu becerilerin tesadüfi deneyimlerden ziyade, yapılandırılmış eğitim programları aracılığıyla sistematik bir şekilde desteklenmesi; bireyin akademik projeksiyonunun yanı sıra uzun vadeli sosyal uyum ve yaşam boyu öğrenme dinamikleri üzerinde de belirleyici bir etkiye sahiptir (Başerer & Duman, 2019). Yapılan araştırmalar, uygun çevresel uyaranlar ve pedagojik yaklaşımlar sağlandığında, erken çocukluk dönemindeki bireylerin karmaşık akıl yürütme süreçlerine dahil olabildiklerini ve eleştirel sorgulama yetisi sergileyebildiklerini kanıtlamaktadır (Demirbilek & Gültekin, 2024). Ayrıca literatürde; bilişsel düzeyin tayini, üst bilişsel farkındalık düzeyleri, varlık hissi algısı ve fiziksel aktivitelerin bireysel tutum ile algı mekanizmaları üzerindeki multidisipliner etkilerini inceleyen kapsamlı çalışmalar mevcuttur (Dağdelen, 2019; Markowitz vd., 2018).

Çocuklarda duygu yönetimi becerilerinin tesisi, sosyal ilişkilerin niteliğini ve bireyler arası olumlu etkileşimi doğrudan desteklemekte; duyguların işlevsel bir biçimde ifade edilmesi ise sosyal yeterliliğin temel bir göstergesi olarak kabul edilmektedir (Ashiabi, 2000). Okul öncesi dönemde duygusal farkındalığın yanı sıra bedensel ve zihinsel farkındalık kazanımlarının bütüncül bir yaklaşımla desteklenmesi gerekliliği, yoga gibi sistematik uygulamaların eğitim programlarına entegrasyonunu ön plana çıkarmaktadır (Stapp & Wolff, 2019). Zihin ve beden arasındaki dinamik etkileşimi temel alan yoga uygulamaları; oyun ve öyküleştirme yöntemleri aracılığıyla çocukların sürece aktif katılımını sağlayarak zihinsel-bedensel regülasyon, odaklanma kapasitesi, fiziksel ve psikolojik iyi oluş ile esneklik gibi kazanımları teşvik etmektedir. Literatürde bu tür müdahalelerin, çocukların öz-farkındalık, öz-güven ve dikkat süreçlerini optimize etmenin yanı sıra kendilerine ve çevrelerine yönelik geliştirdikleri saygı temelli tutumlar üzerinde de manidar ve olumlu etkiler yarattığı vurgulanmaktadır (Göçek, 2009; Kim, Wee, Gilbert & Choi, 2016; Riley, 2004; Wenig, 2015).

Dil, toplumu oluşturan bireyler arasında duygu, düşünce ve fikir paylaşımına olanak tanıyarak sosyal etkileşimi mümkün kılması bakımından kültürün ve toplumsal yapının asli bileşenlerinden biri olarak değerlendirilmektedir (Slobin, 2003; Yıldırım ve Ege, 2015). Çocukların dil edinim sürecinde temel bir yapı taşı niteliği taşıyan anlatı becerisi; sözcük dağarcığının genişlemesine, dilbilgisel kuralların içselleştirilmesine ve kompleks cümle yapılarının semantik bir bütünlük içerisinde organize edilmesine zemin hazırlamaktadır (Justice & Pence, 2005). Yaşamın ilk beş yılında ilk sözcük üretiminden sofistike diyaloglara katılım yetisine kadar uzanan bu gelişimsel projeksiyonda; çocukların deneyimlerini aktarmak, olgusal açıklamalar yapmak ve kurgusal öyküler inşa etmek amacıyla dili bağlamdan bağımsız bir biçimde kullanabilme yetkinliğine erişmeleri, bilişsel ve linguistik açıdan üst düzey bir gelişimsel kazanım olarak kabul edilmektedir (Boudreau, 2008).

Bu araştırmada, (60-72) ay okulöncesi öğrencilerinin var olan psiko-motor becerilerinin onların bilişsel, duyuşsal ve dilsel gelişim süreçlerine yansımalarının anaokulu öğretmenleri açısından değerlendirilmesi amaçlanmıştır.

YÖNTEM

Araştırmanın Modeli

(60-72) aylık okul öncesi öğrencilerinin psiko-motor becerilerinin bilişsel, duyuşsal ve dilsel gelişim süreçlerine yansımalarının incelendiği bu araştırma genel tarama modelinde tasarlanmıştır. Tarama modeli geçmişte ya da halen var olan bir durumu, var olduğu şekliyle betimlemeyi amaçlayan araştırma yaklaşımıdır (Karasar, 2020). Bu modelde, araştırmaya konu olan olay, birey ya da nesne, kendi koşulları içinde ve herhangi bir müdahalede bulunulmadan

tanımlanmaya çalışılır. Tarama modelinin temel amacı, incelenen değişkenlerin özelliklerini, dağılımlarını ve birbirleriyle olan ilişkilerini ortaya koyarak mevcut durumun bir fotoğrafını çekmektir (Fraenkel, Wallen ve Hyun, 2012).

Çalışma Grubu

Çalışma grubunu, Türkiye Odalar ve Borsalar Birliği Hayme Hatun Anaokulu'nda öğrenim gören 25 öğrenci ve sınıflarında görev alan 5 öğretmen oluşturmaktadır.

Veri Toplama Aracı

Veri toplama aracı olarak araştırmacı tarafından yeni program içeriğine geliştirilen göre Okulöncesi Öğrencilerinin Psikomotor Becerilerinin Bilişsel, Duyuşsal ve Dilsel Süreç Becerilerine Yansıması Kontrol Listesi (EK1) kullanılmıştır. Kontrol listesinin geliştirilmesi aşamasında dört alan uzmanı ve bir ölçme ve değerlendirme uzmanından uzman görüşü alınmıştır. Miles ve Huberman'a (1994) göre, bir ölçme aracında ya da veri toplama aracında içerik tutarlılığının sağlanabilmesi için uzmanlar arasında belirli bir düzeyde uzlaşmanın bulunması gerekmektedir. Uzmanlar arası görüş birliği, ölçme aracının nesnelliğini güçlendiren önemli bir göstergedir. Uzmanlar arası uyumun nicel olarak belirlenmesinde Miles ve Huberman tarafından önerilen;

Formül= Görüş Birliği /(Görüş Birliği + Görüş Ayrılığı) × 100

kullanılarak hesaplanmaktadır.

Bu formül, uzmanların değerlendirmeleri arasındaki tutarlılığı ortaya koymayı amaçlamaktadır. Araştırmada hesaplanma sonucunda (4/5*100) oranında uzmanlar arası uyum elde edilmiştir. Uzmanlar arası uyumun olduğunu gösteren (% 80) "Okulöncesi Öğrencilerinin Psikomotor Becerilerinin Bilişsel, Duyuşsal ve Dilsel Süreç Becerilerine Yansıması Kontrol Listesi« bu sonuca dayalı olarak veri toplama aracı olarak kullanılmıştır.

Dört alt başlıktan oluşan 20 soruluk kontrol listesi için bir puanlama anahtarı oluşturulmuştur. Puanlamada her gözlem için «1» puanlaması yapılmaktadır. Toplam 15-20 puan: Yüksek düzeyde yansıma, 9-14 puan: Orta düzeyde yansıma, 0-8 puan: Düşük düzeyde yansıma olarak değerlendirilmiştir.

BULGULAR

Araştırmanın bulgularında kontrol listesinden 0-9 toplam puanı alan öğrencilerin özellikle duyuşsal ve dilsel becerilerinin çok düşük olduğu görülmektedir. Özellikle duyuşsal alanda öğretmenler, öğrencilerin genellikle "sorumluluğunu yerine getirmede sık sık desteğe ihtiyaç duyduğunu, yeni bir işe başlarken çekingen davrandıklarını, duyguları genellikle doğru tahmin edemediklerini, göz teması kurmakta ve konuşmakta zorlandıklarını ve iletişim kurmalarının zaman aldığını vb" belirtmiştir.

Tablo 1. Psiko-Motor Beceriler ve Gelişim Alanları Tablosu

Gelişim Alanı	En Yüksek Düzeyde Sergilenme Oranı %
Bilişsel Beceriler	70
Dilsel Beceriler	66
Duyuşsal Beceriler	60

Öğretmenlerinin gözlemlerine göre belirlenen 10-20 puan aralığındaki psiko-motor beceresi yüksek olan öğrencilerin bilişsel becerileri (%70) oranında en yüksek düzeyde sergilediği görülmektedir. Bu beceriyi sırasıyla dilsel (%66) ve duyuşsal (%60) becerileri izlemektedir.

1.Bilişsel Beceriler

Psiko-motor becerilerin bilişsel alan üzerindeki en yüksek yansıma oranına (%70) sahip olması, fiziksel yetkinliğin zihinsel şemaların inşasındaki kritik rolünü desteklemektedir.

-Keşif ve Algı: Hareket yeteneği artan çocuk çevresiyle daha fazla etkileşime girer; bu da nesneleri karşılaştırma (2.a), ayrıntıları hatırlama (2.b) ve benzerlik/farklılıkları ayırt etme (2.d) gibi bilişsel süreçleri hızlandırır.Nöral Yapılandırma: Psiko-motor beceriler, beynin nöral ağlarını yapılandırarak çocuğun çevresini keşfetmesine olanak tanıyan bilişsel bir araç işlevi görür.

-Nöral Yapılandırma: Psiko-motor beceriler, beynin nöral ağlarını yapılandırarak çocuğun çevresini keşfetmesine olanak tanıyan bilişsel bir araç işlevi görür.

2. Dilsel Beceriler

Gelişimi ile motor beceriler arasındaki %66'lık oran, çocuğun dünyayı fiziksel olarak deneyimlemesinin sembolik temsil yeteneğini artırdığını göstermektedir.

-İfade Yeteneği: Psikomotor açıdan aktif olan çocuk, yaşadıklarını ve gördüklerini anlatma (4.c) veya bir öyküyü aktarma (4.d) konusunda daha yüksek bir motivasyon ve veri setine sahip olur.

-Sembolik Evre: Piaget'nin belirttiği gibi 2-7 yaş arası işlem öncesi dönemde dil gelişimi hızlanır; motor beceriler bu evredeki "mış gibi" oyunlarla dilsel ifadeyi zenginleştirir.

3.Duyuşsal Beceriler

Duyuşsal alanın %60 ile üçüncü sırada yer alması, bedensel yetkinliğin sosyal özgüven üzerindeki önemini açıklamaktadır.

-Özgüven ve Sosyalleşme: Ayakkabı bağlama (1.e) veya el yıkama (1.d) gibi öz bakım becerilerini gerçekleştirebilen çocuk, kendine güven duyma (3.b) ve yeni bireylerle iletişim kurma (3.c) konularında daha başarılıdır.

-Sosyal Kaygı Durumu: Araştırma, psiko-motor becerileri düşük çocukların sosyal kaygı yaşadığını ve sorumluluk almada (3.a) güçlük çektiğini göstermektedir. Bu durum, fiziksel becerinin sosyal hayata katılım için bir ön koşul işlevi gördüğünü kanıtlar.

Tablo 2. Psiko-Motor Becerisi Düşük Öğrencilerin Profili Tablosu

Alan	**Gözlemlenen Sorunlar ve Bulgular**
Genel Beceri Düzeyi	Özellikle duyuşsal ve dilsel becerilerin "çok düşük" olduğu görülmektedir.
Duyuşsal (Sosyal/Duygusal)	Sorumluluk almada sık sık destek ihtiyacı olduğu, yeni işlerde çekingenlik, duyguları tahmin edememe durumlarının olduğu görülmektedir .
Sosyal Etkileşim	Göz teması kurmakta ve konuşmakta zorlanma, iletişim kurmanın uzun zaman aldığı görülmektedir.
Psikolojik Etki	Bedensel yetersizlik hissinin sosyal kaygı ve özgüven eksikliğini tetiklediği görülmektedir.

Araştırma, psiko-motor becerilerin bütüncül gelişimin temel taşı olduğunu ve özellikle bilişsel başarıyla en yüksek düzeyde uyum gösterdiğini kanıtlamaktadır.

SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Araştırma bulguları, çocuklarda psiko-motor becerilerin bütüncül gelişimin temel taşı olduğunu ve özellikle bilişsel başarıyla en yüksek düzeyde ilişkilendiğini ortaya koymaktadır; bu durum, fiziksel yetkinliğin zihinsel şemaların inşasındaki kritik rolünü destekler niteliktedir. Psiko-motor becerileri düşük olan çocukların dilsel ve duyuşsal alanlarda sergiledikleri çekingenlik, göz teması kuramama ve sorumluluk almada güçlük çekme gibi bulgular, bedensel yetersizlik hissinin sosyal kaygı ve özgüven eksikliğini tetiklediğini göstermektedir. Bu doğrultuda, okulöncesi eğitim programlarında hareket eğitiminin sadece fiziksel bir aktivite olarak değil, aynı zamanda sosyal etkileşimi ve duygu yönetimini içeren disiplinlerarası bir yöntemle yapılandırılması gerekliliği ortaya çıkmaktadır.

Özellikle düşük puan alan çocukların dilsel ve duyusal becerilerini desteklemek adına bireyselleştirilmiş müdahale programlarının geliştirilmesi akademik bir gereklilik olarak görülmektedir.

Bu araştırma, çocuğun bedensel olarak aktif ve becerikli olmasının bilişsel, dilsel ve duyuşsal yetilerini de doğrudan desteklediğini kanıtlamaktadır. Özellikle "duyuşsal" alandaki eksikliklerin, çocuğun sosyal hayata katılımını zorlaştırdığı görülmektedir. Okul öncesi müfredatında psiko-motor etkinliklerin artırılmasının diğer gelişim alanlarını da "kaldıraç etkisiyle" yükselteceği söylenebilir.

KAYNAKLAR

Angın, E. (2015). Bilişsel gelişim. E. Arslan (Ed.), Erken çocukluk döneminde gelişim (s. 1-14) içinde. Ankara: Eğiten.

Aral, N., Baran, G., Bulut, Çimen, S. (2000). *Çocuk Gelişimi 1*", Ya-Pa Yayın ve Pazarlama, İstanbul.

Arslan, R. (2021). Annelere yönelik hazırlanan duyusal gelişim destek programının otizmli çocuklarının duyusal ve sosyal gelişimlerine olan etkisinin incelenmesi. (Doktora tezi). İnönü Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Malatya

Ashiabi, G. S. (2000). Promoting the emotional development of preschoolers. Early Childhood Education Journal, 28, 79-84.

Aslanargun, E., Tapan, F. (2011). Okul öncesi eğitim ve çocuklar üzerindeki etkileri. *Abant İzzet Baysal Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi, 11 (2*), 219-238.

Basit, O. (2023). Türkiye'de okul öncesi dönem çocuklarının psikomotor gelişimi ve eğitim uygulamaları. DergiPark.

Başerer, D., & Duman, E. Z. (2019). Felsefi süreç içinde düşünme olgusu. *Nevşehir Hacı Bektaş Veli Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, 9*(2), 379–395.

Boudreau, D. (2008). Narrative abilities: Advances in research and implications for clinical practice. Topics in 10.1016/j.jcomdis.2017.04.001.

Cameron, C. E., Brock, L. L., Murrah, W. M., Bell, L. H., Worzalla, S. L., Grissmer, D., & Morrison, F. J. (2012). Fine motor skills and executive function both contribute to kindergarten achievement. *Child Development, 83*(4), 1229–1244.

Capio, C. M., et al. (2024). The contributions of motor skill proficiency to cognitive and social development. *Scientific Reports, 14*(1), 2234.

Chadwick C, 2014. *Teaching kids to think critically: Effective problem solving and better decisions*. London, Rowman & Littlefield.

Cosbey, J. (2007). A comparison of social participation patterns between children with and without sensory processing disorders.(Doctoral dissertation). Department of Special Education, University of Utah.

Dağdalan, G. (2019). *Sanal gerçeklik ve animasyon destekli fen bilimleri öğretiminin öğrencilerin bazı öğrenme ürünlerine etkisi.* Yüksek Lisans Tezi, Ordu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Ordu.

Davut, Y. (2008). Okulöncesi eğitim almış ve almamış öğrencilerin okula uyumlarının karşılaştırılması, Yüksek Lisans Tezi, Yeditepe Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul.

Demirbilek, Y., & Gültekin, A. (2024). Çocuklar için felsefe: düşüncenin yeni ufukları (P4C). *Bingöl Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, 27*, 19-34.

Diamond, A. (2000). Close interrelation of motor development and cognitive development and of the cerebellum and prefrontal cortex. *Child Development, 71*(1), 44–56.

Ender, Z., Demirbaş, D. & Balıkçı, A. (2022). Duyusal gelişim. İçinde. G., Akyürek (Ed.). Büyüme ve Gelişim, (s. 169-189). Ankara: Hipokrat Yayıncılık.

Erden, M. Akman Y., (1997). *Eğitim Psikolojisi,* Ankara: Arkadaş Yayıncılık.

Fraenkel, J. R., Wallen, N. E. ve Hyun, H. H. (2012). *How to design and evaluate research in education.* New York: McGraw-Hill.

Gallahue, D. L., & Ozmun, J. C. (2006). *Understanding motor development: Infants, children, adolescents, adults*. McGraw-Hill.

Gander, M. J. ve Gardiner, H. W. (2004). Çocuk ve Ergen Gelişimi. (Çev. B. Onur).Ankara: İmge Kitabevi.

Göçek, Ö. (2009). *Çocuklarda yoga hareketleri ve sağlıklı yaşam*. İstanbul: Kaknüs.

Halls, J. (2014). *Memory and cogniton in learning.* USA, American society for training and development.

Justice, L. M., & Pence, K. L. (2005). *Scaffolding with storybooks: A guide for enhancing young children's language and literacy achievement.* Springer.

Kapalka, G. M.(2007). *Parenting your out-of-control child: An effective, easy-to-use program for teaching self-control*. USA, New harbinger publication.

Karasar, N. (2020). *Bilimsel Araştırma Yöntemi*. Ankara: Nobel Akademik.

Keklik, İ. (2014). Bilişsel gelişim. İ. Yıldırım (ed.), *Eğitim Psikolojisi* (s.62-73) içinde. 4. Baskı. Ankara: Anı.

Kırpınar, İ. (2020). *Bilişsel Psikoloji.* 2. Baskı, İstanbul, Psikonet yayıncılık ve eğitim, s. 25-31

Kim, K. J., Wee, S. J., Gilbert, B. B., & Choi, J. (2016). Young children's physical and psychological well-being through yoga. *Childhood Education, 92*(6), 437-445.

Kranowitz, C. S. (2014). Senkronize Olamayan Çocuk: Duyu Bütünleme Bozukluğunu Anlayabilme Ve Onunla Başa Çıkabilme. (Baggio, E. Ş. Çev.), İstanbul: Pepino Yayıncılık.

Labuschagne, M. E. (2023). Foundation phase teachers' views on the role of proprioceptive development in school readiness.(Master Disertation). University of Pretoria, Pretorıa

Li, Y. (2025). Research progress on the relationship between fine motor and learning outcomes. *Frontiers in Psychology.*

Markowitz, D. M., Laha, R., Perone, B. P., Pea, R. D. & Bailenson, J. N. (2018) Immersive virtual reality field trips facilitate learning about climate change. *Frontiers in Psychology, 9*, 2364.

Miller, P. H. (2008). Gelişim Psikolojisi Kuramları. (Çev. Z. Gültekin). Yay. Haz. Bekir Onur. Ankara: İmge Kitabevi.

Pacheco, C., et al. (2025). *Effects of movement behaviors on preschoolers' cognition*. Frontiers in Human Neuroscience.

Pound L, 2013. *Quick guides for early years: Cognitive development.* London, Hodder education p. 2

Riley, D. (2004). Hatha yoga and the treatment of illness. *Alternative Therapies in Health and Medicine, 10*(2), 20-25.

Shi, P., et al. (2022). Motor skills and cognitive benefits in children and adolescents: A systematic review. *Pediatric Exercise Science, 34*(1), 23–35.

Shonkoff, J. P., & Phillips, D. A. (Eds.). (2000). *From neurons to neighborhoods: The science of early childhood development.* National Academy Press.

Slavin, R. E. (2013). *Eğitim Psikolojisi: Kuram Ve Uygulama*. 10. Baskı. (Çev. Ed. G. Yüksel). Ankara: Nobel.

Slobin, D. I. (2003). Language and thought online: cognitive consequences of linguistic relativity. In D. Gentner & S. Goldin-Meadow (Eds.), *Language in mind: Advances in the study of language and thought* (pp. 157-191). Cambridge: MIT.

Stapp, A. C., & Wolff, K. (2019). Young children's experiences with yoga in an early childhood setting. *Early Child Development and Care, 189*(9), 1397-1410.

Stockdale, M. E. (2007). *Teachers' use of sensory activities in primary literacy lessons: A study of teachers trained in Accelerated Literacy Learning*. University of South Florida.

Tamblyn, A., Skouteris, H., North, A., Sun, Y., May, T., Swart, E., ... & Blewitt, C. (2023). Physical and sensory environment interventions to support children's social and emotional development in early childhood education and care settings: a systematic review. *Early Child Development and Care, 193*(5), 708-724.

UNICEF. (2023). *Early childhood development: UNICEF vision for every child.* United Nations Children's Fund.

Vygotsky, L.S. (1979). Mind in society: The development of higher psychological processes. Eds: Cole MS, John-Steiner V, Scribner S, Souberman E. 2nd ed, USA, Harvard University Press.

Yıldırım, A., & Ege, P., (2015). Down sendromu olan çocukların temel kavramları ile ortalama sözce uzunlukları arasındaki ilişki. *Abant İzzet Baysal Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi, 15*, 17-41.

Yurteri Tiryaki, A. (2018). Duyusal destek programının prematüre ve düşük doğum ağırlıklı bebeklerin farklı alanlardaki gelişimlerine etkisinin incelenmesi. (Yayımlanmamış Doktora tezi). Ankara Üniversitesi, Ankara .

EK1.

Okulöncesi Öğrencilerinin Psikomotor Becerilerinin Bilişsel, Duyuşsal Ve Dilsel Süreç Becerilerine Yansıması Kontrol Listesi (Check List)

Bu kontrol listesi, okulöncesi çocukların psikomotor becerilerinin bilişsel, duyuşsal ve dilsel süreçlere nasıl yansıdığını gözlemlemek için hazırlanmıştır. Her madde için "✓" "(Gözlemlendi)" veya "✗" "(Gözlemlenmedi)" seçeneklerinden uygun olanı işaretleyiniz.

Gözlem Alanı	**Davranış Göstergesi**	**Gözlem Durumu (✓, X)**	**Açıklama / Not**
I. PSİKOMOTOR	1.a. Nesneleri kaptan kaba boşaltır.		
	1.b. Çeşitli hareketleri müzik ve ritim eşliğinde ardı ardına yapar.		
	1.c. Yatay,dikey,eğri ve eğik çizgiler çizer.		
	1.d. Elini yüzünü yıkar, kurular.		
	1.e. Ayakkabılarını bağlar.		
II. BİLİŞSEL	2.a.Nesne/varlık/olayları çeşitli özelliklerine göre karşılaştırır.		
	2.b.Kısa bir süre gösterilen bir resimdeki ayrıntıları hatırlar.		
	2.c.Bir olaydan sonra ne olabileceğini tahmin eder.		
	2.d.Nesneler arasındaki benzerlik ve farklılıkları söyler.		
	2.e.Gösterilen gruptaki nesneleri sayar.		
III. DUYUŞSAL	3.a.Aldığı sorumluluğu yerine getirir.		
	3.b.Kendine güven duyar.		
	3.c.Yeni tanıştığı bireylerle kolay iletişim kurar.		
	3.d.Başkalarının duygularını açıklar.		
	3.e.Gerekli durumlarda kuralları başkalarına açıklar.		
IV.DİLSEL	4.a.Verilen sese benzer sesler çıkarır.		
	4.b.Kim, ne, ne zaman, nerede, neden ve nasıl? Gibi sorular sorar.		
	4.c.Yaşadıkları / gördüklerini anlatır.		
	4.d.Dinlediği bir öyküyü anlatır.		
	4.e.Sesinin şiddetini ayarlar.		

A DETERMINISTIC MODEL FOR CARDIOVASCULAR DISEASE: ANALYSIS, SIMULATION, AND CONTROL IMPLICATIONS

Agbo Christiana Ene

University of Abuja, Faculty of Science, Department of Mathematics, Abuja, Nigeria

Orcid ID: https://orcid.org/0009-0006-1056-2404

Abah Roseline Toyin

University of Abuja, Faculty of Science, Department of Mathematics, Abuja, Nigeria

Orcid ID: https://orcid.org/0000-0001-8970-3586

ABSTRACT

Introduction and Purpose: Cardiovascular disease remains a substantial contributor to the increase in global mortality rates, thereby underscoring the imperative for the creation of effective strategies aimed at transmission reduction, prevention, and management. The objective of this study is to develop a mathematical model relevant to the dynamics of cardiovascular disease, perform analytical and numerical analyses concerning the aforementioned dynamics.

Materials and Methods: The model analysis employs the next generation matrix method to derive the basic reproduction numbers and evaluate the stability of the model's dynamics using Lyapunov functions and LaSalle's invariance.. Numerical simulations were conducted to validate the analytical findings and to illustrate the effectiveness of control measures designed to reduce the basic reproduction number

Results: Stability analyses reveal that the disease-free equilibrium is globally asymptotically stable indicating the possibility of disease eradication through effective interventions. The use Lyapunov functions and LaSalle's invariance principle demonstrates the long-term behaviour of the system under varying epidemiological conditions

Discussion and Conclusion: These findings accentuate the critical importance of prioritizing early interventions in the prevention of cardiovascular disease, thus providing a comprehensive framework for the development of public health initiatives.

Keywords: Cardiovascular disease, Deterministic Model, Dynamics, Stability Analysis, Next generation matrix.

INTRODUCTION

Cardiovascular diseases comprise a multitude of conditions, inclusive of congenital heart anomalies. Cardiovascular disease (CVD) encompasses a spectrum of pathologies affecting the heart and blood vessels, representing the predominant cause of mortality and morbidity worldwide, including in Uzbekistan. This underscores the imperative for heightened awareness, proactive prevention, and effective management strategies to mitigate its prevalence and repercussions. Such conditions include atherosclerosis-induced ischemic heart disease,

arrhythmias, cardiomyopathies, and heart failure. A comprehensive management strategy is crucial, given the intricate and interdisciplinary nature of these medical challenges (Tang, 2024). Principal risk factors encompass hypertension, hypercholesterolemia, obesity, diabetes mellitus, tobacco use, and excessive alcohol consumption, all of which significantly influence mortality rates and cognitive performance, particularly among the elderly population (Elias & Dore, n.d.).

Cardiovascular disease (CVD) remains a leading contributor to global mortality, accounting for nearly 18 million fatalities annually, thereby constituting a major public health concern. The escalating age-adjusted mortality rate attributable to CVD and the prevalence of conditions such as coronary artery disease and heart failure accentuate the urgency of addressing this health crisis. Persistent challenges, including healthcare disparities, aging demographics, and the emergence of novel risk factors, complicate the management of CVD, signifying deficiencies in existing strategies (Manisha et al., 2025). This medical condition may manifest asymptomatically during its initial stages, thus rendering early detection and preventive interventions critically important. A diverse array of modifiable risk factors, including hypertension, tobacco use, obesity, diabetes mellitus, dyslipidemia, and adverse lifestyle choices, significantly promote its progression (Roth et al., 2020). Numerous investigations have developed models that examine heart rate dynamics, cardiovascular responses, and the ramifications of varied physiological states. These models provide invaluable insights into the transition from stable to chaotic heart rate patterns, the effects of physical exercise on cardiovascular stability, and the diagnostic capabilities of mathematical approaches (Mezentseva et al., 2017). Xia et al. (2012) investigate mathematical models relevant to the dynamics of the cardiovascular system, including heart disease, emphasizing the importance of computational methodologies for stability assessment and understanding physiological processes, which aid in the enhancement of diagnostic and therapeutic strategies for heart disease (Xia et al., 2012). Schirber (2013) articulates the necessity for novel mathematical models that accurately represent the heart's stable yet non-periodic rhythmic activity, which is critical for elucidating the dynamics of heart disease and evaluating stability within biological systems, thereby highlighting the complexities of cardiac functionality (Schirber, 2013). Mesentseva (2014) employs computational modeling to assess the parametric stability of heart rate dynamics in the context of atrial fibrillation, focusing on the curvature of the atrioventricular nodal delay function and the impact of ectopic sources on heart rate stability (Mesentseva, 2014). As articulated by Agbo et al. (2024), the model integrates agent-based modeling to simulate individual-level alterations in lifestyle and environmental exposures, alongside interconnected ordinary differential equations to elucidate population-level dynamics in disease transmission.

METHODOLOGY

In this section, we study the global stability of the SEIR model for cardiovascular disease. The model will employ a compartmental structure to represent the population dynamics in relation to heart disease. The population is stratified into four distinct compartments, each capturing a specific aspect of the individual's health status namely:

- Susceptible (S): Individuals who are devoid of cardiovascular diseases but are vonrable .
- Exposed due to lifestyle (E): This compartment encapsulates individuals subjected to varying levels of cardiovascular disease. The levels of exposure are ascertained based on lifestyle, genetic and dietary habits, taking into account factors such as the consumption of processed foods, salt intake, smoking, and traditional dietary practices over time.

- Infected (I): This compartment represents individuals who have developed heightened levels of cardiovascular disease over time.
- Recovered (R): Individuals who have recovered from the effects of cardiovascular disease. This compartment incorporates lifestyle modifications, medical treatments, or other determinants that may influence recovery.

The transitions between these compartments are dictated by a set of parameters encapsulating the rates of change within each compartment over time given in table1.

TYPE1: MODEL PARAMETER DESCRIPTION

S/NO	PARAMETERS	DESCRIPTION
1	μ	Birth rate
2	α	Natural mortality rate
3	β	Transmission rate of cardiovascular diseases
4	γ	Progression rate from exposed to infected
5	ω	Mortality rate due to cardiovascular disease
6	δ	Recovery rate

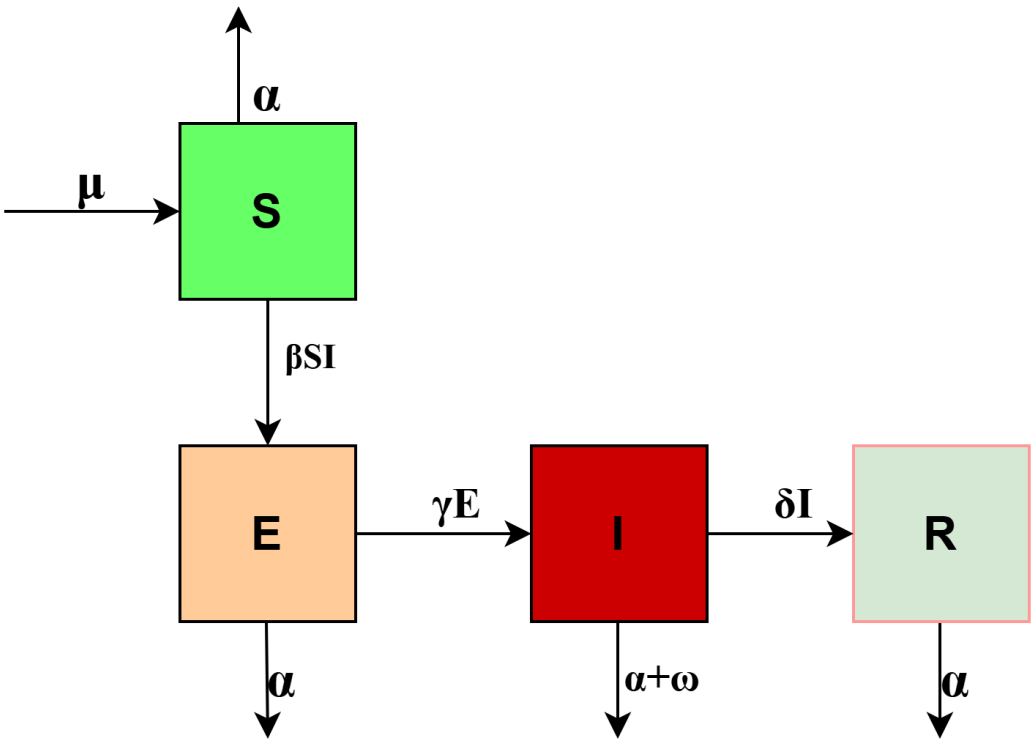


FIGURE1:THE MODEL DIAGRAM

The model equations are as follows

$\frac{dS}{dt} = \mu - \beta SI - \alpha S$ (1)

$\frac{dE}{dt} = \beta SI - \gamma.E - \alpha E$ (2)

$\frac{dI}{dt} = \gamma.E - (\alpha+\delta+\omega)I$ (3)

$\frac{dR}{dt} = \delta.I - \alpha R$ (4)

as

$N(t) = S(t)+E(t)+I(t)+R(t)$ (5)

Subject to the initial condition $S>0$, $E\geq 0$, $I\geq 0$ *and* $R\geq 0$.

Analysis Of Seir Model For Cardiovascular Disease

Equilibrium Analysis

Equilibrium analysis is carried out to determine the disease-free equilibrium point and endemic equilibrium point. To determine the two equilibrium points, each equation (1-4) must be equal to zero(0) or $\frac{dS}{dt}=0$, $\frac{dE}{dt}=0$, $\frac{dI}{dt}=0$ and $\frac{dR}{dt}=0$ thus obtained

$\mu - \beta SI - \alpha S = 0$ (6)

$\beta SI - (\gamma+\alpha)E = 0$ (7)

$\gamma.E - (\alpha+\delta+\omega)I = 0$ (8)

$\delta.I - \alpha R = 0$ (9)

Then the equilibrium point of S, E, I and R is found.

Disease Free Equilibrium For Cardiovascular Disease Model

Equilibrium point for disease-free are conditions where there is no disease which implies

$E=I=R=0$ (10)

then from eqn (6)

$S=\frac{\mu}{\alpha}$ (11)

Then, the equilibrium point of disease free for the cardiovascular disease model are

$K_0=(S,E,I,R)=(\frac{\mu}{\alpha}, 0,0,0)$ (12)

Endemic Equilibrium For Cardiovascular Disease Model

Endemic equilibrium point are used to indicate the possibility of disease transmission. Because in endemic conditions and disease transmission, the population $I\neq 0$, From eqn (6) – (9) the endemic equilibrium point for the model is obtained

$S^* = \frac{(\gamma+\alpha)(\alpha+\delta+\omega)}{\beta\gamma}$ (13)

$E^* = \frac{(\alpha+\delta+\omega)I^*}{\gamma}$ (14)

$I^* = \frac{\mu\beta\gamma - \alpha(\gamma+\alpha)(\alpha+\delta+\omega)}{\beta(\gamma+\alpha)(\alpha+\delta+\omega)}$ (15)

$$R^*=\frac{\delta I^*}{\alpha} \tag{16}$$

Then, endemic equilibrium points for the model are

$$K^*=\left(S^*, E^*, I^*, R^*\right)=\begin{pmatrix} \frac{(\gamma+\alpha)(\alpha+\delta+\omega)}{\beta\gamma}, \\ \frac{(\alpha+\delta+\omega)I^*}{\gamma}, \\ \frac{\mu\beta\gamma-\alpha(\gamma+\alpha)(\alpha+\delta+\omega)}{\beta(\gamma+\alpha)(\alpha+\delta+\omega)}, \\ \frac{\delta I^*}{\alpha} \end{pmatrix} \tag{17}$$

Basic Reproduction Number (R_0)

The average number of secondary infections is the fundamental reproduction number of the infectious disease when one sick individual is introduced into a host society where everyone is susceptible (Agbo et al., 2025). The next-generation matrix approach determines the basic reproduction number using vector variables. In matrix form, the subsystem is represented as:

$$\frac{d}{dt}x=f(x)-v(x) \tag{18}$$

where the vectors f and v are defined below, with the partial derivatives of f and v evaluated at K_0 being given by

$$F=Df=\frac{\partial f}{\partial x} \quad \text{and} \quad V=Dv=\frac{\partial v}{\partial x} \tag{19}$$

The fraction of susceptible individuals at the endemic level or the reduced reproduction number based on the vectors f and v that are selected can be determined (Yang, 2014). Diagonal matrix V is taken into consideration to determine the fundamental reproduction number R_0. Thus, the f and v vectors are

$$f=\begin{pmatrix} \beta s \\ \gamma e \end{pmatrix}=\begin{pmatrix} \beta\frac{\mu}{\alpha} \\ \gamma e \end{pmatrix} \tag{20}$$

and

$$v=\begin{pmatrix} (\gamma+\alpha)e \\ (\alpha+\delta+\omega)\, i \end{pmatrix} \tag{21}$$

Result in F and V is given by

$$F=\begin{pmatrix} 0 & \beta\frac{\mu}{\alpha} \\ \gamma & 0 \end{pmatrix} \tag{22}$$

and

$$V=\begin{pmatrix} (\gamma+\alpha) & 0 \\ 0 & (\alpha+\delta+\omega) \end{pmatrix} \tag{23}$$

$$V^{-1}=\begin{pmatrix} \frac{1}{(\gamma+\alpha)} & 0 \\ 0 & \frac{1}{(\alpha+\delta+\omega)} \end{pmatrix} \tag{24}$$

so that

$$FV^{-1}=\begin{pmatrix} 0 & \frac{\beta\mu}{\alpha(\alpha+\delta+\omega)} \\ \frac{\gamma}{(\gamma+\alpha)} & 0 \end{pmatrix} \quad (25)$$

It follows that the basic reproduction number, denoted by R_0 given by $\sigma(FV^{-1})$ where σ denoted the spectral radius is

$$R_0=\frac{\beta\mu\gamma}{\alpha(\gamma+\alpha)(\alpha+\delta+\omega)} \quad (26)$$

Global Stability Of The Endemic Equilibrium

Theorem 1

If $R_0>1$ then the endemic equilibrium $K^*=(S^*,E^*,I^*R^*)$ of the cardiovascular disease model is globally asymptotically stable in the feasible region interior of $\Omega=\{(S,E,I,R)\in R_+^4\}$.

Proof

Let $K^*=(S^*,E^*,I^*R^*)$ be the endemic equilibrium. Consider a function

$$V(S,E,I,R)=(S-S^*)-S^*\,In\frac{S}{S^*}+(E-E^*)-E^*\,In\frac{E}{E^*}+\frac{(\gamma+\alpha)}{\gamma}\left((I-I^*)-I^*\,In\frac{I}{I^*}\right) \quad (27)$$

We first show that $V(S,E,I)\geq 0$ in the interior of Ω and $V(S,E,I)=0$ only at K^*. For $y^*>0$, let $f(y)=y-y^*\,In\frac{y}{y^*}$. Then $f(y^*)=0$ and $\dot{f}(y)=1-\frac{y^*}{y}$. Therefore $\dot{f}(y)<0$ if $y<y^*$ and $\dot{f}(x)>0$ if $y>y^*$. This implies that $f(y)$ has an absolute minimum 0 at $y=y^*$ in the interval $(0,\infty)$. This property show that $V(S,E,I,R)$ is positive definite with respect to point K^*

The Lyapunov derivation of G along solution of equation (6-9) is

$$\dot{G}=\dot{S}-\frac{S^*}{S}\dot{S}+\dot{E}-\frac{E^*}{E}\dot{E}+\frac{(\gamma+\alpha)}{\gamma}\left(\dot{I}-\frac{I^*}{I}\dot{I}\right)$$

$$=\mu-\alpha S-\frac{S^*}{S}(\mu-\beta IS-\alpha S)-(\gamma+\alpha)E-\frac{E^*}{E}(\beta IS-(\gamma+\alpha)E)+\frac{(\gamma+\alpha)}{\gamma}(\gamma E-(\alpha+\delta+\omega)I)-\frac{(\gamma+\alpha)}{\gamma}\frac{I^*}{I}(\gamma.E-(\alpha+\delta+\omega)I)$$

$$=\mu-\alpha S-\frac{\mu S^*}{S}-\beta IS^*-\alpha S^*-\frac{\beta ISE^*}{E}+(\gamma+\alpha)E^*-\frac{(\gamma+\alpha)(\alpha+\delta+\omega)}{\gamma}I-(\gamma+\alpha)\frac{EI}{I^*}+\frac{(\gamma+\alpha)(\alpha+\delta+\omega)}{\gamma}I^* \quad (28)$$

Equation (28) can be simplify using the equilibrium relation satisfied by K^*.

$$\mu=\beta I^*S^*+\alpha S,\ \beta I^*S^*=(\gamma+\alpha)E^*,\ \gamma E^*=(\alpha+\delta+\omega)I \quad (29)$$

These are gotten from equation (3.15-3.17) where the derivatives is 0. Substituting (29) in (28)

$$\dot{V}=\mu-\alpha S-\frac{\mu S^*}{S}+\alpha S^*+\beta I^*S^*\frac{S}{S^*}\frac{E^*}{E}\frac{I}{I^*}-(\gamma+\alpha)E^*+\frac{(\gamma+\alpha)(\alpha+\delta+\omega)}{\gamma}I^*$$

$$=S^*\left[\mu-\alpha\frac{S}{S^*}-\frac{S^*}{S}\right]+\beta I^*S^*\left[3-\frac{S^*}{S}-\frac{S}{S^*}\frac{E^*}{E}\frac{I}{I^*}-\frac{E}{E^*}\frac{I^*}{I}-\frac{I}{I^*}\frac{R^*}{R}\right]\leq 0 \quad (30)$$

for all (S,E,I,R) in the interior of Ω.

The last inequality is derived from the inequality for the geometric and arithmetic means. If $\dot{V}=0$, then $S=S^*$, $\frac{E}{E^*}=\frac{I^*}{I}$. After letting $S=S^*$ in the system (6-9) first equation and get $I=I^*$ *and* $E=E^*$.

This means that $\dot{V}$ is negative with respect to K^* is negative definite. This shows that K^* is globally stable.

Numerical Simulation

This section will provide a numerical demonstration of the endemic equilibrium's global stability. The simulations were executed using the appropriate R programming instructions and tools. Using the parameter values given in Table 2, we ascertain the initial state of and establish the initial condition of $(S, E, I, R)=(1000, 10, 5, 0)$.

Table2: Model Parameter Description

S/NO	PARAMETERS	VALUES/DAY	SOURCES
1	μ	10	Assumed
2	α	0.01	Estimated
3	β	0.002	Assumed
4	γ	0.2	Estimated
5	ω	0.05	Assumed
6	δ	0.1	(McBryde et al., 2017)

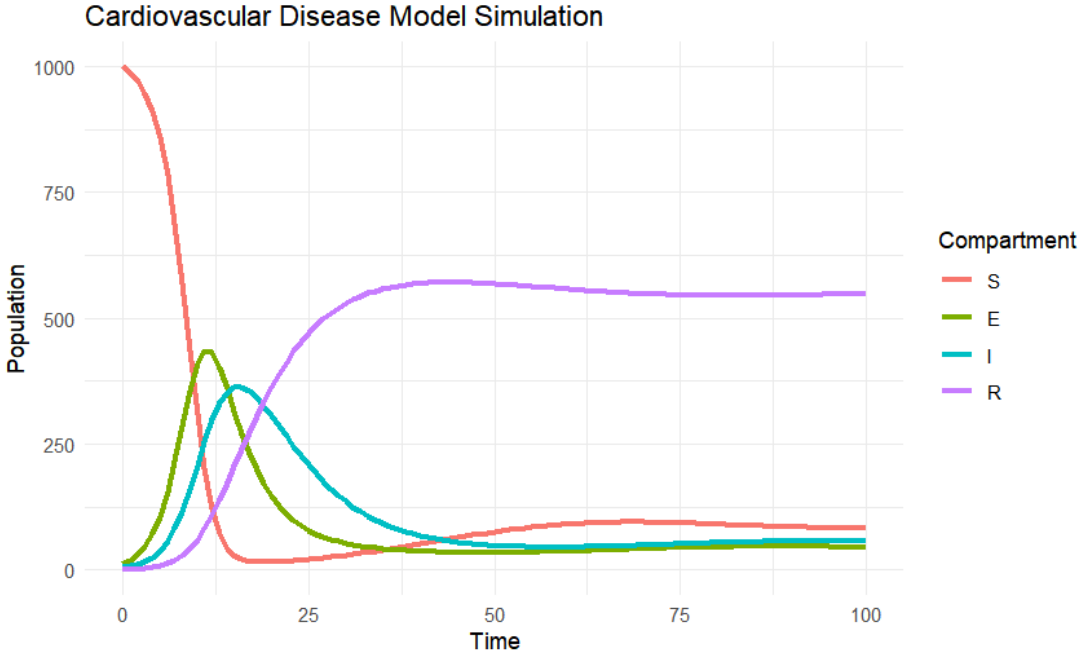


FIGURE2: Sumulation Ressult

CONCLUSION AND DISCUSSION

The results obtained from this study provide important insight into the transmission dynamics, prevention, and control of cardiovascular disease (CVD) using the deterministic SEIR model framework. The model successfully classified the population into four epidemiologically relevant compartments: susceptible, exposed, infected, and recovered, thereby capturing the progression of cardiovascular disease from vulnerability to recovery. This compartmental structure allows for a better understanding of how lifestyle factors and exposure contribute to disease development and long-term population outcomes

The disease-free equilibrium (DFE) analysis showed that when the infected and exposed classes are absent, the system stabilizes at a point where the population remains free from cardiovascular disease. This indicates that if effective preventive strategies are implemented early enough, such as improved lifestyle choices, dietary regulation, smoking cessation, and regular medical screening, the disease burden can be significantly reduced. The existence of the DFE confirms the possibility of complete disease elimination under ideal intervention conditions.

The computation of the basic reproduction number, R_0, using the next-generation matrix method is one of the most significant results of the study. The value of R_0 serves as a threshold parameter that determines whether cardiovascular disease persists or dies out in the population. When $R_0<1$, each infected individual generates less than one secondary case on average, leading to eventual disease eradication. However, when $R_0>1$, the disease persists and becomes endemic in the population. This confirms that reducing transmission-related factors such as unhealthy lifestyles, poor nutrition, obesity, hypertension, and delayed diagnosis is essential for long-term control.

The endemic equilibrium analysis further demonstrated that when the disease persists in the population, the system approaches a stable endemic state where cardiovascular disease remains continuously present. This reflects real-life situations where poor health behaviors and inadequate healthcare access sustain the burden of CVD over time. The endemic equilibrium therefore emphasizes the need for sustained intervention policies rather than short-term control measures.

The global stability analysis of the endemic equilibrium using Lyapunov functions and LaSalle's Invariance Principle is a strong theoretical contribution of the study. The proof established that whenever $R_0>1$, the endemic equilibrium is globally asymptotically stable in the feasible region, meaning that regardless of the initial population size, the system will eventually converge to the endemic state. This result implies that once cardiovascular disease becomes established in a population, it becomes difficult to eliminate without strong and consistent intervention strategies. It also validates the mathematical reliability of the model and supports its practical relevance for public health planning .

The numerical simulation results shown in Figure 2 further support the analytical findings. Using the parameter values in Table 2, the simulation demonstrated the progression of susceptible individuals into exposed and infected classes over time, while the recovered class increased gradually due to treatment and lifestyle modifications. The simulation confirms that transmission and progression rates significantly influence disease prevalence. Higher exposure and progression rates increase the infected population, while higher recovery rates reduce disease burden. This highlights the importance of early diagnosis, proper treatment, and preventive healthcare in controlling cardiovascular disease.

Additionally, the parameter sensitivity implied by the simulation suggests that the recovery rate (δ) and progression rate (γ) are particularly influential in determining disease outcomes. Improving treatment efficiency and reducing progression from exposure to infection can therefore produce substantial reductions in disease prevalence. Public health interventions should therefore prioritize preventive medicine, awareness campaigns, and healthcare accessibility.

Overall, the findings of this research agree with previous studies such as Agbo et al. (2024, 2025), which also showed that mathematical modeling provides valuable guidance for understanding disease progression and evaluating intervention effectiveness. The results reinforce the importance of proactive prevention strategies and confirm that cardiovascular disease control requires both medical and behavioral interventions.

In conclusion, the study demonstrates that cardiovascular disease can be effectively managed and potentially reduced when the reproduction number is controlled below unity. The combination of equilibrium analysis, stability theory, and numerical simulation provides a comprehensive framework for policymakers and healthcare professionals to design evidence-based intervention strategies aimed at reducing the growing burden of cardiovascular disease.

REFERENCES

Agbo, C., Abah, R., & Abdullahi, A. M. (2024). A mathematical modeling on the stability analysis of heart disease dynamics: Mathematical modeling on the stability analysis of heart disease. *Journal of Institutional Research, Big Data Analytics and Innovation, 1*(1). https://universityjournals.com.ng/index.php/jirbdai/article/view/54/24

Agbo, C. E., Abah, R. T., & Ogunfiditimi, F. O. (2025). Mathematical modelling and stability analysis of the disease-free equilibrium of heart disease transmission and prevention dynamics. https://fnasjournals.com/index.php/FNAS-JMNS/article/view/776

Elias, M. F., & Dore, G. A. (n.d.). Cardiovascular disease. https://doi.org/10.1002/9781118521373.wbeaa216

Manisha, S., Anuradha, R., & Kodanda Reddy, K. (2025). Cardiovascular disease: A comprehensive review of epidemiology, risk factors, and advances in management. *World Journal of Biology Pharmacy and Health Sciences, 21*(2), 495–500. https://doi.org/10.5281/zenodo.17358799

McBryde, E. S., Meehan, M. T., Doan, T. N., Ragonnet, R., Marais, B. J., Guernier, V., & Trauer, J. M. (2017). The risk of global epidemic replacement with drug-resistant *Mycobacterium tuberculosis* strains. *International Journal of Infectious Diseases, 56*, 14–20. https://doi.org/10.1016/j.ijid.2017.01.031

Roth, G. A., Johnson, C., Abajobir, A., Abd-Allah, F., Abera, S. F., Abyu, G., et al. (2017). Global, regional, and national burden of cardiovascular diseases for 10 causes, 1990 to 2015. *Journal of the American College of Cardiology, 70*(1), 1–25. https://doi.org/10.1016/j.jacc.2017.04.052

Schirber, M. (2013). Focus: Modeling the not-so-steady heart. *Physics, 6*. https://physics.aps.org/articles/v6/77

Tang, Y.-D. (2024). Summary (Types of cardiovascular diseases, common clinical treatment methods, and defects of cardiovascular diseases) (pp. 1–16). https://doi.org/10.1007/978-981-19-7712-1_1

Xia, L., Murray, A., Zheng, D., Liu, F., Ye, X., & Ning, G. (2012). Cardiovascular system modeling. *Computational and Mathematical Methods in Medicine, 2012*, Article 583172. https://doi.org/10.1155/2012/583172

DIGITAL SIMULATOR TECHNOLOGIES: STRUCTURE AND APPLICATION EXPERIENCE OF THE K-SIM SYSTEM

UDK: 004.9:629.5.072.8

Zhumayev Zholdybay

Doctor of Technical Sciences, Professor of Yessenov University (Aktau, Kazakchstan).

https://orcid.org/0000-0002-2866-3231

Marina Nicolaevna Lyutikova

Candidate of Technical Sciences, Docent Admiral Ushakov Maritime State University, Novorossiysk, Russia

ABSTRACT

This article explores the role of digital simulator technologies in maritime education, with a focus on the K-Sim® simulator system. The structure, key components, and functional capabilities of the system are analyzed in detail. Particular attention is given to the instructor workstation, system configuration, and operational features. The study also examines practical applications of K-Sim® in training maritime specialists. It is shown that simulation-based training significantly enhances professional competencies, decision-making skills, and safety awareness. The findings confirm that K-Sim® systems contribute to improving the quality and efficiency of maritime education through realistic scenario modeling and interactive learning environments.

Keywords: K-Sim®, digital simulators, maritime education, simulation training, navigation training, instructor workstation, maritime safety

Introduction

In recent years, digital technologies have become an integral part of maritime education and training. Simulator-based learning plays a crucial role in preparing maritime professionals by providing a safe and controlled environment for developing practical skills. One of the most advanced and widely used systems in this field is the K-Sim® simulator. The K-Sim® system enables the simulation of various real-life maritime scenarios, allowing trainees to combine theoretical knowledge with practical experience. Developed in accordance with international standards, the system is extensively used in maritime academies and training centers worldwide.

Main Body

Structure of the K-Sim® System

The K-Sim® simulator is a комплекс software and hardware system consisting of several interconnected components. The main elements include:

- instructor workstation;

- student workstations;
- visualization system;
- control panels;
- network infrastructure.

The instructor workstation serves as the central control unit of the simulator. It allows instructors to create and manage training scenarios, monitor trainee performance, and control the overall learning process (Figure 1).



Figure 1. Structure of the K-Sim® System

Functional Capabilities

The K-Sim® system provides a wide range of advanced features, including:

- simulation of various navigational conditions;
- modeling of emergency and critical situations;
- real-time execution of training exercises;
- monitoring and analysis of trainee actions;
- assessment and evaluation of training outcomes.

In addition, the system supports flexible configurations, enabling adaptation to specific training requirements and institutional needs (Figure 2).

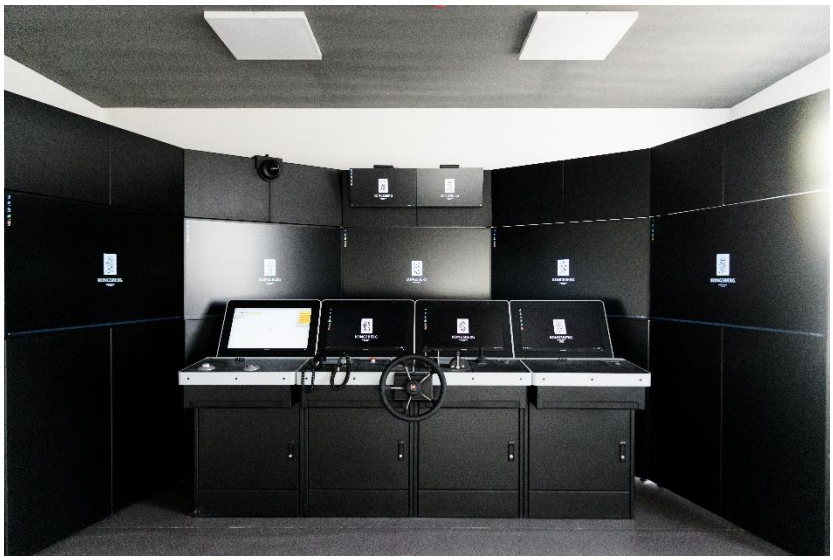


Figure 2. Functional Capabilities

Practical Application

The K-Sim® simulator is widely implemented in maritime educational institutions. Practical experience shows that the use of simulator technologies:

- improves the level of professional training;
- enhances decision-making skills;
- develops adaptability to real-life maritime conditions;
- strengthens safety culture among trainees.

By simulating hazardous and complex scenarios, trainees gain valuable experience that closely reflects real operational conditions at sea (Figure 3).



Figure 3. Practical Application

Conclusion

In conclusion, the K-Sim® simulator system represents an effective tool in modern maritime education. It provides an interactive, safe, and efficient learning environment that significantly improves the quality of training. The flexibility and advanced functionality of the system make it fully compliant with contemporary educational standards. The continued development and integration of such digital simulator technologies will further enhance the training of highly qualified maritime professionals and support global maritime safety standards (Figure 4).

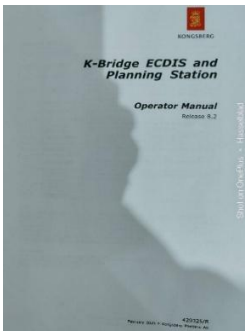


Figure 4. Global maritime safety standards ECDIS

References

Kongsberg Digital. (2025). *K-Sim® simulator system user manual*.
International Maritime Organization. (2021). *STCW convention and code*.
Balashov, V. A. (2018). *Simulator training for navigators*. Moscow.
Zhumayev, Zh. Zh. (2020). *Automation of ship navigation*. Aktau.
Stopford, M. (2019). *Maritime economics*. Routledge.
Wang, J., & Meng, Q. (2021). *Maritime safety and simulation training*. Elsevier.
Zhumayev, A. Zh. (2025, December 5–7). Influence of nanoscience and quantum physics on the development of modern radio communication and telecommunication systems. In *Proceedings of the 17th International Congress on Scientific Research (China to Adriatic)*, Van Yüzüncü Yıl University, Van, Turkey.
Zhumayev, A. Zh. (2026, January 16–18). Defects, trapping centers, and luminescence in crystalline materials. In *Proceedings of the 5th Silk Road International Scientific Research Congress*, Antalya, Turkey.
Zhumayev, A. Zh. (2026, February 7–8). Quantum technologies of nanostructured materials: Their impact on social development in the fields of radar, electronics and telecommunications. In *Proceedings of the 2nd International Congress on Natural Sciences and Applied Mathematics*, Istanbul Beykent University, Istanbul, Turkey.
Zhumayev, Zh., Sarsenbayev, B. S., & Malov, K. V. (2026). *Methodological recommendations for a multimedia simulator program for assessing the composition of the navigational watch on seagoing vessels in the Kazakhstan sector of the Caspian Sea in accordance with the STCW Convention (STCW-78/95/2010/2021): Educational and methodological manual*. Aktau: Yessenov University.
Malov, K. V., Zhumayev, Zh., & Sarsenbayev, B. S. (2025, December 14–16). Use of engine room simulators in training the crew of marine ships. In *Proceedings of the EL RUHA 14 International Conference on Scientific Research* (pp. 236–242). Şanlıurfa, Turkey.
Zhumayev, Zh., & Zhumayev, K. Zh. (2022). *Training in the use of the electronic chart display and information system (ECDIS): Textbook*. Aktau: Yessenov University.
Zhumayev, Zh., & Zhumayev, K. Zh. (2023). *Training in the use of the electronic chart display and information system (ECDIS): Guidelines for practical classes*. Aktau: Yessenov University.

Zhumayev, Zh. (2025). *Scientific foundations for the development of bucket-type working bodies of earthmoving machines for underwater soil excavation in the Tyub-Karagan Bay: Monograph*. Aktau: Yessenov University.
Zhumayev, Zh., Sarsenbayev, B. S., & Malov, K. V. (2025, December 5–7). Determination of the impact of selected alternative transport corridor routes in the Caspian Sea on the economy of Kazakhstan. In *Proceedings of the 17th China to Adriatic Turkish World International Scientific Research Congress*, Van, Turkey.
Zhumayev, Zh., & Zhumayev, A. Zh. (2025, December 14–16). Evaluation of service quality parameters in the radio relay communication infrastructure of the communication control center at the international Aktau port. In *Proceedings of the EL RUHA 14 International Conference on Scientific Research* (pp. 247–252). Şanlıurfa, Turkey.
Zhumayev, Zh., Sarsenbayev, B. S., & Malov, K. V. (2025, November 20–23). Ensuring electromagnetic compatibility and power supply reliability of the global maritime distress and safety system (GMDSS) in emergency situations. In *Proceedings of the IX International Antalya Scientific Research and Innovative Studies Congress*, Antalya, Turkey.
Zhumayev Zh., Syrlybekkyzy S., Sarsenbayev B.S., Malov K.V., Koishina A.I.: Methodological recommendations for a multimedia simulator training program for assessing the composition of the navigational watch team on merchant vessels in the Kazakhstan sector of the Caspian Sea, in accordance with the International Convention on Standards of Training, Certification and Watchkeeping for Seafarers (STCW-78/95/2010/2021) / Teaching and methodological manual. – Aktau: Yessenov University, 2026. – 110 p., ill. 38, tables 13, bibliography 26 titles. ISBN 978-601-366-553-5. Copyright certificate No. 68711 dated 13.03.2026.
Malov K.V., Sarsenbayev B.S., Zhumayev Zh.: Methodological recommendations for a multimedia simulator training program for assessing the composition of the navigational watch team on merchant vessels in the Kazakhstan sector of the Caspian Sea, “Marine Emergency Situations” / Methodological recommendations. – Aktau: Yessenov University, 2026. – 50 p., ill. 11, tables 13, bibliography 10 titles. ISBN 978-601-366-554-2. Copyright certificate No. 68920 dated 18.03.2026.
Malov K.V., Patrov F.V., Zhumayev Zh., Sarsenbayev B.S.: Methodological recommendations for a multimedia simulator training program for assessing the composition of the engine room watch team on merchant vessels in the Kazakhstan sector of the Caspian Sea, in accordance with the International Convention on Standards of Training, Certification and Watchkeeping for Seafarers (STCW-78/95/2010/2021), “Large-Capacity Tanker (VLCC L-11-V MAN B&W 5L90MC).” Methodological recommendations. – Aktau: Yessenov University, 2026. – 51 p., ill. 21, tables 28, bibliography 10 titles. ISBN 978-601-366-559-7. Copyright certificate No. 68859 dated 17.03.2026.
Zhumayev ZHOLDYBAY (Yessenov University (Kazakhstan)). TRAINING OF MARINE ENGINEERS THROUGH MULTIMEDIA SIMULATOR PROGRAMS AND HUMAN CAPITAL DEVELOPMENT. 2nd-International Congress On Natural Sciences End Applied Mathematics February 07-08, 2026 / ISTANBUL BEYKENT UNIVERSITY, TYRKIE.
Zhumayev Zh., Sarsenbayev B.S., Malov K.V., Syrlybekkyzy S., Pangaliv E.M.: “Determining the Impact of Selected Alternative Routes of Transport Corridors in the Caspian Sea on the Economy of Kazakhstan”, published in the journal “Bulletin of L.N. Gumilyov Eurasian National University. Series: Engineering and Technology”. CQASE (Committee for Quality Assurance in Science and Higher Education). Astana, February 2026.

AUTOMATION OF NAVIGATIONAL PROCESSES AND INNOVATIVE ROUTING SOLUTIONS IN DIGITAL SIMULATOR TECHNOLOGIES: THE CASE OF K-SIM

UDK: 656.61:004.8

Zhumayev Zholdybay

Doctor of Technical Sciences, Professor of Yessenov University (Aktau, Kazakchstan).

https://orcid.org/0000-0002-2866-3231

Igor Mikhailovich Dantsevich

Candidate of Technical Sciences, Docent Admiral Ushakov Maritime State University, Novorossiysk, Russia

ABSTRACT

The development of digital simulator technologies has significantly transformed maritime education and navigational training. This study examines the automation of navigational processes and the implementation of innovative routing solutions within the K-Sim® simulator system. Key functionalities such as time management, interactive chart interfaces, navigation system editing, and route planning are analyzed to assess their impact on training efficiency, decision-making accuracy, and operational safety. The research highlights the potential of integrated digital simulators to enhance practical skills, reduce human error, and support the modernization of maritime navigation education.

Keywords: Digital simulator technologies; K-Sim®; navigational process automation; route planning; maritime education; interactive chart systems; simulation-based training.

Introduction

Maritime navigation has traditionally relied on practical experience, manual charting, and onboard decision-making. However, the increasing complexity of modern shipping operations, the demand for higher safety standards, and the integration of advanced information technologies have necessitated the use of digital simulator systems in maritime education. Digital simulators, such as the K-Sim® platform developed by Kongsberg, provide an interactive environment where navigational processes can be automated, routes can be planned efficiently, and real-time scenarios can be simulated without risk to actual vessels. Automation in navigational processes enables students and trainees to focus on strategic decision-making while minimizing human errors in routine tasks. Innovative routing solutions, combined with interactive chart systems and customizable navigation interfaces, allow for realistic scenario-based training and enhance the understanding of complex maritime operations. This paper explores the implementation of these technologies within the K-Sim® simulator, analyzing their effectiveness in improving training outcomes, operational safety, and overall maritime competence.

Materials and Methods

This study investigates the automation of navigational processes and the implementation of innovative routing solutions within digital simulator technologies, using the *K-Sim navigation simulator* as the primary experimental platform.

Materials

The research is based on a combination of hardware, software, and data resources:

- *K-Sim Navigation Simulator (Kongsberg Digital)* – a full-mission bridge simulator used for modeling real-time ship navigation scenarios, route planning, and decision-making processes under varying environmental conditions (Figure 1);



Figure 1. K-Sim Navigation Simulator (Kongsberg Digital)

- *Electronic Chart Display and Information System (ECDIS)* integrated within K-Sim, enabling route creation, monitoring, and compliance with international maritime standards (Figure 2);



Figure 2. Electronic Chart Display and Information System

- *Automatic Identification System (AIS)* data modules, used to simulate vessel traffic and collision avoidance scenarios (Figure 3);



Figure 3. Automatic Identification System (AIS)

- *Global Navigation Satellite System (GNSS)* simulation tools, ensuring accurate positioning and navigation inputs;
- *Radar and ARPA simulation modules,* supporting target tracking and situational awareness (Figure 4);



Figure 4. *Radar and ARPA simulation modules*

- *Digital maritime charts and route databases*, including standard and alternative transport corridors in the Caspian Sea region;
- *Environmental simulation modules*, reproducing wind, current, visibility, and traffic density conditions (Figure 5).

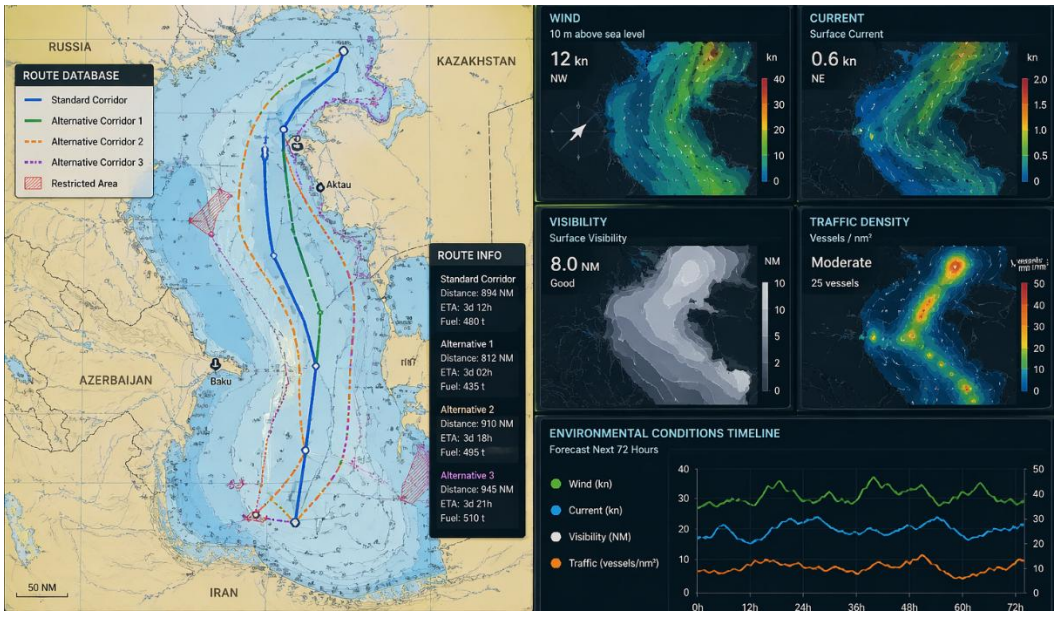


Figure 5. Digital maritime charts, route databases and environmental simulation modules

Methods

The research methodology combines simulation-based experimentation, comparative analysis, and performance evaluation:

Scenario-based simulation: A series of navigational scenarios were developed within the K-Sim environment, including both conventional and alternative routing options across the Caspian Sea. Each scenario incorporated varying levels of traffic density, meteorological conditions, and navigational constraints.

Route optimization analysis: Automated routing algorithms within the simulator were utilized to generate optimal paths based on safety, distance, fuel efficiency, and time criteria. These routes were compared with traditionally planned routes.

Human–machine interaction assessment: The study evaluated how navigators interact with automated systems, focusing on decision-making efficiency, response time, and error reduction when using digital routing tools.

Performance metrics evaluation: Key indicators such as voyage time, fuel consumption (simulated), deviation from planned route, and collision risk index were measured and analyzed.

Comparative method: Results obtained from automated routing were compared against manual navigation planning to determine the effectiveness of digital automation technologies.

Statistical analysis: Collected data from simulation runs were processed using descriptive and comparative statistical methods to identify trends, correlations, and performance improvements.

Research Aim

The primary aim of this study is to explore how digital simulator technologies, specifically K-Sim®, facilitate the automation of navigational processes and the development of innovative routing solutions in maritime education.

Research Objectives

To analyze the core functionalities of the K-Sim® simulator, including time management, interactive charts, navigation system editing, and route planning.

To assess the impact of automation on trainee decision-making and operational efficiency.

To examine the role of innovative routing solutions in enhancing scenario-based maritime training.

To evaluate the overall effectiveness of digital simulation in improving safety, competence, and preparedness of maritime professionals.

References

Kongsberg Digital. (2025). *K-Sim® simulator system user manual*.

International Maritime Organization. (2021). *STCW convention and code*.

Zhumayev, Zh. Zh. (2020). *Automation of ship navigation*. Aktau.

Wang, J., & Meng, Q. (2021). *Maritime safety and simulation training*. Elsevier.

Zhumayev, A. Zh. (2025, December 5–7). Influence of nanoscience and quantum physics on the development of modern radio communication and telecommunication systems. In *Proceedings of the 17th International Congress on Scientific Research (China to Adriatic)*, Van Yüzüncü Yıl University, Van, Turkey.

Zhumayev, A. Zh. (2026, January 16–18). Defects, trapping centers, and luminescence in crystalline materials. In *Proceedings of the 5th Silk Road International Scientific Research Congress*, Antalya, Turkey.

Zhumayev, A. Zh. (2026, February 7–8). Quantum technologies of nanostructured materials: Their impact on social development in the fields of radar, electronics and telecommunications. In *Proceedings of the 2nd International Congress on Natural Sciences and Applied Mathematics*, Istanbul Beykent University, Istanbul, Turkey.

Zhumayev, Zh., Sarsenbayev, B. S., & Malov, K. V. (2026). *Methodological recommendations for a multimedia simulator program for assessing the composition of the navigational watch on seagoing vessels in the Kazakhstan sector of the Caspian Sea in accordance with the STCW Convention (STCW-78/95/2010/2021): Educational and methodological manual*. Aktau: Yessenov University.

Malov, K. V., Zhumayev, Zh., & Sarsenbayev, B. S. (2025, December 14–16). Use of engine room simulators in training the crew of marine ships. In *Proceedings of the EL RUHA 14 International Conference on Scientific Research* (pp. 236–242). Şanlıurfa, Turkey.

Zhumayev, Zh., & Zhumayev, K. Zh. (2022). *Training in the use of the electronic chart display and information system (ECDIS): Textbook*. Aktau: Yessenov University.

Zhumayev, Zh., & Zhumayev, K. Zh. (2023). *Training in the use of the electronic chart display and information system (ECDIS): Guidelines for practical classes*. Aktau: Yessenov University.

Zhumayev, Zh. (2025). *Scientific foundations for the development of bucket-type working bodies of earthmoving machines for underwater soil excavation in the Tyub-Karagan Bay: Monograph*. Aktau: Yessenov University.

Zhumayev, Zh., Sarsenbayev, B. S., & Malov, K. V. (2025, December 5–7). Determination of the impact of selected alternative transport corridor routes in the Caspian Sea on the economy of Kazakhstan. In *Proceedings of the 17th China to Adriatic Turkish World International Scientific Research Congress*, Van, Turkey.

Zhumayev, Zh., & Zhumayev, A. Zh. (2025, December 14–16). Evaluation of service quality parameters in the radio relay communication infrastructure of the communication control center at the international Aktau port. In *Proceedings of the EL RUHA 14 International Conference on Scientific Research* (pp. 247–252). Şanlıurfa, Turkey.

Zhumayev, Zh., Sarsenbayev, B. S., & Malov, K. V. (2025, November 20–23). Ensuring electromagnetic compatibility and power supply reliability of the global maritime distress and safety system (GMDSS) in emergency situations. In *Proceedings of the IX International Antalya Scientific Research and Innovative Studies Congress*, Antalya, Turkey.

INTERNATIONAL INNOVATIONS IN INTEGRATING THE ENGINE ROOM SIMULATOR AND BRIDGE SIMULATOR TO ENHANCE MARITIME TRAINING EFFICIENCY

UDK: 629.5:681.3:006.3

Zhumayev Zholdybay

Doctor of Technical Sciences, Professor of Yessenov University (Aktau, Kazakchstan).

https://orcid.org/0000-0002-2866-3231

Erkin Yergeshovich Subanov

Candidate of Technical Sciences, Docent Admiral Ushakov Maritime State University, Novorossiysk, Russia

ABSTRACT

The integration of Engine Room Simulators (ERS) and Bridge Simulators represents a significant advancement in maritime training, enabling realistic interaction between navigation and engine operations. This approach enhances crew coordination, facilitates the simulation of emergency and transitional scenarios, and improves the overall efficiency of onboard training programs. Recent international innovations focus on digital interoperability, real-time data exchange, and immersive simulation technologies to create a comprehensive training environment that closely replicates real ship operations.

Keywords: Engine Room Simulator, Bridge Simulator, Maritime Training, Simulation Integration, Crew Coordination, Emergency Scenarios, International Innovations

Introduction

Modern maritime training increasingly relies on high-fidelity simulators to prepare crew members for real-life operational challenges. The integration of the Engine Room Simulator (ERS) and Bridge Simulator is a key innovation that enables the simulation of coordinated actions between the ship's navigation and engineering systems. This integration allows trainees to experience realistic scenarios, including routine operations, transitional maneuvers, and emergency situations, without risk to actual vessels or crew. International advancements in simulator technology focus on interoperability, real-time data exchange, and immersive environments, providing a comprehensive platform for developing decision-making skills, situational awareness, and effective communication between bridge and engine room personnel.

Methodology

The study of integrating the Engine Room Simulator (ERS) with the Bridge Simulator was conducted using a structured approach to simulate real-world ship operations. The methodology included the following steps:

System Configuration: Both simulators were connected via a network interface allowing real-time data exchange between bridge and engine room modules (Figure 1).

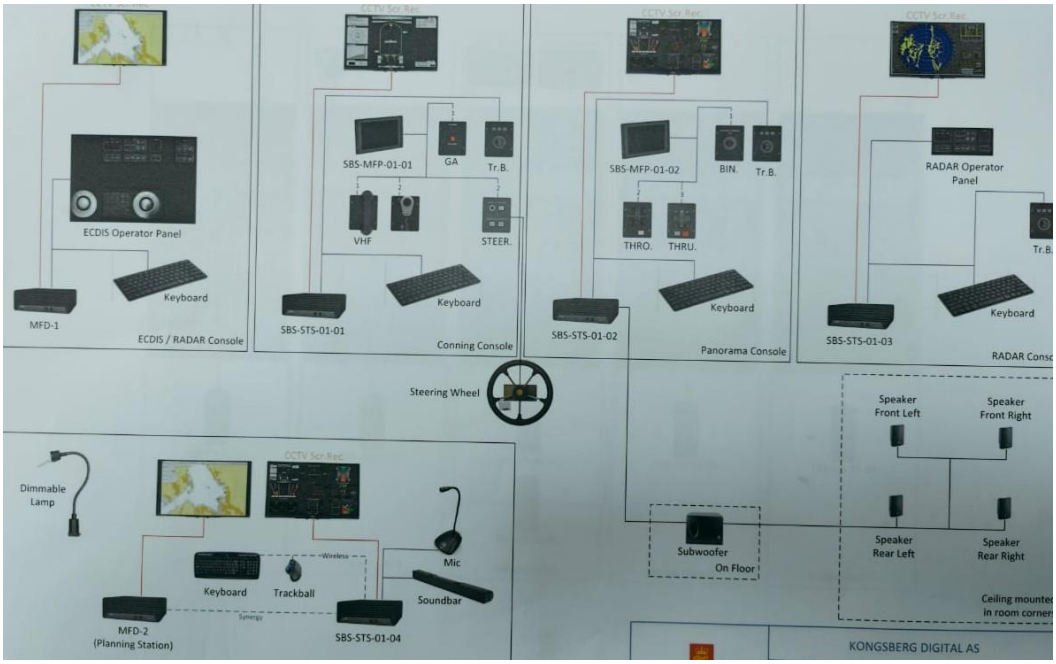


Figure 1. System Configuration

Scenario Development:

A range of operational scenarios were designed, including standard navigation, engine maneuvers, transitional operations, and emergency situations such as power failures or flooding.

Training Sessions:

Maritime students and trainees participated in coordinated exercises, performing tasks that required simultaneous management of navigation and propulsion systems (Figure 2).



Figure 2. Scenario Development

Data Collection and Analysis: Performance metrics such as response times, error rates, and communication effectiveness were recorded to assess the impact of integrated simulation on crew coordination (Figura 3).



Figura 3 *Data Collection and Analysis*

Evaluation of Innovations: The effectiveness of digital interoperability, immersive visualization, and real-time monitoring tools was analyzed to determine improvements in training efficiency and operational readiness.

This methodology ensures a realistic and measurable approach to evaluating the benefits of ERS and Bridge Simulator integration in maritime education (Figura 4).



Figura 4. *Evaluation of Innovations*

References

Kongsberg Digital. (2025). *K-Sim® simulator system user manual*.

International Maritime Organization. (2021). *STCW convention and code*.

Zhumayev, Zh. Zh. (2020). *Automation of ship navigation*. Aktau.

Stopford, M. (2019). *Maritime economics*. Routledge.

Wang, J., & Meng, Q. (2021). *Maritime safety and simulation training*. Elsevier.

Zhumayev, A. Zh. (2025, December 5–7). Influence of nanoscience and quantum physics on the development of modern radio communication and telecommunication systems. In *Proceedings of the 17th International Congress on Scientific Research (China to Adriatic)*, Van Yüzüncü Yıl University, Van, Turkey.

Zhumayev, A. Zh. (2026, January 16–18). Defects, trapping centers, and luminescence in crystalline materials. In *Proceedings of the 5th Silk Road International Scientific Research Congress*, Antalya, Turkey.

Zhumayev, A. Zh. (2026, February 7–8). Quantum technologies of nanostructured materials: Their impact on social development in the fields of radar, electronics and telecommunications. In *Proceedings of the 2nd International Congress on Natural Sciences and Applied Mathematics*, Istanbul Beykent University, Istanbul, Turkey.

Zhumayev, Zh., Sarsenbayev, B. S., & Malov, K. V. (2026). *Methodological recommendations for a multimedia simulator program for assessing the composition of the navigational watch on seagoing vessels in the Kazakhstan sector of the Caspian Sea in accordance with the STCW Convention (STCW-78/95/2010/2021): Educational and methodological manual*. Aktau: Yessenov University.

Malov, K. V., Zhumayev, Zh., & Sarsenbayev, B. S. (2025, December 14–16). Use of engine room simulators in training the crew of marine ships. In *Proceedings of the EL RUHA 14 International Conference on Scientific Research* (pp. 236–242). Şanlıurfa, Turkey.

Zhumayev, Zh., & Zhumayev, K. Zh. (2022). *Training in the use of the electronic chart display and information system (ECDIS): Textbook*. Aktau: Yessenov University.

Zhumayev, Zh., & Zhumayev, K. Zh. (2023). *Training in the use of the electronic chart display and information system (ECDIS): Guidelines for practical classes*. Aktau: Yessenov University.

Zhumayev, Zh. (2025). *Scientific foundations for the development of bucket-type working bodies of earthmoving machines for underwater soil excavation in the Tyub-Karagan Bay: Monograph*. Aktau: Yessenov University.

Zhumayev, Zh., Sarsenbayev, B. S., & Malov, K. V. (2025, December 5–7). Determination of the impact of selected alternative transport corridor routes in the Caspian Sea on the economy of Kazakhstan. In *Proceedings of the 17th China to Adriatic Turkish World International Scientific Research Congress*, Van, Turkey.

Zhumayev, Zh., & Zhumayev, A. Zh. (2025, December 14–16). Evaluation of service quality parameters in the radio relay communication infrastructure of the communication control center at the international Aktau port. In *Proceedings of the EL RUHA 14 International Conference on Scientific Research* (pp. 247–252). Şanlıurfa, Turkey.

Zhumayev, Zh., Sarsenbayev, B. S., & Malov, K. V. (2025, November 20–23). Ensuring electromagnetic compatibility and power supply reliability of the global maritime distress and

safety system (GMDSS) in emergency situations. In *Proceedings of the IX International Antalya Scientific Research and Innovative Studies Congress*, Antalya, Turkey.

1-Zhumayev ZHOLDYBAY (Yessenov University (Kazakhstan)). TRAINING OF MARINE ENGINEERS THROUGH MULTIMEDIA SIMULATOR PROGRAMS AND HUMAN CAPITAL DEVELOPMENT. 2nd-International Congress On Natural Sciences End Applied Mathematics February 07-08, 2026 / ISTANBUL BEYKENT UNIVERSITY, TYRKIE.

Zhumayev Zh., Sarsenbayev B.S., Malov K.V., Syrlybekkyzy S., Pangaliv E.M.: “Determining the Impact of Selected Alternative Routes of Transport Corridors in the Caspian Sea on the Economy of Kazakhstan”, published in the journal “Bulletin of L.N. Gumilyov Eurasian National University. Series: Engineering and Technology”. CQASE (Committee for Quality Assurance in Science and Higher Education). Astana, February 2026.

SYNERGISTIC GPS-DGPS-DARPS SYSTEMS FOR ENHANCED ACCURACY IN MULTI-PLATFORM MARITIME OPERATIONS

UDK: 629.5:528.3

Zhumayev Zholdybay

Doctor of Technical Sciences, Professor of Yessenov University (Aktau, Kazakchstan).

https://orcid.org/0000-0002-2866-3231

Anastas Leonidovich Boran-Keshishyan

Candidate of Technical Sciences, Docent Admiral Ushakov Maritime State University, Novorossiysk, Russia

ABSTRACT

This paper examines the integration of GPS, DGPS, and DARPS systems to enhance high-precision positioning in multi-platform maritime operations. The main objective of the study is to utilize the synergy of different navigation systems to improve navigational reliability and operational efficiency during tandem operations of vessels and autonomous maritime platforms. The paper analyzes the structure of modern maritime navigation technologies, integration schemes, and practical applications. The results demonstrate that the combined use of GPS, DGPS, and DARPS significantly increases positional accuracy, which is critical for safe and efficient maritime coordination in complex operational environments.

Keywords:GPS, DGPS, DARPS, high-precision positioning, maritime operations, multi-platform navigation

Introduction

Maritime navigation and multi-platform operations have become critical components of modern maritime industry. The safe and efficient movement of vessels and autonomous maritime platforms relies heavily on high-precision positioning systems. Global Positioning System (GPS), Differential GPS (DGPS), and Dynamic Application of Relative Positioning Systems (DARPS) are among the most advanced navigation technologies currently available. Integrating these systems can significantly improve positional accuracy during tandem maritime operations, where multiple vessels or autonomous platforms operate in coordinated patterns. The synergy between GPS, DGPS, and DARPS allows for enhanced navigational reliability, reduced positional errors, and improved operational safety. Recent studies have shown that the standalone application of GPS or DGPS can achieve considerable accuracy; however, complex operational environments, such as high-traffic sea lanes or multi-platform coordination scenarios, require integrated solutions to meet the demands of precise navigation. DARPS, when combined with GPS and DGPS, offers dynamic relative positioning capabilities that further enhance accuracy and operational efficiency. This study aims to analyze the benefits, integration methodologies, and practical applications of GPS, DGPS, and DARPS systems in multi-platform maritime operations. It also highlights the potential for these

integrated systems to optimize navigational performance and support complex maritime missions.

Furthermore, the integration of these positioning systems enables real-time data synchronization and redundancy, which enhances system resilience in case of signal degradation or temporary loss. Advanced sensor fusion algorithms and data filtering techniques, such as Kalman filtering, play a crucial role in minimizing measurement uncertainties and improving overall positional accuracy. In addition, the implementation of integrated navigation frameworks supports predictive route modeling and adaptive decision-making under dynamic environmental conditions. The combined use of GPS, DGPS, and DARPS also facilitates improved situational awareness through continuous monitoring of relative distances, velocities, and heading parameters between cooperating platforms. Consequently, such integrated navigation solutions contribute significantly to the advancement of intelligent maritime systems and the development of autonomous and semi-autonomous vessel operations.

Materials

The study utilizes a combination of navigation technologies to achieve high-precision positioning in multi-platform maritime operations. The main systems and equipment involved include:

Global Positioning System (GPS): Provides real-time global positioning data with an accuracy of approximately 5–10 meters under standard conditions. GPS serves as the primary reference system for positioning.

Differential GPS (DGPS): Enhances GPS accuracy by applying correction signals from fixed reference stations, reducing positional errors to approximately 1–3 meters. DGPS is particularly useful in coastal and harbor areas where higher precision is required (Figure 1).



Figure 1 Differential GPS

Dynamic Application of Relative Positioning Systems (DARPS): A dynamic relative positioning technology designed for multi-platform operations. DARPS provides real-time relative positioning between vessels or autonomous maritime platforms, ensuring synchronized operations with high accuracy.

Furthermore, DARPS utilizes continuous data exchange between platforms, enabling precise monitoring of relative distance, bearing, and velocity vectors. This capability is particularly essential in tandem operations such as offshore loading, towing, and coordinated maneuvering. The system integrates data from onboard sensors, including GNSS receivers, inertial navigation systems, and motion reference units, to enhance positioning robustness. In addition, DARPS supports automatic correction of positional deviations through real-time feedback mechanisms.

The technology also improves operational safety by reducing the risk of collision and maintaining safe separation distances between vessels. Its application is especially valuable in harsh environmental conditions, where traditional navigation methods may be insufficient. DARPS algorithms are designed to compensate for external disturbances such as wind, waves, and current effects.

Moreover, the system enables high-precision station-keeping and dynamic positioning when multiple vessels operate in close proximity. The integration of DARPS with advanced control systems facilitates automated maneuvering and coordinated route adjustments. This contributes to increased efficiency in complex maritime operations, including offshore energy activities and search-and-rescue missions. Overall, DARPS represents a critical component in the development of intelligent and autonomous maritime navigation systems.

Simulation and Test Environment:

- High-fidelity maritime simulators and software platforms were used to model tandem operations under various environmental conditions.
- Sea traffic scenarios, including multi-vessel coordination and autonomous platform interaction, were simulated to evaluate system performance.

Data Acquisition and Processing Tools:

- Real-time telemetry systems for collecting position, velocity, and heading data.
- Data analysis software for assessing positional accuracy, error reduction, and integration performance across GPS, DGPS, and DARPS systems.

The combination of these systems and tools provides a robust framework for testing and evaluating high-precision navigation in complex maritime scenarios, allowing for a comprehensive assessment of the benefits of system integration.

Furthermore, the simulation environment enabled the replication of realistic maritime traffic patterns and operational constraints, ensuring high validity of the experimental results. Multiple test iterations were conducted to assess system stability and repeatability under identical and varying conditions. The integration framework was evaluated using both deterministic and stochastic modeling approaches to capture uncertainties in navigation data.

In addition, advanced data fusion techniques were applied to combine inputs from different navigation systems, improving overall accuracy and reliability. The processing tools incorporated filtering algorithms to eliminate noise and reduce measurement errors in real time. System performance was also analyzed under degraded signal conditions to evaluate robustness and fault tolerance.

Special attention was given to latency and data synchronization issues, which are critical in multi-platform coordination scenarios. The experimental setup allowed for the assessment of response times and system adaptability during dynamic maneuvers. Furthermore, validation procedures were implemented by comparing simulated results with reference navigation models.

The obtained data were statistically analyzed to identify trends, correlations, and performance improvements resulting from system integration. This comprehensive approach ensured a reliable evaluation of navigation efficiency, safety, and operational effectiveness in complex maritime environments.

References

Kongsberg Digital. (2025). *K-Sim® simulator system user manual*.

International Maritime Organization. (2021). *STCW convention and code*.

Zhumayev, Zh. Zh. (2020). *Automation of ship navigation*. Aktau.

Wang, J., & Meng, Q. (2021). *Maritime safety and simulation training*. Elsevier.

Zhumayev, A. Zh. (2025, December 5–7). Influence of nanoscience and quantum physics on the development of modern radio communication and telecommunication systems. In *Proceedings of the 17th International Congress on Scientific Research (China to Adriatic)*, Van Yüzüncü Yıl University, Van, Turkey.

Zhumayev, A. Zh. (2026, January 16–18). Defects, trapping centers, and luminescence in crystalline materials. In *Proceedings of the 5th Silk Road International Scientific Research Congress*, Antalya, Turkey.

Zhumayev, A. Zh. (2026, February 7–8). Quantum technologies of nanostructured materials: Their impact on social development in the fields of radar, electronics and telecommunications. In *Proceedings of the 2nd International Congress on Natural Sciences and Applied Mathematics*, Istanbul Beykent University, Istanbul, Turkey.

Zhumayev, Zh., Sarsenbayev, B. S., & Malov, K. V. (2026). *Methodological recommendations for a multimedia simulator program for assessing the composition of the navigational watch on seagoing vessels in the Kazakhstan sector of the Caspian Sea in accordance with the STCW Convention (STCW-78/95/2010/2021): Educational and methodological manual*. Aktau: Yessenov University.

Malov, K. V., Zhumayev, Zh., & Sarsenbayev, B. S. (2025, December 14–16). Use of engine room simulators in training the crew of marine ships. In *Proceedings of the EL RUHA 14 International Conference on Scientific Research* (pp. 236–242). Şanlıurfa, Turkey.

Zhumayev, Zh., & Zhumayev, K. Zh. (2022). *Training in the use of the electronic chart display and information system (ECDIS): Textbook*. Aktau: Yessenov University.

Zhumayev, Zh., & Zhumayev, K. Zh. (2023). *Training in the use of the electronic chart display and information system (ECDIS): Guidelines for practical classes*. Aktau: Yessenov University.

Zhumayev, Zh. (2025). *Scientific foundations for the development of bucket-type working bodies of earthmoving machines for underwater soil excavation in the Tyub-Karagan Bay: Monograph*. Aktau: Yessenov University.

Zhumayev, Zh., Sarsenbayev, B. S., & Malov, K. V. (2025, December 5–7). Determination of the impact of selected alternative transport corridor routes in the Caspian Sea on the economy of Kazakhstan. In *Proceedings of the 17th China to Adriatic Turkish World International Scientific Research Congress*, Van, Turkey.

Zhumayev, Zh., & Zhumayev, A. Zh. (2025, December 14–16). Evaluation of service quality parameters in the radio relay communication infrastructure of the communication control center at the international Aktau port. In *Proceedings of the EL RUHA 14 International Conference on Scientific Research* (pp. 247–252). Şanlıurfa, Turkey.

Zhumayev, Zh., Sarsenbayev, B. S., & Malov, K. V. (2025, November 20–23). Ensuring electromagnetic compatibility and power supply reliability of the global maritime distress and safety system (GMDSS) in emergency situations. In *Proceedings of the IX International Antalya Scientific Research and Innovative Studies Congress*, Antalya, Turkey.

HAS VIOLENCE REALLY DECLINED IN SPORT? A CRITICAL PERSPECTIVE ON FIGURATIONAL THEORY IN THE CONTEXT OF ELITE SPORT

SPORDA ŞİDDET GERÇEKTEN AZALDI MI? ELİT SPOR EKSENİNDE FİGÜRASYONEL TEORİYE ELEŞTİREL BİR BAKIŞ

Doç. Dr. Murat YÜKSEL

Ordu Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Sosyoloji Bölümü, Ordu, Türkiye

ORCID ID: https://orcid.org/0000-0003-4448-4062

ÖZET

Bu çalışmanın amacı elit sporda şiddet olgusu üzerinden figürasyonel teorinin temel iddialarını eleştirel bir perspektiften ele almaktır. Çalışma literatür analizine dayalı olarak yapılmıştır. Bu kapsamda yapılan ampirik araştırmalar değerlendirilmiş ve konuyla ilgili kitap, makale, bildiri gibi kaynaklardan yararlanılmıştır. Figürasyonel teori Norbert Elias tarafından geliştirilmiş bir teoridir. Bu teoriye göre spor modernleşme ve uygarlaşma sürecinin bir parçası ve onun özgün bir olgusudur. Bu süreç Avrupa'da Orta Çağ'da başlamıştır. En önemli özelliği toplumdaki şiddet ve saldırganlığın dışlanmasıdır. İnsanlar arasında şiddet ve saldırganlık dışlanırken savaşçılar saraylılara dönüşmeye başlamıştır. Savaşçılar saraylılara dönüşürken düello gibi rakibe zarar veren mücadele eskrim gibi rakibe zarar vermeyen mücadeleye dönüşmüştür. Bu mücadeleye bu teori "sporlaşma" adını vermektedir. Sporu modernitenin özgün bir fenomeni olarak değerlendiren Elias, modern sporun ayırt edici özelliğinin organizasyonlar ya da standart kurallar değil, şiddetin azalması olduğunu iddia etmektedir. Orta Çağ'ın geleneksel oyunlarında ve spora benzeyen karşılaşmalarda çok daha fazla görülen yaralanmalar ve ölümler uygarlaşma sürecinde kuralların ve kısıtlamaların artması ile azaltılmıştır. Pankreas'a çıplak yumrukla vurmak, uzatılmış ve bilenmiş tırnaklarla saldırmak, rakibin bağırsaklarını çıkarmak, gözünü oymak gibi eylemleri modern sporda görmek mümkün olmasa da şiddetin form değiştirerek devam ettiği görülmektedir. Futbol holiganizmi ve kolektif şiddet, taraftar şiddeti, oyuncular arasındaki şiddet, bazı branşlarda görülen kurumsallaşmış şiddet, dövüş sporlarında meşrulaştırılmış şiddet, devlet ya da iktidarların spordaki şiddeti, ırkçılık ve sembolik şiddet, sporculara yönelik şiddet ve e-spordaki dijital şiddet gibi örnekler modern çağa özgü form değiştirmiş şiddet örnekleri olarak ifade edilebilir. Sonuç olarak, Antik Yunan'daki Olimpiyat Oyunları ile günümüzdekiler ya da futbolun eski ve yeni biçimleri arasında şiddet açısından farklılıklar olsa da modern sporun ticarileşmesi, profesyonelleşmesi ve endüstrileşmesiyle beraber şiddetin de moderniteye özgü yeni biçimlerde ortaya çıktığı görülmektedir.

Anahtar Kelimeler: Elias, elit **s**por, şiddet, sporlaşma, figürasyonel teori.

ABSTRACT

This paper aims to critically examine the main assumptions of figurational theory through the phenomenon of violence in elite sport. The study is based on a literature review, drawing on empirical studies as well as relevant books, articles, and conference papers. Figurational theory, developed by Norbert Elias, conceptualizes sport as a distinctive product of modernization and the civilizing process, which originated in medieval Europe. A central feature of this process is

the gradual reduction and social regulation of violence and aggression. As violence became increasingly constrained in social life, warriors were transformed into courtiers, and forms of combat that caused direct harm -such as dueling- evolved into more regulated and less injurious practices like fencing. This transformation is conceptualized as “sportization” within figurational theory. Elias argues that the defining characteristic of modern sport is not merely the presence of standardized rules or organizational structures, but rather the reduction of violence. While traditional games of the pre-modern period often involved severe injuries and even death, the civilizing process introduced rules and constraints that limited such outcomes. However, although explicit forms of physical violence -such as striking with bare fists or inflicting severe bodily harm- are no longer visible in modern sport, violence has not disappeared; instead, it has been transformed. Examples of violence that has transformed in the modern era include football hooliganism and collective violence, fan violence, violence between players, institutionalized violence in some sports, legitimized violence in combat sports, state or power-inducing violence in sports, racism and symbolic violence, violence against athletes, and digital violence in e-sports.These examples suggest that violence persists in modern sport in more subtle and institutionalized forms. In conclusion, although there are clear differences between ancient and modern sports in terms of overt violence, the commercialization, professionalization, and industrialization of sport have produced new, modern forms of violence. Therefore, violence in sport has not declined but has rather changed in form.

Key Words: Elias, elite sport, violence, sportization, figurational theory.

GİRİŞ

Elias, 1939 yılında yazdığı ve bugün önemli bir “klasik” kabul edilen *Uygarlaşma Süreci* isimli eseri ile tanınan bir sosyologtur. Ancak bilim çevreleri tarafından değeri çok geç anlaşılan bir isimdir. Eserlerinin farklı dillere çevrilmesiyle beraber yazdıklarının değeri anlaşılmaya başlanmış ve sosyologlar kadar farklı disiplinlerden birçok akademisyenin dikkatini çekmiştir.

Elias özellikle sağlık, cinsellik, suç, utanma, milli ve etnik kimlik, spor, serbest zaman, sosyal bilimsel bilgi, cemaat, devletin ortaya çıkışı, kadınsılık ve küreselleşme gibi (Amman, 1999, s. 83) farklı disiplinleri ilgilendiren konularda birçok kişinin dikkatini çekmeyi başarmıştır. Günümüzde, özellikle heyecanın tarihi, şiddet, beden ve devletin oluşumu konularında bir otorite konumundadır.

Elias’a göre modern insan tarihsel süreç içerisinde insanların, kibarlığı, dürtülerini kontrol etmeyi ve içgüdülerine hakim olmayı öğrenmesiyle meydana gelmiştir. Bu süreç evcilleşme olarak da değerlendirilebilir (Amman, 1999, s. 86). Elias Batı uygarlığının toplumsal olarak oluşumunu, insanlardaki “otokontrol”ün artmasıyla ilişkilendir. O otokontrolü siyasal terimlerle açıklar ve Avrupa'da zor kullanma yetkisini ellerine alan merkezi devletlerin ortaya çıkmasıyla ilişkilendirir. Bu süreçte merkezi devlet, soyluları savaşçı olmaktan uzaklaştırmış saraylılara dönüştürmüştür (Burke, 2021, s. 204).

Elias 1964 yılında Eric Dunning ile birlikte spor sosyolojisi çalışmalarına başlamış ve bu bağlamda modern sporun ortaya çıkışının tarihsel bir analizi olan *Quest for Excitement: Sport and Leisure in the Civilizing Process* (Heyecan Arama: Uygarlaşma Sürecinde Serbest Zaman ve Spor) isimli bir kitap yazmıştır (Elias and Dunning, 1986).

Elias ve Dunning sporu “grup geriliminin örgütlemiş biçimi” ve “insanların planlamaksızın gerçekleştirmiş oldukları en büyük icatlardan biri” olduğunu iddia etmektedirler. Onlara göre spor, fiziki bir performans gerektiren, ancak ciddi yaralanma riskini minimize eden bir mücadelenin heyecanı içinde, insanların özgür olmalarını sağlayan bir pratiktir (Amman, 1999,

s. 87). Modern dünyada sporun, duyguların düzenlenmesinde ve yönetiminde önemli bir olgu olduğu iddia edilmektedir.

Bu çalışmada modern zamanlarda özellikle elit sporda şiddetin form değiştirerek devam ettiği iddia edilmektedir. Bu bağlamda figürasyonel teorinin temel iddiaları günümüz elit spordaki şiddet örnekleri üzerinden eleştirel bir bakış açısıyla ele alınmıştır. Çalışma konuya genel bir giriş ile başlamıştır. Sonra çalışmanın temel iddiasının ele alındığı bölümde ilk olarak figürasyonel teorinin temel iddialarına yer verilmiş ve daha sonra modern sporda çeşitli şiddet örnekleri üzerinden teoriye yönelik eleştirilere yer verilmiştir. Çalışma tartışma ve sonuç bölümü ile bitirilmiştir.

FİGÜRASYONEL TEORİ VE ELİT SPORDA ŞİDDET

Spor ve şiddet ilişkisi, sosyoloji literatüründe uzun yıllardır tartışılan temel konulardan biri olmuştur. Bu tartışmaların merkezinde, modern toplumlarda şiddetin dönüşümü ve sporun bu süreçteki rolü yer almaktadır. Bu bağlamda, Norbert Elias tarafından geliştirilen figürasyonel teori, sporun şiddeti kontrol altına alan ve bireylerin duygusal öz-denetimini artıran bir alan olduğunu ileri sürmektedir. Elias'ın "uygarlaşma süreci" tezi, tarihsel olarak bireylerin dürtülerini daha fazla denetlediğini ve toplumsal yaşamın daha düzenli hale geldiğini savunur. Bu çerçevede modern sporlar, kurallar ve normlar aracılığıyla şiddeti sınırlandıran ve "uygarlaştıran" mekanizmalar olarak değerlendirilir.

Elias'ın spor sosyolojisine katkısı "toplumu tanımanın ilginç bir laboratuvarı olarak spor" ve "modernitenin özgün bir fenomeni olarak spor" olarak iki temel eksende ele alınabilir (Amman, 2000, s. 142). Bu çalışmanın temel iddiaları uygarlaşma süreciyle ilgili teorisini spora uyguladığı "modernitenin özgün bir fenomeni olarak spor" ekseninde değerlendirilecektir.

Bu yaklaşıma göre uygarlaşma, beden ve duyguların daha fazla denetim altına alınmasıyla ilişkili bir süreçtir. Bu sürecin nasıl işlediği spor üzerinden kolaylıkla izlenebilir. Elias'a göre modern sporun ayırt edici özelliği, uluslararası organizasyonlar ve kuralların standart hale gelmesi değil, şiddetin azaltılmasıdır (Amman, 1999, s. 89).

Elias uygarlaşma sürecinde spor karşılaşmalarındaki kuralların sürekli arttığını gözlemlemiştir. Orta Çağ'dan itibaren süreç içerisinde, heyecanların nasıl düzenlendiğini, fiziksel taşkınlıkların ve şiddetin nasıl azaltıldığını ortaya koymuştur. Orta Çağ'ın geleneksel oyunlarında ve spora benzeyen karşılaşmalarda çok daha fazla görülen yaralanmalar ve ölümler uygarlaşma sürecinde kuralların ve kısıtlamaların artması ile azaltılmıştır. Pankreas'a çıplak yumrukla vurmak, uzatılmış ve bilenmiş tırnaklarla saldırmak, rakibin bağırsaklarını çıkarmak, gözünü oymak gibi serbest olan kuralların kısıtlanmasından bokstaki eldivenlerin evrimine (Defrance'dan akt., Amman, 1999, s. 89) kadar birçok örnek, şiddetin azaltıldığını göstermektedir.

Elias bu sürece oyunların "sporlaşması" adını vermektedir. Sporlaşma süreci, savaşçıların "saraylılaşması" ile birlikte işleyen bir süreçtir (Elias and Dunning, 1986, s. 151). Bu süreçte kavga "eğlenceli zıtlaşma" olan spora dönüşmüş ve bir "siyasi zıtlaşma" olan düello, eskrim gibi zararsız bir pratik haline gelmiştir. Bu bağlamda spor "uygarlaştırıcı bir pratik" ve "heyecanların kontrollü bir kontrolsüzlüğü"dür. Elias'a göre spor, günümüz toplumlarında kollektif heyecanların nasıl kontrol altına alındığını gösteren iyi bir araçtır (Amman, 1999, s. 89). Buna göre spor uluslar arasındaki mücadelenin yeni bir formudur.

Elias "uluslar arasındaki rekabet ve karşıtlıkların barışçı yollardan giderilmesi ve buna zemin hazırlayan milli futbol müsabakalarının, olağanüstü bir sübap olduğunu" ifade etmektedir (Elias'tan akt., Bora ve Erdoğan, 2009, s. 233).

Figürasyonel teori, Norbert Elias ve Eric Dunning tarafından geliştirilen "uygarlaşma süreci" kavramsallaştırmasına dayanarak, modern sporun tarihsel olarak daha az şiddet içeren, daha kontrollü ve rasyonelleşmiş bir yapıya evrildiğini ileri sürmektedir (Elias, 2000; Elias & Dunning, 1986). Bu yaklaşım, özellikle modern sporun kurumsallaşması, kuralların standartlaşması ve duyguların denetlenmesi üzerinden şiddetin azaltıldığı varsayımına dayanır. Ancak günümüz elit spor pratiği incelendiğinde, bu iddiaların önemli ölçüde tartışmaya açık olduğu görülmektedir (Dunning, 1999). Çünkü günümüzde elit sporda şiddet farklı biçimlerde kendini göstermektedir. Bunlar futbol holiganizmi ve kolektif şiddet, taraftar şiddeti, oyuncular arasındaki şiddet, bazı branşlarda görülen kurumsallaşmış şiddet, dövüş sporlarında meşrulaştırılmış şiddet, devlet ya da iktidarların spordaki şiddeti, ırkçılık ve sembolik şiddet, sporculara yönelik şiddet ve e-spordaki dijital şiddet gibi çeşitli şekillerde ortaya çıkabilmektedir.

Figürasyonel teorinin ilerlemeci ve doğrusal bir tarih anlayışına dayandığı ileri sürülmektedir. Buna göre, şiddetin zaman içinde sürekli azaldığını varsaydığı ve modern toplumlarda ortaya çıkan yeni şiddet biçimlerini göz ardı ettiği için eleştirilmektedir. Özellikle, elit sporda fiziksel şiddetin tamamen ortadan kalkmadığı, aksine farklı biçimlerde yeniden üretildiği görülmektedir. Futbol gibi yüksek izlenirliğe sahip spor dallarında taraftar şiddeti hâlen önemli bir sorun olmaya devam etmektedir (Spaaij, 2006). Nitekim Heysel Faciası gibi olaylar, yüksek düzeyde örgütlenmiş spor etkinliklerinde dahi kitlesel şiddetin ortaya çıkabildiğini göstermektedir. Örneğin, Türkiye'de yaşanan hakem saldırıları gibi olaylar, yalnızca saha içindeki rekabetin değil, sporun etrafındaki güç ilişkilerinin de şiddet üretmeye devam ettiğini göstermektedir. Bu tür örnekler, figürasyonel teorinin öne sürdüğü "artan özdenetim" varsayımının evrensel ve doğrusal bir süreç olmadığını ortaya koymaktadır (Giulianotti, 1999). Bu olaylar, sporun her zaman şiddeti azaltan bir alan olmadığına işaret etmektedir.

Bazı spor dallarında şiddetin ortadan kalkmak yerine kurumsallaştırıldığı ve meşrulaştırıldığı görülmektedir. Özellikle modern sporun ticarileşmesi, endüstrileşmesi, profesyonelleşmesi ve kitle iletişim araçlarının da -özellikle televizyonun- sürece dahil olmasıyla birlikte, şiddetin yeniden üretildiği ileri sürülmektedir. Örneğin, National Hockey League (NHL) bünyesinde buz hokeyinde oyuncular arası fiziksel çatışmalar belirli sınırlar içinde tolere edilmekte; benzer şekilde Karma Dövüş Sanatları (MMA) ve Ultimate Fighting Championship (UFC) gibi organizasyonlar, fiziksel şiddeti kurallarla sınırlandırmakla birlikte, aynı zamanda onu bir seyir nesnesi haline getirerek ekonomik değer üretmekte ve küresel ölçekte pazarlanmaktadır. Bu durum, modern sporun şiddeti azaltmaktan ziyade onu düzenleyerek tüketilebilir bir gösteriye dönüştürdüğü yönünde eleştirilere zemin hazırlamaktadır (Young, 2012; Kerr, 2004). Elias, sporun şiddeti "kurallarla ehlileştirdiğini" iddia eder. Ancak bu organizasyonlarda da görüldüğü üzere şiddet ortadan kalkmıyor aksine ticari olarak teşvik ediliyor ve estetize ediliyor.

Figürasyonel teorinin bir diğer sınırlılığı, şiddeti büyük ölçüde fiziksel boyutuyla ele almasıdır. Oysa modern spor ortamında şiddet, sembolik ve yapısal biçimlerde de kendini göstermektedir. Irkçılık, ayrımcılık ve nefret söylemi gibi pratikler, sporda sembolik şiddetin önemli örnekleri arasında yer almaktadır. Vinícius Júnior ve Romelu Lukaku gibi elit sporcuların maruz kaldığı ırkçı tezahüratlar, modern sporun hâlen derin toplumsal eşitsizlikleri yeniden üretebildiğini göstermektedir (Carrington, 2010). Bu durum, şiddetin yalnızca fiziksel değil, aynı zamanda kültürel ve sembolik bir olgu olarak değerlendirilmesi gerektiğini ortaya koymaktadır. Bu noktada Pierre Bourdieu'nün (1991) "sembolik şiddet" kavramı, spor alanındaki görünmez ve meşrulaştırılmış şiddet biçimlerini analiz etmek açısından önemli bir kuramsal araç sunmaktadır. Benzer şekilde, Michel Foucault'nun (1977) iktidar ve disiplin kavramları, modern sporun bireyleri denetleyen, düzenleyen ve belirli normlara göre şekillendiren bir alan olduğunu ortaya koymaktadır. Bu perspektife göre spor, yalnızca şiddeti azaltan bir mekanizma değil, aynı zamanda onu farklı biçimlerde yeniden üreten bir iktidar alanıdır.

Ayrıca, elit sporun kendi kurumsal yapısı içerisinde ürettiği psikolojik baskılar da bir tür şiddet olarak değerlendirilebilir. Spor kurumları içerisinde ortaya çıkan istismar vakaları ve elit sporcuların mental sağlık sorunları, bu baskının somut göstergeleridir (Fink, 2015). Bu bağlamda Larry Nassar skandalı, spor kurumlarının içerisinde sistematik istismar biçimlerinin nasıl ortaya çıkabildiğini çarpıcı biçimde göstermiştir. Benzer şekilde, Simone Biles'ın mental sağlık gerekçesiyle olimpiyatlardan çekilmesi, elit sporun sporcular üzerinde yarattığı yoğun performans baskısını gündeme taşımıştır. Ayrıca yüksek rekabet baskısı, ekonomik çıkarlar ve performans beklentileri, sporcuların zaman zaman şiddet içeren davranışlar sergilemesine neden olabilmektedir. Zinedine Zidane'ın 2006 FIFA Dünya Kupası finalinde sergilediği davranış (rakibine kafa atması), bu durumun çarpıcı örneklerinden biri olarak değerlendirilmektedir. Bu tür olaylar, elit düzeyde dahi duygusal öz-denetimin her zaman sağlanamadığını göstermekte ve dolayısıyla figürasyonel teorinin göz ardı ettiği kurumsal ve psikolojik şiddet biçimlerine işaret etmektedir.

Son olarak, dijitalleşmenin etkisiyle birlikte şiddetin yeni mecralara taşındığı görülmektedir. League of Legends gibi e-spor platformlarında profesyonel oyunculara yönelik çevrimiçi taciz, tehdit ve nefret söylemi yaygınlaşmaktadır. Bu durum, şiddetin yalnızca fiziksel ortamlarda değil, dijital alanlarda da yeniden üretildiğini göstermektedir (Anderson, 2010).

TARTIŞMA VE SONUÇ

Figürasyonel teori modern sporda şiddetin azaldığı yönünde önemli bir çerçeve sunmakla birlikte, günümüz elit spor gerçekliği bu iddianın sınırlı olduğunu ortaya koymaktadır. Şiddet ortadan kalkmamış; aksine biçim değiştirerek, kurumsallaşarak ve kimi durumlarda ticarileşerek varlığını sürdürmektedir. Bu nedenle, elit sporda şiddeti anlamak için figürasyonel teorinin ötesine geçen, çok boyutlu ve eleştirel yaklaşımlara ihtiyaç bulunmaktadır.

Kurumsallaşma şiddeti ortadan kaldırmamıştır. Küreselleşme, kapitalizm, kitle iletişim araçları ile sporda şiddet ticari olarak teşvik edilmekte ve yeniden üretilmektedir. Hokeyde kavga, MMA ya da UFC'de dövüş, spor endüstrisi tarafından ödüllendirilmektedir. Dolayısıyla figürasyonel teori küresel ve modern bağlamı ihmal etmektedir.

Figürasyonel teori sadece fiziksel şiddete ve onun azalmasına odaklanmaktadır. Ancak modern sporda ortaya çıkan sembolik, yapısal, psikolojik ve dijital şiddet gibi şiddet türlerini göz ardı etmektedir. Ayrıca modern sporda ırkçılık, mobbing, performans baskısı ve disiplin, gözetim ve kontrol aracılığıyla yeni şiddet türleri de ortaya çıkmıştır. Bu bağlamda figürasyonel teori modern spordaki iktidar ilişkilerini yeterince açıklayamamaktadır.

Sonuç olarak, literatür incelendiğinde figürasyonel teorinin spor ve şiddet ilişkisini açıklamada önemli bir başlangıç noktası sunduğu, ancak modern sporun karmaşık yapısını açıklamakta tek başına yeterli olmadığı görülmektedir. Özellikle şiddetin dönüşümü, ticarileşmesi ve sembolik boyutlarının artması, bu teorinin eleştirel yaklaşımlarla birlikte yeniden değerlendirilmesini gerekli kılmaktadır. Ayrıca figürasyonel teorinin teleolojik (ilerlemeci) bakışı şiddetin lineer şekilde azaldığını varsayar, ancak modern spordaki şiddet dalgalı, bağlama bağlı ve geri dönüşlüdür. Bir diğer ifadeyle, Elias'ın figürasyonel teorisi, sporda şiddetin tamamen ortadan kalktığını değil, daha çok biçim değiştirerek yeniden üretildiğini göz ardı etme eğilimindedir.

KAYNAKÇA

Amman, M. T. (2000). Spor sosyolojisi. (H. C. İkizler, Ed.), *Sporda Sosyal Bilimler* icinde (ss. 85-151). Alfa.

Amman, M. T. (1999). Türkiye'de tanınmayan büyük bir sosyolog: Norbert Elias ve spor sosyolojisine katkıları. *Spor Araştırmaları Dergisi*, *III*(2), 83-90.

Anderson, E. (2010). *Sport, theory and social problems: A critical introduction*. Routledge.

Bora, T., Erdoğan, N. (2009). Dur tarih, vur Türkiye-Türk milletinin milli sporu olarak futbol. (R. Horak, W. Reiter, T. Bora, Haz.), *Futbol ve Kültürü* içinde (ss. 221-240). İletişim Yayınları.

Bourdieu, P. (1991). *Language and symbolic power*. Polity Press.

Burke, P. (2021). *Tarih ve toplumsal kuram*. (M. Tunçay, Çev.). Islık Yayınları.

Carrington, B. (2010). *Race, sport and politics: The sporting black diaspora*. Sage Publications.

Dunning, E. (1999). *Sport matters: Sociological studies of sport, violence and civilization*. Routledge.

Elias, N., Dunning, E. (1986). *Quest for excitement: Sport and leisure in the civilizing process.* Basil Blackwell.

Elias, N. (2000). *The civilizing process*. Blackwell.

Fink, J. S. (2015). Female athletes, women's sport, and the sport media commercial complex: Have we really "come a long way, baby"?. *Sport Management Review*, 18(3), 331–342. https://doi.org/10.1016/j.smr.2014.05.001

Foucault, M. (1977). *Discipline and punish: The birth of the prison*. Pantheon.

Giulianotti, R. (1999). *Football: A sociology of the global game*. Polity Press.

Kerr, J. H. (2004). *Rethinking aggression and violence in sport*. Routledge.

Spaaij, R. (2006). *Understanding football hooliganism: A comparison of six Western European football clubs*. Vossiuspers UvA-Amsterdam University Press.

Young, K. (2012). *Sport, violence and society*. Routledge.

PERCEPTION OF ORANGE-FLESHED SWEET POTATOES AMONG FARMERS IN AFIKPO ZONE EBONYI STATE, NIGERIA

Izuogu, C.U
Department of Agricultural Extension and Rural Development, Alex Ekwueme Federal University, Ndufu Alike P.M.B 1010, Abakaliki, Ebonyi State, Nigeria

Uche, E.U
Department of Agricultural Extension and Rural Development, Alex Ekwueme Federal University, Ndufu Alike P.M.B 1010, Abakaliki, Ebonyi State, Nigeria

Olaolu, M.O
Department of Agricultural Extension and Rural Development, Alex Ekwueme Federal University, Ndufu Alike P.M.B 1010, Abakaliki, Ebonyi State, Nigeria

Njoku, L.C
Department of Agricultural Extension and Rural Development, Alex Ekwueme Federal University, Ndufu Alike P.M.B 1010, Abakaliki, Ebonyi State, Nigeria

Umeh, N.E
Department of Agricultural Extension and Rural Development, Alex Ekwueme Federal University, Ndufu Alike P.M.B 1010, Abakaliki, Ebonyi State, Nigeria

Ibrahim-Olesin, S
Department of Agricultural Extension and Rural Development, Alex Ekwueme Federal University, Ndufu Alike P.M.B 1010, Abakaliki, Ebonyi State, Nigeria

Agou, G.D
Department of Agricultural Extension and Rural Development, Alex Ekwueme Federal University, Ndufu Alike P.M.B 1010, Abakaliki, Ebonyi State, Nigeria

Orji, J.E
Department of Soil Science, Alex Ekwueme Federal University, Ndufu Alike P.M.B 1010, Abakaliki, Ebonyi State, Nigeria

Nwokeafor, C.N
Federal Polytechnic Ohodo, Igbo Etiti, Enugu State

ABSTRACT

The study examined the awareness and perception of orange-fleshed sweet potato (OFSP) among farmers in Afikpo Zone, Ebonyi State, Nigeria. It profiled socio-economic characteristics, described perceptions, and determined cultivation challenges. Data were collected from farmers using structured questionnaires and analyzed with descriptive statistics and binary logit regression. Respondents had a mean age of 45 years, average household size of 5.83, and 14 years of farming experience. Most (58%) were male, 78% had at least secondary education, and 76% belonged to social organizations. Farmers expressed positive perceptions, citing health benefits, high yield, and resilience, though some feared displacement of indigenous varieties. Major challenges included lack of agricultural insurance (89%), absence of initial cash support (89%), inadequate inputs (79%), and limited seed availability (68%). The

binary logit model ($\chi^2 = 64.214$, $p < 0.01$, pseudo-$R^2 = 0.436$) indicated that higher education, larger farm and household sizes, and greater extension contact positively influenced awareness, while age had a negative effect. The study recommends strengthening extension services, expanding agricultural insurance and credit access, leveraging farmer networks for knowledge dissemination, and promoting conservation of indigenous varieties alongside OFSP adoption. Addressing these constraints can enhance the perception of OFSP.

Keywords: Perception, Orange flesh, awareness, benefits.

Introduction

Orange-fleshed Sweet Potato (Ipomoea batatas) belongs to the botanical family Convolvulaceae (Kapinga et al., 2022). In many countries, its culture and production are essential, as it contributes to reducing food shortages in times of crisis, such as natural disasters or wars (Mbela., 2021). It is among the world's most important, versatile, and under-exploited food crops, with more than 90 million tonnes in annual production, mostly contributed by Asian and African countries, especially Nigeria (FAO, 2021).

Many benefits have been attributed to the adoption and use of OFSP such as improved nutrition levels in the respective rural households, improved income levels and food security in the said rural communities (Tenaye, 2020a). Still, several challenges persist in Nigeria regarding the adoption and utilization of OFSP, including low access to improved varieties, little extension services, and weak market structure. Therefore, further efforts are required to increase the utilization of OFSP among the farmers in Nigeria.

Nigeria is among the leading producers of sweet potatoes in Nigeria today (Njoku et al., 2025; Izuogu and Ekumankama, 2015). The zone is suitable for OFSP production because of the favourable climate and soil fertility of the area. However, there are still many constraints that hinder the production and utilization of OFSP in Afikpo Zone, such as poor access to improved varieties, few extension agents, and poor market development (Njoku et al., 2024; Atasie and Izuogu, 2015). Also, many farmers in Afikpo Zone are not knowledgeable or skilled enough to grow and process OFSP properly. Hence, the need to train farmers in Afikpo zone through the provision of training and extension services.

The study therefore described the socio-economic characteristics of farmers, described farmers' perceptions of OFSP, and determined cultivation challenges among farmers in Afikpo Zone of Ebonyi State. The study hypothesized that farmers; socio-economic characteristics do not influence their awareness of OFSP.

Methodology

This study was carried in Afikpo Zone, Local Government of Ebonyi, Nigeria. It is in the southeastern part of Nigeria, within the tropical region of West Africa. Multi-stage sampling procedures was employed in selecting the respondents for the study. In the first stage, purposive random sampling techniques was used to select Afikpo zone Ebonyi state. The purposive sampling techniques was used because farmers in the study area are active in the cultivation of OFSP. The second stage involved the random selection of five villages from the list of the various villages including Amasiri, Ebunwana Nguzu, Ozizza and Nkpologu,. The third stage, random sampling techniques was used to select twenty farmers from the five villages giving a sample size of one hundred (100) farmers for study. The total number of register potato farmers was obtained from agriculture programme coordinators in the local government.

Data was collected with the aid of structured questionnaires.. The socio-economic characteristics of respondents was evaluated at an ordinal level. Where necessary, dummy variables were used. Perception of OFSP was measured on a 4-point Likert-type scale of strongly agree, agree, strongly disagree and disagree. These were assigned weights of 4,3,2 and 1, respectively and analyzed with mean scores. A mid-point of 2.5 and above demonstrated a very favourable attitude (0) while scores below 2.5 imply a not very favourable attitude (1).Challenges of cultivating OFSP were listed and respondents ticked as appropriate. Other variables were measured as

X1 = Sex (1= male, 0= female)

X2 = Age (number of years)

X3 = Household size (actual number of persons living in the household)

X4 = Level of education (years spent in school)

X5 = Farm size (hectares)

X6 = Access to extension (1=yes, 0=no)

X7 = Distance to source of OFSP vines (kilometres)

X8 = Marital status (1= Married, 0 = Otherwise)

Study objectives were analyzed using descriptive statistics. Perception of OFSP was analyzed using mean score. The data analysis was analyzed through Statistical Product for Service Solution software. Multiple regression analysis was used to test the hypothesis.

This regression follows the specified structure:

$Y= \alpha + \beta_1X_1 + \beta_2X_2 + \beta_3X_3 + \beta_4X_4+ \beta_5X_5+ \beta_6X_6 + \beta_7X_7 +\beta_7X_7 +\beta_8X_8 + \beta_9X_9$ ……...+u

Results and Discussion

Respondents' Socio-Economic Characteristics

Table 1 reveals that 58.0% of the farmers in the study area were males. The finding implies that farming is predominantly done by males in the study area. This could probably be because males needed to engage in farming to provide food for the family and provide other basic needs. It further implies that males have more access to agricultural productive resources than their female counterparts. The finding of the study agrees with Izuogu et al (2025) who found that majority of the farmers in Ebonyi State are male.

Results in the Table also show that majority (33.0%) of the farmers were above 51 years, 25.0% were between age 41 and 50, 21.0% were between 31 and 40 while 21.0% were less than 30 years of age. The average age of the farmers was 45 years. This agrees with Azuamairo et al. (2025) who found that 35.0% of farmers in Kano state were between 46 and 55 years of age. This implies that the respondents were young farmers who are likely to have accessed access to orange-fleshed sweet potato Furthermore, it could be because farmers who are largely advanced in age might not be able to withstand the drudgery associated with farming operations such as making of mounds for potation cultivation.

Entries in Table 1 depict that 44.0% of the respondents obtained secondary education, 34.0% obtained tertiary education, and 13.0% attended primary education while 12.0% had no formal education. This implies that respondents obtained reasonable level of education that could help them seek for additional information about the cultivation of OFSP. From the Table, 58.0% of the respondents had household size of 6-10, 26.0% had 1-5, while 13.0% had above 11 persons

with an average household size was 5.83. the mean household size was 6. Njoku et al. (2024) found that 60.0% of farmers had a mean household size of 3 persons. The finding implies that the respondents had large household size that supplies family labour for OFSP production activities such as cultivation, weeding, fertilizer application, storage, processing among others. Also, large household sizes will imply the need to feed more persons, hence a diversification of the crop production **(**Izuogu et al., 2025**).**

Table 1: Socio-economic Characteristics of Respondents

Characteristics	Frequency	Percentage		Mean	
Sex					
Male		58		58.0	
Female	42		42.0		
Age of farmers in years					
Less than 30 years		21		21.0	
31-40		22		22.0	
41-50		25		25.0	45
51 and above		33		33.0	
Educational level					
No formal education		12		12.0	
Primary education		10		13.0	
Secondary education		44		44.0	
Tertiary education		34		34.0	
Household size in number					
1-5		29		29.0	
6-10		58		58.0	5
11 and above		13		13.0	
Membership of cooperative society					
Yes		76		76.0	
No		24		24.0	
Different social organizations					
Crop association	47		47.0		
Village cultural association		29		29.0	
Animal association		24		24.0	
Farming experience					
1-5		28		28.0	
6-10		29		29.0	14
11-15		9		9.0	
16 and above		34		34.0	

Source: Field survey, 2025

Perception of Orange-fleshed Sweet Potatoes

Evaluation of farmers' perception of OFSP shows that farmers demonstrated a positive attitude towards the variety as shown on Table 2. Respondents perceived OFSP to be good to health ($\bar{x}$ =3.6), high yielding ($\bar{x}$ =3.5), drought and disease resistant ($\bar{x}$ =3.3), and relatively affordable ($\bar{x}$ =3.1). However, the results show that farmers opined that the cultivation of OFSP will lead to the extinction of indigenous potatoes varieties. This agrees with the report of Izuogu et al. (2024) and implies that respondents understand the gains in the cultivation of OFSP.

These responses are essential in advancing food security for rural households and communities with many dependents and fragmented agricultural plots. One of the advantages of cultivating orange-fleshed sweet potatoes is their biofortification which ensures that minerals, vitamins etc are made readily available to farming households through the consumption of these crops. This approach has proved effective in addressing the challenges of hidden hunger among farmers in rural areas (Oloniyo., 2021; Izuogu et al., 2024)

Table 2: Perception of Orange-fleshed Sweet by respondents

ITEMS	SD	Mean
Orange-fleshed Sweet Potatoes are good to health	3.6	0.8
Orange-fleshed Sweet Potatoes are high yielding	3.5	0.2
They are resistant to drought and diseases	3.3	0.6
Orange-fleshed Sweet Potatoes are affordable	3.1	0.4
They lead to extinction of indigenous potatoes varieties	3.0	0.3
They require more intensive management practices when compared to other species	2.3	0.6
They are rarely available to small scale farmers	3.4	0.5

Source: Field survey, 2025. Multiple responses were recorded

Orange Flesh Sweet Potato cultivation challenges

From Table 3, lack of agricultural insurance (89%), absence of initial cash support (89%), lack of appropriate farm input (79%) insufficient fertilizer (78%), Unsuitable climate (76%), weak role of agricultural extension (32%), and non-availability of seed (68%) are the constraint in the cultivation of OFSP varieties. Extension service providers are the primary source of information for most smallholder farmers in Nigeria (Owuor et al., 2023). The inability of agricultural extension in persuading farmers and educating them on the need for the adoption of OFSP will negatively influence their decision to adopt the variety (Wangithi et al., 2023). As the gap between farmers and agricultural extension service providers widens over cropping seasons, information on OFSP will be inadequate.

Tenaye (2020) identified reluctance to take risk, and unavailable compensation cash support as the major production constraints in the cultivation of improved crop varieties. According to Aragaw et al (2024), the absence of agricultural production insurance scheme, seed multiplication and marketing posse severe challenge to the adoption of OFSP

Table 3: Challenges with the cultivation of Orange-fleshed Sweet Potatoes

Items	Frequency	Percentage
Weak role of agricultural extension	32	32
High cost of vines	43	43
Lack of agricultural insurance	89	89
Reluctant to take risk	62	62
Lack of public awareness	38	38
No initial cash support	89	89
Lack of skill	12	12
Lack of fertilizer	78	78
Unsuitable climate	76	76
Non-availability of vines	68	68
Lack of appropriate production inputs (fertilizer etc)	79	79
Lack of knowledge of vine sources	76	76
Lack of acceptance by peer group members	34	34
Labour requirement	48	48
Lack of clear policies to support improved crop production	31	31

Source: Field survey, 2025

Determinants of Awareness of Orange-fleshed Sweet Potatoes

Entries in Table 6 shows the result of the 100 observations that were used for the binary logit regression model. The likelihood ratio of the chi square is statistically significant ($p < 0.01$). With a likelihood ratio chi square of 64.214 and a pseudo-R square of 0.436, the model is valid and has adequate explanatory power. It is important to state however that this does not mean

that respondents' awareness of OFSP can be automatically changed by either increasing their farm size, level of education, household size or access to agricultural extension. Nevertheless, such socio-economic characteristics in the regression model may serve as proxies to stimulate potential interventions.

Respondents' age was significant with a negative relationship with their awareness of OFSP. This implies that for a unit increase in age (number of years) of a respondent, the probability of having being aware of OFSP decreased by 2.029 units at 90% confidence interval. The implication of this is that the younger a potato farmer is, the more the likelihood of being aware of OFSP. This agrees with the findings of Rosero et al (2022) who reported that younger farmers have high knowledge of innovative agricultural practices given that they are strong and agile with a higher capacity to gain information from internet and other mass media.

Level of education was significant ($p < 0.05$) and had a positive relationship with respondents' awareness of OFSP. With every unit of increase in level of education, the probability of a respondent knowing about OFSP increased by 4.765 at 95% confidence interval. This implies that respondents with higher level of education are more aware of OFSP. Education enables farmers to encounter trained professionals in the agricultural sector hence increasing their level of knowledge of contemporary agricultural practices.

Access to agricultural extension services had a statically significant ($p < 0.01$) and positively relates with respondents' awareness of OFSP. Table 5 shows that a unit increase in access to agricultural extension services, increases the probability of the respondent having being aware of orange-fleshed sweet potatoes by 8.873.

There was a statically significant positive relationship between respondent's farm size and their awareness of OFSP. For every unit increase in respondents' farm size, the probability of knowing about OFSP increased by 6.651 ($p < 0.01$). For a unit increase in respondents' household size, there was an increase in their awareness of orange-fleshed sweet potatoes by 3.982 ($p < 0.05$)

Table 6: Determinants of awareness of OFSP

Variable	Co-efficient	Standard error	Marginal effect	p-value
Age	-0.508	0.249	2.029	0.078*
Level of education	1.263	0.455	4.765	0.014**
Farm size	2.044	1.021	6.651	0.004***
Access to extension	4.266	2.243	8.873	0.005***
Household size	2.485	1.677	3.982	0.015**
Marital status	-0.461	0.312	1.023	0.173
Log likelihood function	118. 199			
Likelihood ratio chi square	64.214			
Pseudo R square	0.436			

Source: Field survey, 2025.

Conclusion and Recommendation

The study concludes that orange-fleshed sweet potato farming in the Afikpo Zone is dominated by relatively young, educated male farmers with large households, substantial farming experience, and strong social networks that facilitate access to resources and information. Farmers have a positive perceptions of OFSP health and yield benefits, and support from farmer-to-farmer knowledge sharing. Higher education, larger farm and household sizes, and greater extension contact positively influenced awareness of OFSP in the study area. However, significant barriers especially particularly lack of insurance, financial support, quality inputs,

and effective extension services—limit wider adoption. Strengthening institutional support, improving input supply, and enhancing extension outreach could substantially boost OFSP uptake, food security, and rural livelihoods

References

Aragaw, A., Biazin, B., Gurmu, F., Anthony, R., Cherinet, M., Low, J., Yeshitela, M., Girma, A., & Feyissa, T. (2024). Participatory on-farm evaluation of new orange-fleshed sweetpotato varieties in Southern Ethiopia. *Open Agriculture, 9,* 20220208.

Atasie, C.M. & Izuogu, C.U. (2017). Use of radio for extension service delivery to farmers in rural communities of Abia State, Nigeria, *Nigerian Journal of Rural Sociology, Rural Sociological Association of Nigeria,* vol. 17(2). DOI: 10.22004/ag.econ.287582

Azuamairo, G. C., Obobi, G., Nwachukwu, C.N., Izuogu, C.U., Njoku, L.C., and Iwezor-Magnus, D.N (2025) Comparative Economic Analysis of Modern and Traditional Beekeeping Systems in Umuahia Agricultural Zone, Nigeria. Nigerian Agricultural Journal ISSN: 0300-368X Volume 55, Number 3, December 2024, Page 1233-1238

FAO, IFAD, UNICEF, WFP, & WHO. (2021). *In brief to the state of food security and nutrition in the world 2021: Transforming food systems for food security, improved nutrition and affordable healthy diets for all.* FAO. https://doi.org/10.4060/cb5409en

Izuogu, C. U., Oparaojiaku, J. O., Njoku, L. C., Ankrah, D. A., Ominikari, A. G., & Nwabuisi, C. J. (2025). A review of agricultural extension roles in climate change adaptation and mitigation among farmers in Nigeria. *Agro-Knowledge Journal, 26*(2), 107–127

Izuogu, C. U., Oparaojiaku, J. O., Azuamairo, G. C., Amah, D. O., & Musab, I. (2024). Rice farmers' perception and willingness to pay for agricultural insurance in Anambra State, Nigeria. *Tanzania Journal of Agricultural Sciences, 23*(2), 331–339.

Izuogu, C. U., & Ekumankama, O. O. (2015). Assessment of rural infrastructures and productive assets provided by Fadama II development project in Okigwe agricultural zone of Imo State, Nigeria. *International Journal of Academic Research in Business and Social Sciences, 5*(6). https://doi.org/10.6007/IJARBSS/v5-i6/1680

Kapinga, R., Zhang, D., Lemaga, B., Andrade, M., Mwanga, R., Laurie, S., Ndoho, P., & Kanju, E. (2022). Sweetpotato crop improvement in sub-Saharan Africa and future challenges. In *Proceedings of the 13th ISTRC Symposium* (pp. 82–94).

Mbela, D. E. (2021). Imparting nutrition knowledge to school children and communities: The role of orange-fleshed sweet potato in nutrition. *Advances in Image and Video Processing, 9*(3). https://doi.org/10.14738/aivp.93.10320

Njoku, L. C., Umeh, N. E., Akude, C. N., Nwabuisi, J. C., Ominikari, A. G., Izuogu, C. U., & Ibrahim, H. I. (2025). Adoption of indigenous practices for climate change adaptation by sweet potato farmers in Ebonyi State, Nigeria. *Explora: Environment and Resource, 2*(3), 025250048. https://doi.org/10.36922/EER025250048

Njoku, C. L., Mgbeokwere, M. C., Izuogu, C. U., Olaolu, M. O., Azuamairo, G. C., Ibrahim-Olesin, S., & Agou, G. D. (2024). Effects of climate-smart agricultural practices on cassava farmers' output in Ebonyi State, Nigeria. In *Proceedings of the Twenty-Ninth Annual Conference of the Agricultural Extension Society of Nigeria* (pp. 239–246). https://doi.org/10.4314/jae.v29i1.27S

Oloniyo, R. O., Omoba, O. S., & Awolu, O. O. (2021). Biochemical and antioxidant properties of cream and orange-fleshed sweet potato. *Heliyon, 7,* e06533.

Owuor, A. A., Otieno, D. J., Okello, J. J., Oluoch-Kosura, W., & Dufour, D. (2023). Assessment of consumers' preference for orange-fleshed sweet potato puree chapati: A case of rural and urban consumers in Kenya. *Journal of the Science of Food and Agriculture.* https://doi.org/10.1002/jsfa.12734

Rosero, A., Pastrana, I., Martínez, R., Perez, J. L., Espitia, L., Araujo, H., Belalcazar, J., Granda, L., Jaramillo, A., & Gallego-Castillo, S. (2022). Nutritional value and consumer perception of biofortified sweet potato varieties. *Annals of Agricultural Sciences, 67*(1), 79–89. https://doi.org/10.1016/j.aoas.2022.05.004

Tenaye, A. (2020). New evidence using a dynamic panel data approach: Cereal supply response in smallholder agriculture in Ethiopia. *Economies, 8,* 61.

Wangithi, C. M., Nyangaresi, A. M., Srinivasulu, R., Moyo, M., Muzhingi, T., & Kawarazuka, N. (2023). Consumer willingness to pay a premium for orange-fleshed sweet potato puree products: Gender-responsive evidence from Becker–DeGroot–Marschak experimental auction among low- and middle-income consumers in selected regions of Nairobi, Kenya. *Frontiers in Sustainable Food Systems, 7,* 1114468. https://doi.org/10.3389/fsufs.2023.1114468

ANALYSIS OF REPORTED ADVERSE EVENTS OF ASPERGILLUS INFECTION ASSOCIATED WITH IMMUNOSUPPRESSIVE DRUGS USED TO PREVENT ORGAN REJECTION

ORGAN REDDİNİ ÖNLEMEK İÇİN KULLANILAN İMMÜNSUPRESİF İLAÇLARLA İLİŞKİLİ ASPERGİLLUS ENFEKSİYONUNA DAİR BİLDİRİLEN ADVERS OLAYLARIN ANALİZİ

Nesrin ÇAĞLAYAN DUMAN
Ordu Üniversitesi, Tıp Fakültesi, Tıbbi Farmakoloji Anabilim Dalı, Ordu, Türkiye
ORCID ID: https://orcid.org/0000-0002-3215-590X

Ufuk Kemal ALTUNSOY
Ordu Üniversitesi, Tıp Fakültesi, Ordu, Türkiye
ORCID ID: https://orcid.org/0009-0009-0442-2220

Arda DEMİRKOPARAN
Ordu Üniversitesi, Tıp Fakültesi, Ordu, Türkiye
ORCID ID: https://orcid.org/0009-0006-7927-6529

Sıla ALTUNSOY
Ordu Üniversitesi, Tıp Fakültesi, Ordu, Türkiye
ORCID ID: https://orcid.org/0009-0009-0290-5931

ABSTRACT

The aim of this study is to analyze adverse event (AE) reports related to *Aspergillus* infection recorded in the U.S. Food and Drug Administration's (FDA) Adverse Event Monitoring System (AEMS) database, with a focus on immunosuppressive drugs used to prevent organ rejection in transplant patients. The present study included reports of immunosuppressive drugs used to prevent organ rejection in transplant patients, as documented in AEMS (excluding corticosteroids). Data mining was performed on the data from these reports using OpenVigil 2.1 software, and "*Aspergillus* infection" reports in which the drugs were reported as the "primary suspect" in creating AE were selected for disproportionality analysis. If the number of cases identified as a result of the analysis, the Reporting Odds Ratio (ROR) (95% confidence interval > 1), and the Proportional Reporting Ratio (PRR) (chi-square > 4) were all greater than 2, it was concluded that the drug indicated a positive signal for the adverse event. Of the eight drugs evaluated, the three with the highest number of reports were tacrolimus (n=269), mycophenolate mofetil (n=261), and cyclosporine (n=139). It was found that seven of these drugs showed a positive signal for *Aspergillus* infection. The three drugs with the highest signal strength were basiliximab (PRR=41.062; ROR=41.595), mycophenolate mofetil (PRR=23.085; ROR=23.24), and tacrolimus (PRR=21.585; ROR=21.72). In conclusion, this study has

demonstrated that there may be a positive signal between *Aspergillus*, a fungal pathogen whose prevalence increases due to immunosuppression, and the drugs used to prevent organ rejection. Further clinical research is required in order to both confirm these findings and to assess causality.

Keywords: *Aspergillus* infection; Adverse event; Immunosuppressive drug; Organ rejection

GİRİŞ

Aspergilloz, yaygın olarak bulunan filamentli bir mantar türü olan *Aspergillus* sporlarının solunmasıyla ortaya çıkan bir enfeksiyondur. Bu hastalığın sonuçları hafif düzeyden şiddetli düzeye kadar değişebilir; bağışıklık sistemi zayıflamış kişiler ise yüksek risk altındadır[1]. *Aspergillus* enfeksiyonunun önemli risk faktörleri arasında uzamış nötropeni, organ transplantasyonu, hematolojik malignite gibi durumlar bulunmaktadır[2].

İmmünsüpresif tedaviler, organ transplantasyonu yapılan hastalarda greft reddini önlemek için gereklidir ancak bu tedavilerin aynı zamanda hastaları fırsatçı enfeksiyonlara karşı savunmasız hale getirdiği bildirilmiştir[3]. **Normalde patojenitesi düşük olan mikroorganizmaların immün sistemi baskılanmış hastalarda ciddi morbidite ve mortalite nedeni olabileceği vurgulanmıştır[4,5].** Özellikle Aspergillus türlerinin, transplant alıcılarında invaziv enfeksiyonlara neden olarak yüksek mortalite oranları ile ilişkili olduğu ileri sürülmüştür[6].

Organ transplantasyonu ve otoimmün hastalıkların tedavisindeki ilerlemelere bağlı olarak, immünsupresif ilaç kullanımı son yıllarda belirgin bir ivme kazanmıştır. Özellikle nakil alıcılarında, bu ilaçların kullanım oranları anlamlı ölçüde artmıştır[7,8]. 2024 yılında 91 ülke tarafından toplam 173727 solid organ transplantasyonu yapıldığı bildirilmiştir ve 2023 yılına göre %2'lik bir artış olduğu belirtilmiştir[9]. 2001-2006 yılları arasında kök hücre nakli alıcıları arasında yapılan prospektif bir çalışmada, invaziv aspergillozun kök hücre nakli alıcılarında en yaygın mantar enfeksiyonu türü olduğu belirtilmiştir[10]. Solid organ ve kök hücre nakli alıcılarının sayısının artması ve yeni immünsupresif ajanların kullanımı *Aspergillus* enfeksiyonlarının epidemiyolojisi ile ilgili bilgilerin zamanla değişebileceğini göstermektedir[11,12].

Advers Olay İzleme Sistemi (Adverse Event Monitoring System - AEMS) Amerika Birleşik Devletleri'ndeki Gıda ve İlaç İdaresi (Food and Drug Administration - FDA) tarafından ilaç advers etkilerinin toplandığı bir sistemdir. Bu advers olay bildirimlerinin bulunduğu veri tabanı vakaların demografik bilgilerini, ilaç advers olay verilerini, ilaç kullanım ayrıntılarını, rapor kaynaklarını, ilaç endikasyonlarını ve hasta sonuçlarını içermektedir[13]. AEMS veri tabanı, ilaçlara bağlı advers olayların spontan bildirimlerini içermekte olup aspergillus gibi nadir ancak ciddi enfeksiyonların tespitinde sinyal üretimi açısından değerlidir.

Fırsatçı fungal patojenler arasında yer alan Aspergillus türleri, özellikle immün sistemi baskılanmış bireylerde ciddi enfeksiyonlara yol açabilmektedir. Organ transplantasyonu yapılan hastalarda ilaçlar tarafından immün sistemin baskılanması, enfeksiyonlara yatkınlığı artıran önemli bir klinik sorundur. Bu çalışmanın amacı organ nakli sonrası reddi önlemek için kullanılan immünsupresif ilaçlar ile *Aspergillus* enfeksiyonu arasındaki ilişkiyi advers olay raporları üzerinden incelemektir.

GEREÇ VE YÖNTEM

Bu çalışmada veri kaynağı olarak AEMS kullanılmıştır. AEMS veritabanından elde edilen verileri analiz için bir farmakovijilans veri analiz aracı olan OpenVigil 2.1 kullanılmıştır.

OpenVigil, FAERS veritabanında veri çıkarma, temizleme, veri madenciliği ve analizi için geliştirilmiş bir farmakovijilans aracıdır.

OpenVigil'in arama kısmında ilaç kısmına hedef ilaçların her biri ayrı ayrı yazılmıştır. Advers olay kısmına '*Aspergillus* infeksiyonu' yazılmıştır. Bu çalışmaya 2003'ün son çeyreğinden 2024'ün sonuna kadar olan bütün verilerin birincil şüpheli olduğu vakalar dahil edilmiştir. Hedef ilaç grubu olarak transplant hastalarında organ reddini önleyici immünsupresifler olan takrolimus, mikofenolat mofetil, siklosporin, sirolimus, basiliksimab, everolimus, azatioprin ve belatasept değerlendirilmiştir.

İlaç-advers olay orantısızlık analizinde kullanılan tüm algoritmalar 2×2 kontingans tablolarına dayanmaktadır. İlaç-advers olay arasındaki sinyal gücü tespiti için kullanılan ölçütler olarak Raporlama Odds Oranı (ROR) ve Orantılı Raporlama Oranı (PRR) kullanılmıştır. OpenVigil'den elde edilen bu veriler ile ilaçların sinyal gücü değerlendirmesi yapılmıştır. Bu değerlendirme kriterleri şunlardır; vaka sayısı 3 ve 3'ün üstünde olmalı, ROR değeri > 2 (ROR için %95 güven aralığı alt sınırı > 1) ve PRR değeri > 2 (PRR değeri için ki-kare değeri > 4). Bu kriterlerin tamamı sağlandığında, ilaç ile advers etki arasında anlamlı bir ilişki olduğu ve ilacın pozitif sinyal gösterdiği kabul edilmiştir.

Bu çalışma, AEMS kapsamında spontan advers ilaç reaksiyonu bildirim verilerinin analizine dayanmaktadır. Kullanılan veriler, kimlik bilgisi içermeyen, anonimleştirilmiş ve kamuya açık farmakovijilans veritabanından elde edildiği için bireysel hasta düzeyinde tanımlayıcı herhangi bir bilgi içermemektedir. Bu nedenle çalışma, insan denekler üzerinde doğrudan müdahale veya hasta verisi içeren bir klinik araştırma niteliği taşımamaktadır. Bu kapsamda mevcut literatür ve uluslararası farmakovijilans uygulamaları doğrultusunda etik kurul onayı gerekmemektedir.

BULGULAR

AEMS veri tabanında '*Aspergillus* enfeksiyonu' ile ilgili 'birincil şüpheli' olarak bildirilmiş toplam vaka sayısı 4249'dur. Bunlardan 710 vakanın çalışmamızda pozitif sinyal gösteren transplantasyonda organ reddini önlemek için kullanılan 7 ilaca ait olduğu bulunmuştur. Orantısızlık analizi sonuçları Tablo 1'de yer almaktadır.

Değerlendirilen 8 ilaçtan 7'sinin *Aspergillus* enfeksiyonu ile istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki gösterdiği ve pozitif sinyal oluşturduğu bulunmuştur. Çalışmada değerlendirilen everolimusun pozitif sinyal için değerlendirme kriterlerini karşılamadığı saptanmıştır (n=12, PRR=1,39, ROR=1,39).

En çok bildirim yapılan ilk üç ilaç takrolimus (n=269), mikofenolat mofetil (n=261) ve siklosporin (n=139)'dir. Diğer ilaçlar ise sırasıyla şu şekildedir; sirolimus (n=13), basiliksimab (n=12), azatioprin (n=11) ve belatasept (n=5).

En yüksek sinyal gücü gösteren ilaç basiliksimabdır (PRR=41,062; ROR=41,595). İkinci yüksek sinyal gücü gösteren ilaç mikofenolat mofetildir (PRR=23,085; ROR= 23,24). Takrolimus, en yüksek sinyal gücü gösteren ilaçlar arasında üçüncü sırada yer almaktadır (PRR=21,585; ROR=21,72). Diğerleri ise sırasıyla şunlardır: siklosporin (PRR=12,993; ROR=13,042), belatasept (PRR=9,109; ROR=9,132), azatioprin (PRR=7,992; ROR=8,01), sirolimus (PRR=6,471; ROR=6,483).

Tablo 1: Organ reddini önlemede kullanılan immünsupresif ilaçlarla ilişkili bildirilen *aspergillus* enfeksiyonu advers etkilerinin orantısızlık analizi

İlaç	Vaka sayısı	PRR (x^2)	ROR (%95 GA)
Takrolimus	269	21,585 (4928,823)	21,72 (19,19; 24,584)
Mikofenolat mofetil	261	23,085 (5156,693)	23,24 (20,496; 26,352)
Siklosporin	139	12,993 (1477,24)	13,042 (11,01; 15,448)
Sirolimus	13	6,471 (54,635)	6,483 (3,759; 11,18)
Basiliksimab	12	41,062 (428,749)	41,595 (23,515; 73,578)
Azatioprin	11	7,992 (60,336)	8,01 (4,429; 14,485)
Belatasept	5	9,109 (28,413)	9,132 (3,794; 21,981)

Kısaltmalar: χ2: Yates' ile düzeltilmiş kikare değeri, %95 GA: %95 güven aralığı (alt sınır; üst sınır), PRR: Orantılı Raporlama Oranı, ROR: Raporlama Olasılık Oranı

SONUÇ VE TARTIŞMA

Bu çalışmada organ reddini önlemek için kullanılan immünsupresif ilaçların *Aspergillus* enfeksiyonu ile ilişkisi FAERS verileri üzerinden orantısızlık analizi ile değerlendirilmiştir. AEMS'e bildirilen *Aspergillus* enfeksiyonu vakalarının yaklaşık beşte birini, çalışmaya dahil ettiğimiz transplant tedavisinde kullanılan immünsupresif ilaçların oluşturduğu bulunmuştur. Pozitif sinyal oluşturan vakalarında %94,2'sini takrolimus, mikofenolat mofetil ve siklosporinin oluşturduğu bulunmuştur. Bu ilaçlar hem rapor sayısının çokluğu hem de yüksek sinyal gücü nedeniyle dikkat edilmesi gereken ilaçlar olarak öne çıkmaktadır. Everolimus hariç diğer ilaçların değişen sayısal değerlerde sinyal gücü oluşturduğu bulunmuştur. Basiliksimabın rapor sayısı bakımından ilk üçte olmamasına rağmen, en yüksek sinyal gücüne sahip olması dikkat çekicidir. Bu sonuçlar, sinyal gücünün yalnızca vaka sayısına değil, aynı zamanda bildirim oranına göre de değiştiğini göstermektedir. Bu nedenle basiliksimab gibi düşük kullanım sıklığına sahip ilaçlar da bile güçlü farmakovijilans sinyalleri ortaya çıkabilmektedir.

Transplantasyonda organ reddini önlemek için kullanılan bu ilaçların kısa ürün bilgisinde veya kullanma talimatında *Aspergillus* enfeksiyonu bilgisi yer almamaktadır[14]. İstenmeyen etkiler kısmında sadece fırsatçı enfeksiyonlar (fungal dahil) oluşabileceğine dair daha genellenmiş bir söz öbeği kullanılmaktadır. Mevcut çalışmaya benzer bir çalışmada *Aspergillus* enfeksiyonları spesifik olarak ayrı bir başlıkta incelenmemekle birlikte, fırsatçı fungal enfeksiyonlar için anlamlı farmakovijilans sinyalleri tespit edilmiş ve bu durum immünsupresif ilaç kullanımının invaziv fungal enfeksiyonlar açısından önemli bir risk faktörü olduğunu düşündürmüştür. Bu çalışmada geleneksel immünsupresifler incelenmiştir[15]. Buna karşılık, bizim çalışmamızda yer alan basiliksimab, belatasept ve sirolimus bu analizde incelenmemiştir. Ayrıca bizim çalışmamız, daha spesifik bir enfeksiyon etkenine odaklanarak transplantasyonda organ reddini önlemek amacıyla kullanılan immünsupresifleri ele almaktadır.

Bir meta-analiz, böbrek nakli hastalarında basiliksimab kullanımının etkinlik ve güvenliğini değerlendirmiştir. Genel enfeksiyon insidansında plasebo veya standart tedaviye göre belirgin artış saptanmadığı bildirilmiştir. İlacın selektif etkisi nedeniyle geniş immünsupresyon yapmadığı belirtilmiştir[16]. Ancak mevcut çalışmada diğer ilaçlara göre daha düşük vaka sayısına sahip olmasına rağmen basiliksimab için gözlenen oldukça yüksek PRR ve ROR değerleri, IL-2 reseptör antagonisti grubu biyolojik ajanların dikkatle izlenmesi gerektiğini ortaya koymaktadır.

Bağışıklık sistemi baskılanmış bu hassas grupta *Aspergillus'*a yönelik uygun antifungal tedavinin zamanında başlatılabilmesi için, bu enfeksiyonun gelişimi için risk oluşturan

faktörlerin belirlenmesi tedavinin yönetiminde oldukça önemlidir[17]. İnvaziv aspergillozun primer tedavisinde kombine antifungal ilaçların rolü tartışmalı olmaya devam etmekte olup, bu alanda daha fazla araştırmaya ihtiyaç duyulmaktadır[18]. İmmünsupresyonun derinliği ve süresi, invaziv fungal enfeksiyon gelişiminde belirleyici olup, özellikle transplant alıcılarında invaziv aspergilloz önemli bir morbidite ve mortalite nedeni olarak öne çıkmaktadır. Bir çalışmada, bu hasta grubunda *Aspergillus* enfeksiyonlarının klinik sonuçlar üzerinde ciddi etkiler oluşturduğu vurgulanmıştır[19]. Bu nedenlerden ötürü *Aspergillus* enfeksiyonu – ilaç advers olayı çalışmamızın literatüre önemli katkılar sağlayacağı kanaatindeyiz.

Bu çalışmanın çeşitli sınırlılıkları bulunmaktadır. AEMS, spontan bir bildirim sistemidir. Hekimler, hemşireler, ilaç şirketleri, hastalar, eczacılar gibi her kesimden birey bildirim yapabilir. Bu nedenle AEMS verilerinin doğası gereği nedensellik ilişkisi kurmak sınırlıdır. Çalışmanın bulguları yorumlanırken; bildirime dayalı olması, eksik veri, raporlama yanlılığı gibi kısıtlılıklar göz önünde bulundurulmalıdır. AEMS veri tabanı *Aspergillus* enfeksiyonlarının doğrudan epidemiyolojik analizinden ziyade, ilaçlara bağlı olası risk faktörlerinin belirlenmesinde önemli bir rol oynamaktadır.

Bu çalışma ile AEMS veri tabanından elde edilen bulgular, nakil sonrası organ reddini önlemek için kullanılan belirli immünsupresif ilaçlar ile fırsatçı bir fungal enfeksiyon olan *Aspergillus* arasında anlamlı bir ilişki olduğunu göstermektedir. Bu veriler, yüksek riskli hasta gruplarında erken tanı ve profilaktik stratejilerin önemini bir kez daha ortaya koymaktadır. Ancak bu çalışmanın sınırlılıkları nedeniyle klinikte yürütülen prospektif çalışmaların yapılması gerekmektedir.

Sonuç olarak, transplantasyon yapılan hastalarda organ reddini önlemek için immünsupresif tedavi kaçınılmaz olmakla birlikte, bu tedavilerin enfeksiyon riski açısından dikkatli izlenmesi ve özellikle invaziv aspergilloz gibi ağır seyirli enfeksiyonlara karşı proaktif klinik yaklaşımlar geliştirilmesi gerekmektedir.

KAYNAKLAR

1. Centers for Disease Control and Prevention. Aspergillosis (Aspergillus). 2024. Accessed April 21, 2026. https://www.cdc.gov/aspergillosis/about/index.html

2. Kousha M, Tadi R, Soubani AO. Pulmonary aspergillosis: a clinical review. *European Respiratory Review*. 2011;20(121):156-174. doi:10.1183/09059180.00001011

3. Roberts MB, Fishman JA. Immunosuppressive Agents and Infectious Risk in Transplantation: Managing the "Net State of Immunosuppression." *Clinical Infectious Diseases*. 2021;73(7):e1302-e1317. doi:10.1093/cid/ciaa1189

4. Fishman JA. Infection in Organ Transplantation. *American Journal of Transplantation*. 2017;17(4):856-879. doi:10.1111/ajt.14208

5. Fishman JA. Infection in Solid-Organ Transplant Recipients. *New England Journal of Medicine*. 2007;357(25):2601-2614. doi:10.1056/NEJMra064928

6. Patterson TF, Thompson GR, Denning DW, et al. Practice Guidelines for the Diagnosis and Management of Aspergillosis: 2016 Update by the Infectious Diseases Society of America. *Clinical Infectious Diseases*. 2016;63(4):e1-e60. doi:10.1093/cid/ciw326

7. Hörbrand F, Stahn D, Killian P, Weichenberger L, Böhler D, Bramlage P. A population-based analysis of immunosuppression therapy after organ transplantation. *BMC Health Serv Res*. 2025;25(1):705. doi:10.1186/s12913-025-12734-5

8. Mao PCM, Lee EKL, Tseng PL. Trends in the Use of Immunosuppressive Agents by Outpatients After Renal Transplantation at a Medical Center in Southern Taiwan. *Transplant Proc*. 2012;44(1):185-189. doi:10.1016/j.transproceed.2011.11.003

9. Martin F, Carmona M, Mahillo B, et al. Organ Donation and Transplantation Worldwide: The Global Observatory on Donation and Transplantation 2024 Report. *Transplantation*. 2026;110(3):e655-e669. doi:10.1097/TP.0000000000005657

10. Kontoyiannis DP, Marr KA, Park BJ, et al. Prospective Surveillance for Invasive Fungal Infections in Hematopoietic Stem Cell Transplant Recipients, 2001–2006: Overview of the Transplant-Associated Infection Surveillance Network (TRANSNET) Database. *Clinical Infectious Diseases*. 2010;50(8):1091-1100. doi:10.1086/651263

11. Neofytos D, Chatzis O, Nasioudis D, et al. Epidemiology, risk factors and outcomes of invasive aspergillosis in solid organ transplant recipients in the Swiss Transplant Cohort Study. *Transplant Infectious Disease*. 2018;20(4). doi:10.1111/tid.12898

12. Mao PCM, Lee EKL, Tseng PL. Trends in the Use of Immunosuppressive Agents by Outpatients After Renal Transplantation at a Medical Center in Southern Taiwan. *Transplant Proc*. 2012;44(1):185-189. doi:10.1016/j.transproceed.2011.11.003

13. Food and Drug Administration. Adverse Event Monitoring System (AEMS). Accessed March, 2026. https://www.fda.gov/drugs/fdas-adverse-event-reporting-system-faers/fda-adverse-event-reporting-system-faers-public-dashboard

14. Türkiye İlaç ve Tıbbi Cihaz Kurumu. Accessed March, 2026. https://titck.gov.tr/storage/announcement/cca4f99f33500.pdf

15. Li JJ, Chen L, Zhao Y, Yang XQ, Hu FB, Wang L. Data mining and safety analysis of traditional immunosuppressive drugs: a pharmacovigilance investigation based on the FAERS database. *Expert Opin Drug Saf*. 2024;23(4):513-525. doi:10.1080/14740338.2024.2327503

16. Keown PA, Balshaw R, Khorasheh S, et al. Meta-Analysis of Basiliximab for Immunoprophylaxis in Renal Transplantation. *BioDrugs*. 2003;17(4):271-279. doi:10.2165/00063030-200317040-00006

17. Pagano L, Akova M, Dimopoulos G, Herbrecht R, Drgona L, Blijlevens N. Risk assessment and prognostic factors for mould-related diseases in immunocompromised patients. *Journal of Antimicrobial Chemotherapy*. 2011;66(Supplement 1):i5-i14. doi:10.1093/jac/dkq437

18. Husain S, Camargo JF. Invasive Aspergillosis in solid-organ transplant recipients: Guidelines from the American Society of Transplantation Infectious Diseases Community of Practice. *Clin Transplant*. 2019;33(9). doi:10.1111/ctr.13544

19. Pappas PG, Alexander BD, Andes DR, et al. Invasive Fungal Infections among Organ Transplant Recipients: Results of the Transplant-Associated Infection Surveillance Network (TRANSNET). *Clinical Infectious Diseases*. 2010;50(8):1101-1111. doi:10.1086/651262

CAN WE USE ELECTROCHEMISTRY FOR INTERPRETETION OF ANTIOXIDANT CAPACITY OF HONEY?

ELEKTROKİMYAYI BALIN ANTİOKSİDAN KAPASİTESİNİ YORUMLAMAK İÇİN KULLANABİLİR MİYİZ?

Prof. Dr. Mutlu SÖNMEZ ÇELEBİ

Ordu Üniversitesi, Fen-Edebiyat Fakültesi, Kimya Bölümü, Ordu,

ORCID ID: 0000-0002-8816-6763

Taner KAYACI

Ordu Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kimya Anabilim Dalı, Ordu, Türkiye

ORCID ID: 0009-0002-1815-4625

Prof. Dr. Melek ÇOL AYVAZ

Ordu Üniversitesi, Fen-Edebiyat Fakültesi, Kimya Bölümü, Ordu, Türkiye

ORCID ID: 0000-0001-5155-5784

ÖZET

Gıdalarda ve insan metabolizmasında oksidatif hasarı önleyen antioksidanlar, serbest radikallerin ve reaktif oksijen türlerinin etkilerini azaltarak hücresel yapıları korurlar. Bal, doğal bileşenleri sayesinde önemli bir antioksidan potansiyele sahiptir. Çörek otu balı, *Nigella sativa* (çörek otu) bitkisinin çiçeklerinden üretilen monofloral bir bal türü olup, yüksek düzeydeki fenolik bileşikleri, uçucu yağları ve antioksidanları sayesinde hem besin değeri hem de fonksiyonel özellikler barındırmaktadır.

Antioksidan aktivite tayini, biyolojik örneklerde radikal süpürücü veya redoks potansiyeline sahip bileşenlerin tanımlanmasını amaçlayan analitik yöntemlerin bütünüdür. Pahalı reaktif kullanımı, çevre dostu olmaması, tanımlanmamış reaksiyon süresi, uzun numune ön hazırlığı ve düşük hassasiyet gibi spektrofotometrik yöntemlerin dezavantajları göz önüne alındığında, elektrokimyasal teknikler alternatif olarak öne çıkmaktadır. Dönüşümlü voltametri, antioksidan bileşenlerin redoks davranışlarının doğrudan analiz edilmesine olanak tanır. Balın antioksidan özelliğine katkıda bulunan polifenoller gibi bileşenlerin elektroaktif özellikler göstermesi, elektrokimyasal yöntemlerin balın antioksidan aktivitesinin araştırılmasında uygulanabilirliğini sağlamaktadır. 2023 yılında, İzmir'in Buca ilçesindeki 5 farklı yerel üreticiden elde edilen ve antioksidan aktivitesi spektroskopik yöntemlerle ortaya konulan çörek otu balı örnekleri, dönüşümlü voltametri tekniği kullanılarak antioksidan aktiviteleri askorbik asit ve gallik asit ile karşılaştırılmak suretiyle elektrokimyasal olarak doğrulanmıştır.

Düşük bir oksidasyon potansiyeli, daha yüksek bir antioksidan kapasiteye işaret etmektedir. Bal örneklerinin her biri için +0.25 V ile +0.70 V potansiyel aralığında, pozitif bölgede bir oksidasyon akımı kaydedilmiştir. Örneklerden dördü için yalnızca omuz şeklinde bir akım artışı gözlenirken, 1 numaralı örnek için +0.570 V potansiyelinde diğerlerine kıyasla dikkat çekici

derecede daha keskin bir oksidasyon piki saptanmıştır. Bu nedenle, 1 numaralı örneğin diğerlerinden belirgin şekilde daha yüksek bir antioksidan kapasiteye sahip olduğu anlaşılmaktadır.

Spektroskopik incelemelerde en yüksek antioksidan aktivite 1 numaralı örnekte kaydedildiğinden, spektroskopik ve elektrokimyasal bulguların birbirini desteklediğini söyleyebiliriz. Spektrofotometrik yöntemler ile elektrokimyasal yöntemler arasında bulunan korelasyonun temel nedeni hem spektrofotometrik hem de elektrokimyasal yöntemlerin tek elektron transfer mekanizmasına dayanmasıdır.

Anahtar Kelimeler: Bal; Antioksidan aktivite; Dönüşümlü voltametri

ABSTRACT

Antioxidants, which prevent oxidative damage in foods and human metabolism, protect cellular structures by reducing the effects of free radicals and reactive oxygen species. Honey possesses significant antioxidant potential thanks to its natural components. Black cumin honey is a type of monofloral honey produced from the flowers of the *Nigella sativa* (black cumin) plant and possesses both nutritional and functional properties due to its high levels of phenolic compounds, essential oils, and antioxidants.

Antioxidant activity determination is the sum of analytical methods aimed at identifying components in biological samples that possess radical scavenging or redox potential. Given the disadvantages of spectrophotometric methods, such as expensive reagent use, lack of environmental friendliness, undefined reaction time, long sample pretreatment, and low sensitivity, electrochemical techniques are emerging as alternatives. Cyclic voltammetry allows for the direct analysis of the redox behavior of antioxidant components. The applicability of electrochemical methods for investigating the antioxidant activity of honey is due to the fact that components such as polyphenols, which contribute to the antioxidant property of honey, exhibit electroactive properties. Black cumin honey samples obtained in 2023 from 5 different local producers in the Buca district of Izmir, and whose antioxidant activity was revealed using spectroscopic methods, were electrochemically validated by comparing their antioxidant activity with ascorbic acid and gallic acid using cyclic voltammetry technique.

A low oxidation potential indicates a higher antioxidant capacity. For each of the honey samples, an oxidation current was recorded in the positive region, in the potential range of +0.25 V to +0.70 V. While only a shoulder-shaped current increase was observed for 4 of the samples, a remarkably sharp oxidation peak was observed at +0.570 V for sample number 1, compared to the others. Therefore, it is understood that sample number 1 has a significantly higher antioxidant capacity than the others.

Since the highest antioxidant activity was recorded for sample number 1 in spectroscopic examinations, we can say that the spectroscopic and electrochemical findings support each other. The main reason for the correlation found between spectrophotometric methods and electrochemical methods is that both spectrophotometric and electrochemical methods rely on a single electron transfer mechanism.

Keywords: Honey; Antioxidant activity; Cyclic voltammetry

GİRİŞ

Bal, yüksek besin değeri ve biyoaktif bileşen içeriği ile öne çıkan, antik çağlardan beri bilinen doğal bir maddedir (Alkan ve ark., 2020; Hardia ve ark., 2025). Bal arıları, çiçeklerin nektarını

veya bitkilerin canlı kısımlarınca salgılanan tatlı özsuyu toplar, enzimatik süreçlerle dönüştürür ve ardından petek hücrelerinde depolarlar. Balın kimyasal bileşimi temel olarak fruktoz ve glikoz gibi basit şekerlerden oluşmakla birlikte; organik asitler, amino asitler, vitaminler, mineraller ve fenolik bileşikler gibi çok sayıda farklı bileşeni de içermektedir. Balın bileşimi; elde edildiği bitki türü, arı ırkı, iklim koşulları, coğrafi bölge ve üretim yöntemlerine bağlı olarak önemli ölçüde farklılık göstermektedir. Bu nedenle bal hem beslenme hem de fonksiyonel gıda bağlamında incelenen karmaşık bir doğal ürün olarak değerlendirilmektedir.

Balın biyolojik aktiviteleri arasında antioksidan, antimikrobiyal, anti-inflamatuar ve yara iyileştirici etkiler yer almaktadır. Özellikle fenolik bileşikler ve flavonoidler, balın antioksidan kapasitesinin belirlenmesinde önemli bir rol oynamaktadır. Tarihsel olarak tıbbi amaçlar için kullanılan bal, günümüzde geleneksel ve tamamlayıcı tıp uygulamalarında sıklıkla kullanılmaktadır. Ayrıca balın kalitesinin korunması, üretim sürecinde kontaminasyonun önlenmesi ve tağşişin önüne geçilmesi hem tüketici sağlığı hem de ekonomik güvenilirlik açısından kritik bir öneme sahiptir. Antioksidan aktivite tayini, biyolojik örneklerde radikal süpürücü veya redoks potansiyeline sahip bileşenlerin tanımlanmasını amaçlayan analitik yöntemlerin bütünüdür. Pahalı reaktif kullanımı, çevre dostu olmaması, tanımlanmamış reaksiyon süresi, uzun numune ön hazırlığı ve düşük hassasiyet gibi spektrofotometrik yöntemlerin dezavantajları göz önüne alındığında, elektrokimyasal teknikler alternatif olarak öne çıkmaktadır.

Dönüşümlü voltametri, antioksidan bileşenlerin redoks davranışlarının doğrudan analiz edilmesine olanak tanır (Avila ve ark., 2006; Sukma ve ark., 2023). Balın antioksidan özelliğine katkıda bulunan polifenoller gibi bileşenlerin elektroaktif özellikler göstermesi, elektrokimyasal yöntemlerin balın antioksidan aktivitesinin araştırılmasında uygulanabilirliğini sağlamaktadır (Ismail ve ark., 2018; Kilmartin ve ark.,2001; Sochor ve ark., 2013; Zheng ve ark., 2019).

Bu çalışmada, İzmir'in Buca ilçesindeki 5 farklı yerel üreticiden elde edilen ve antioksidan aktivitesi spektroskopik yöntemlerle ortaya konulan çörek otu balı örnekleri, dönüşümlü voltametri tekniği kullanılarak antioksidan aktiviteleri bakımından karşılaştırılmıştır. Ayrıca antioksidan aktiviteleri yüksek olduğu bilinen askorbik asit ve gallik asit için de elektrokimyasal denemeler yapılmış olup bal örneklerin aktiviteleri bu referans bileşikler ile karşılaştırılmıştır.

MATERYAL ve METOD

Elektrokimyasal çalışmalarda bilgisayara bağlı olarak CHI 600E potansiyostat ve üç elektrotlu cam hücre sistemi kullanılmıştır. Çalışma elektrodu olarak camsı karbon elektrot (CKE, 3 mm çapında) tercih edilmiştir. Referans elektrot olarak gümüş-gümüş klorür (Ag/AgCl) elektrodu kullanılırken, karşıt elektrot olarak platin (Pt) tel kullanılmıştır.

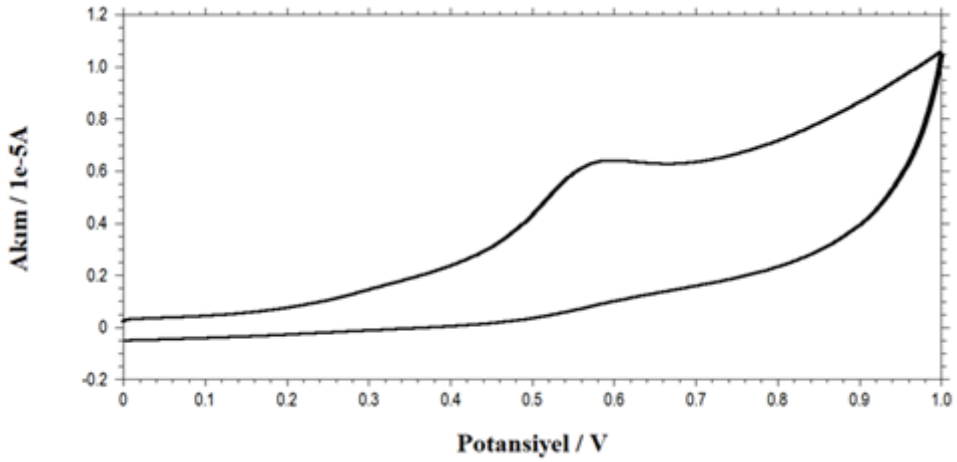
Çözeltilerde bulunan çözünmüş oksijen, hücrelerden %99,99 saflıkta azot gazı geçirilerek uzaklaştırılmıştır. Herhangi bir sıcaklık ayarlamasına gerek duyulmamış olup, tüm elektrokimyasal deneyler ortam sıcaklığında gerçekleştirilmiştir.

Bal örneklerinin elektrokimyasal davranışlarını incelemek amacıyla, örnekler 0.2 mg/mL konsantrasyon elde edilecek şekilde pH 7.0 fosfat tamponunda (100 mM PBS) çözülmüştür. Tampon çözelti aynı zamanda destek elektrolit işlevi görmüştür. Ayrıca, antioksidan aktiviteleri karşılaştırmak için, askorbik asit (AA) ve gallik asit (GA) standartlarının çözeltileri de aynı

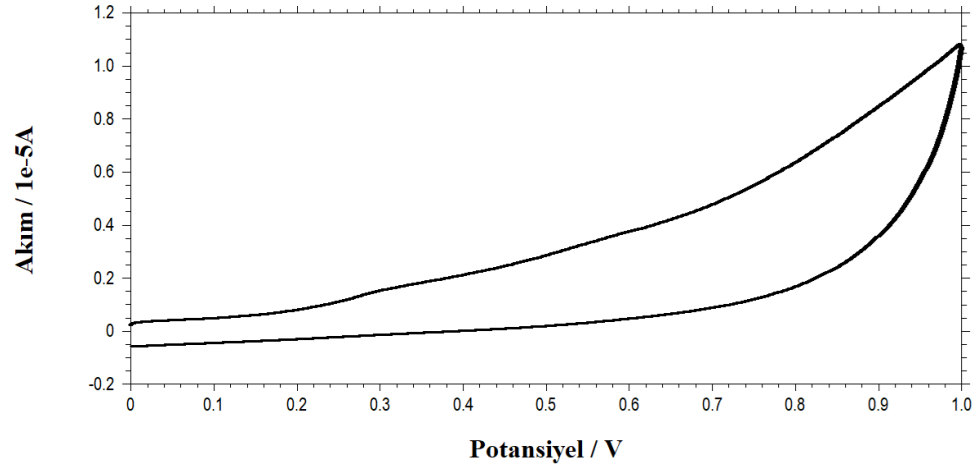
koşullar altında hazırlanmış ve dönüşümlü voltamogramları kaydedilmiştir. Sonuç olarak, bal örneklerinin antioksidan aktiviteleri AA ve GA ile karşılaştırılmıştır

SONUÇ ve TARTIŞMA

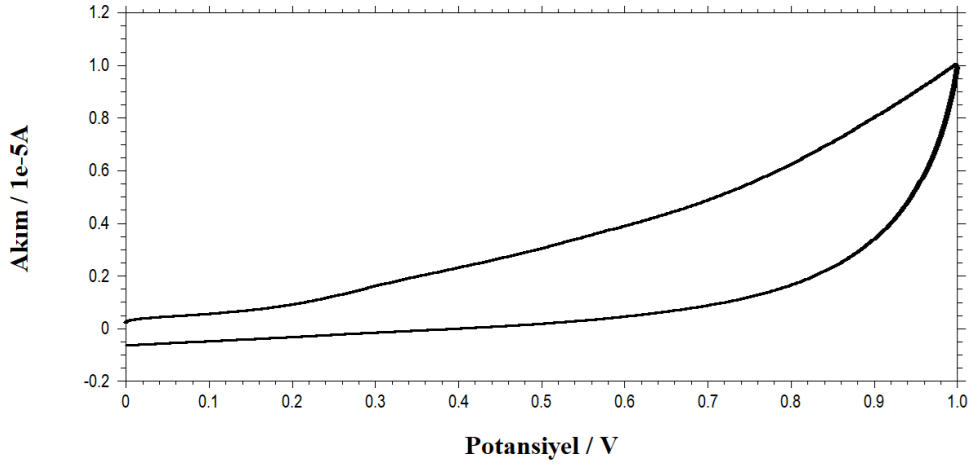
Elektrokimyasal yöntemlerin bal örneklerinin antioksidan aktivitesinin araştırılmasında kullanılabilmesi, bala antioksidan özellik kazandıran polifenoller gibi bileşenlerin elektroaktif karakterinden kaynaklanmaktadır. Elektrokimyasal çalışmalar için bal örnekleri, 0.2 mg/mL konsantrasyon elde edilecek şekilde pH 7.0 fosfat tamponunda (100 mM PBS) çözülmüş ve dönüşümlü voltamogramlar -1.0 V ile +1.0 V potansiyel aralığında kaydedilmiştir. Şekil 1-5'te çalışılan bal örneklerine ait dönüşümlü voltamogramlar verilmiş olup hepsi Şekil 6'da çakıştırılmıştır.



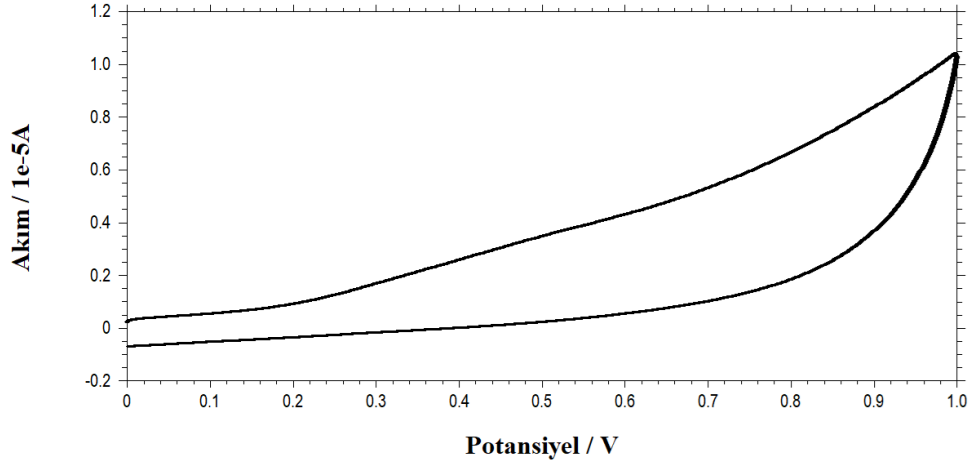
Şekil 1 Bal 1 örneğinin dönüşümlü voltamogramı (Tarama hızı: 100 mV s^{-1})



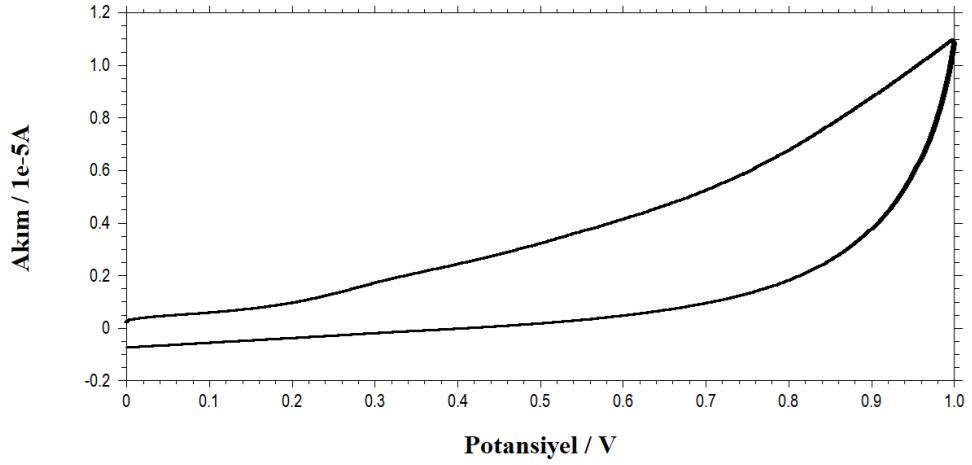
Şekil 2 Bal 2 örneğinin dönüşümlü voltamogramı (Tarama hızı: 100 mV s^{-1})



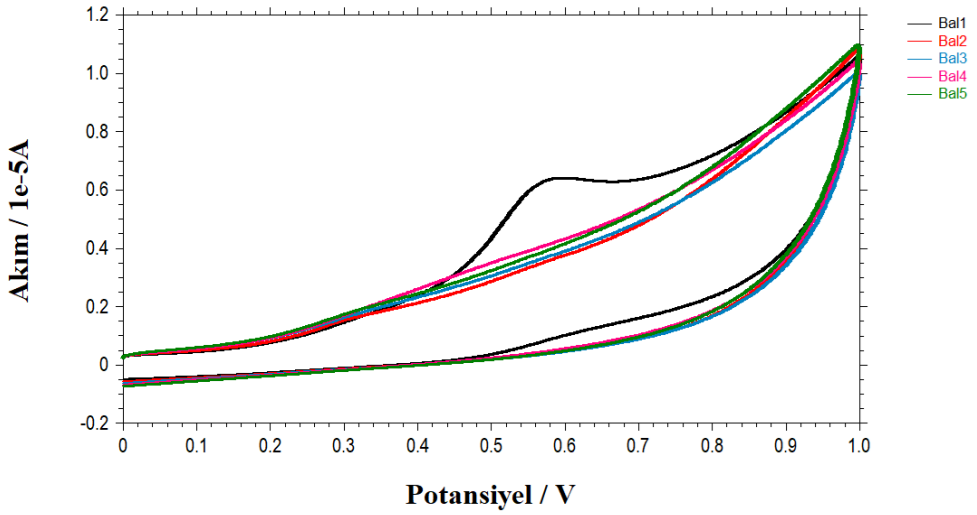
Şekil 3 Bal 3 örneğinin dönüşümlü voltamogramı (Tarama hızı: 100 mV s^{-1})



Şekil 4 Bal 4 örneğinin dönüşümlü voltamogramı (Tarama hızı: 100 mV s^{-1})



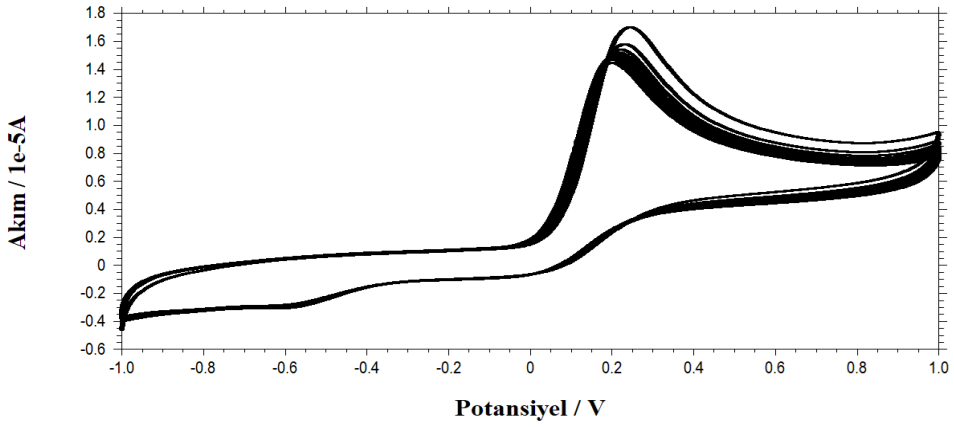
Şekil 5 Bal 5 örneğinin dönüşümlü voltamogramı (Tarama hızı: 100 mV s^{-1})



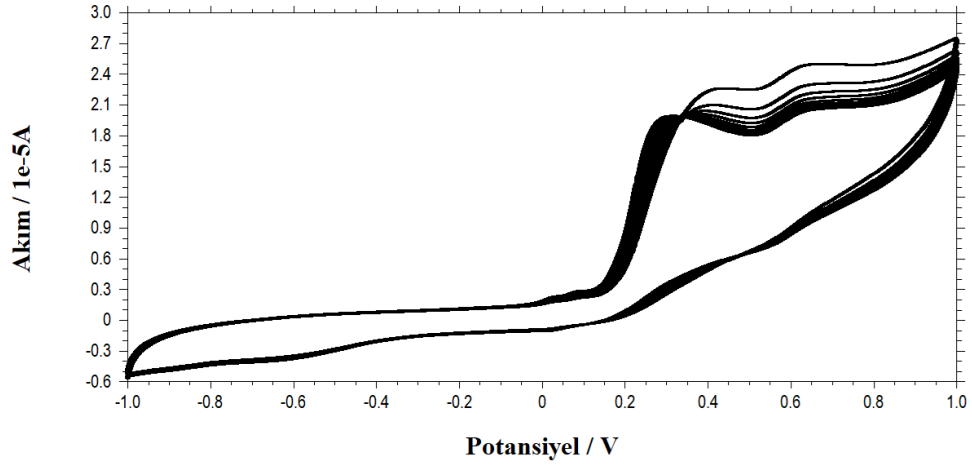
Şekil 6 Bal örneklerine ait dönüşümlü voltamogramlar (Tarama hızı: 100 mV s^{-1})

Bal örneklerinin elektrokimyasal davranışları ayrı ayrı incelendiğinde, her biri için pozitif bölgede, +0.25 V ile +0.70 V potansiyel aralığında bir yükseltgenme akımı kaydedilmiştir. Yükseltgenme davranışı örneklerden dördü (Bal 2, Bal 3, Bal 4, Bal 5) için yalnızca bir omuz olarak gözlenirken (Şekil 2-5), 1 numaralı örnek için +0.570 V potansiyelinde diğerlerine kıyasla dikkat çekici derecede daha keskin bir yükseltgenme piki saptanmıştır (Şekil 1). Bu nedenle, 1 numaralı örneğin diğerlerinden belirgin şekilde daha yüksek bir antioksidan kapasiteye sahip olduğu sonucuna varılabilir.

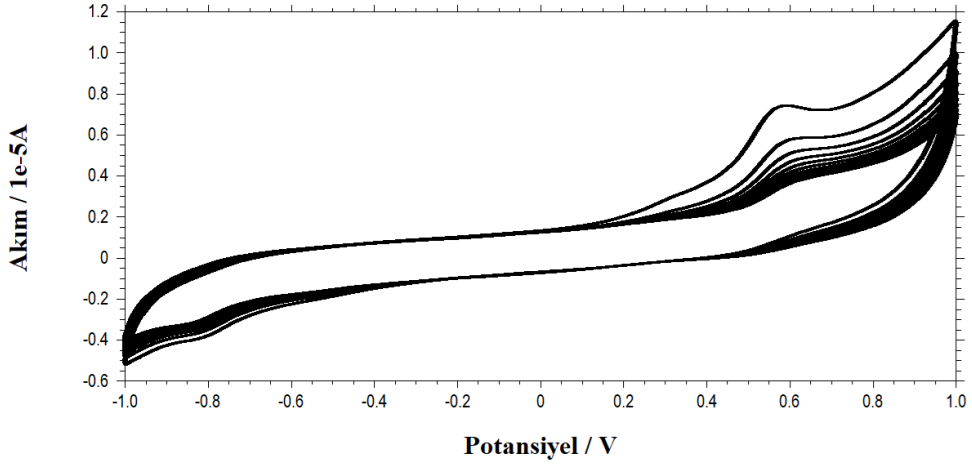
Öte yandan, antioksidan kapasite doğası gereği göreceli bir kavram olduğundan, bileşiklerin antioksidan aktivitelerinin karşılaştırılması genellikle bir referans bileşikle kıyaslama yapılmasını gerektirir. Bu amaçla en sık kullanılan bileşikler, yüksek antioksidan aktivite sergilediği bilinen askorbik asit (AA) ve gallik asittir (GA). İncelenen bal örneklerinin antioksidan kapasiteleri hakkında daha derinlemesine bilgi edinmek amacıyla, askorbik asit ve gallik asidin elektrokimyasal davranışları incelenmiştir. Bu amaçla, her biri 100 mM fosfat tamponunda 2 mM konsantrasyonunda olan AA ve GA'nın çok döngülü voltamogramları kaydedilmiş (Şekil 7 ve 8) ve bal örneklerinin aynı koşullarda kaydedilen voltamogramlarıyla karşılaştırılmıştır (Şekil 9-13).



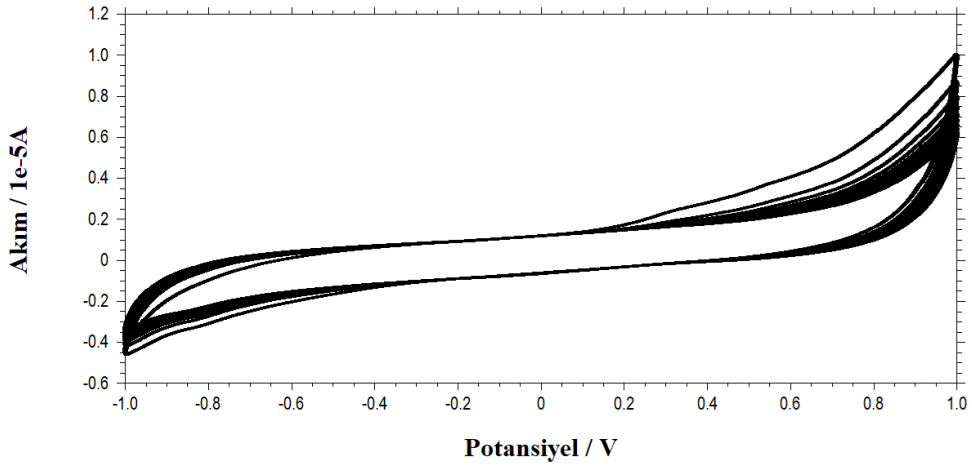
Şekil 7 Askorbik asit çözeltisine ait çok döngülü dönüşümlü voltamogram (Tarama hızı: 100 mV s^{-1})



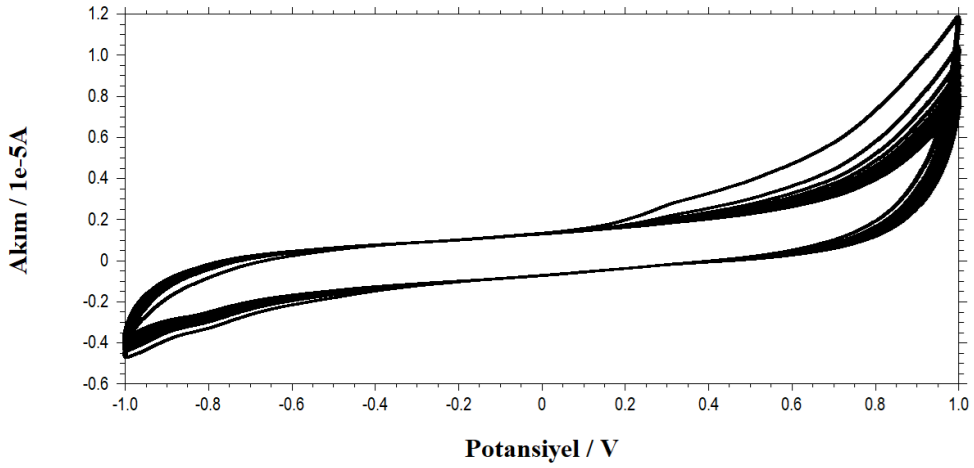
Şekil 8 Gallik asit çözeltisine ait çok döngülü dönüşümlü voltamogram (Tarama hızı: 100 mV s^{-1})



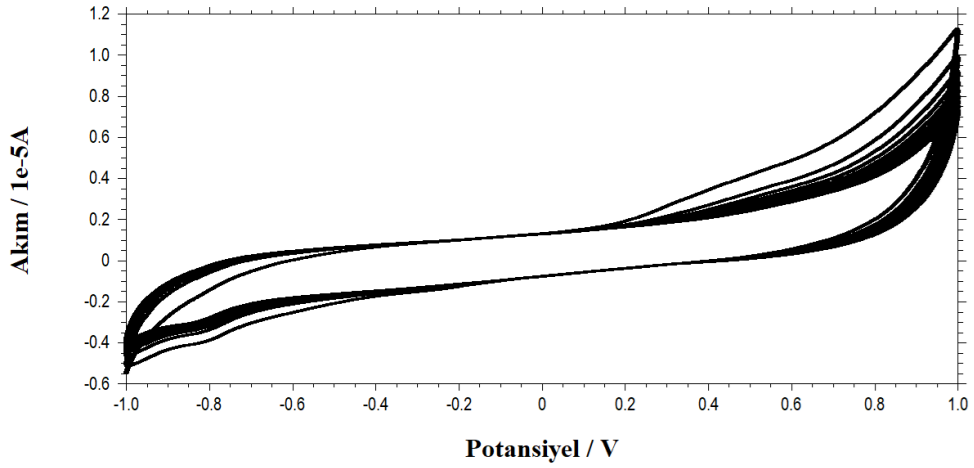
Şekil 9 Bal 1 örneğine ait çok döngülü dönüşümlü voltamogram (Tarama hızı: 100 mV s^{-1})



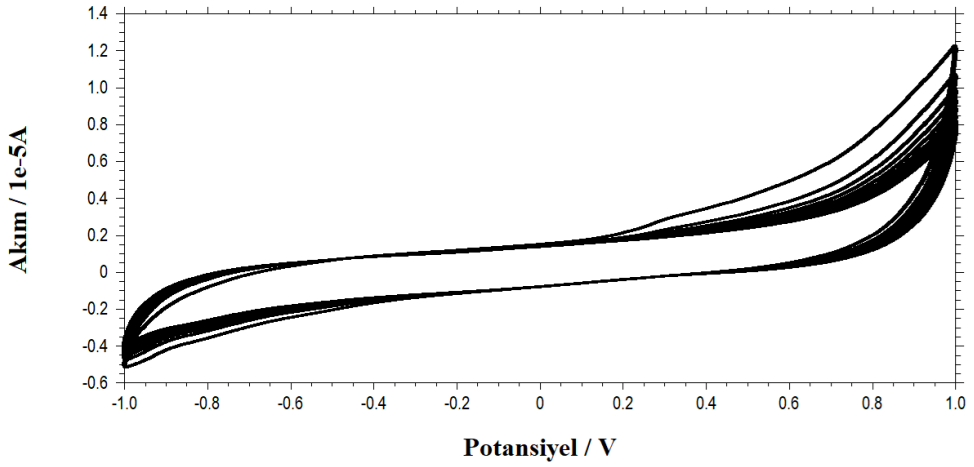
Şekil 10 Bal 2 örneğine ait çok döngülü dönüşümlü voltamogram (Tarama hızı: 100 mV s^{-1})



Şekil 11 Bal 3 örneğine ait çok döngülü dönüşümlü voltamogram (Tarama hızı: 100 mV s^{-1})



Şekil 12 Bal 4 örneğine ait çok döngülü dönüşümlü voltamogram (Tarama hızı: 100 mV s^{-1})



Şekil 13 Bal 5 örneğine ait çok döngülü dönüşümlü voltamogram (Tarama hızı: 100 mV s^{-1})

Beklendiği gibi hem askorbik asit hem de gallik asit bileşikleri için pozitif bölgede belirgin yükseltgenme pik akımları kaydedilmiştir. Bal örnekleri için kaydedilen çok döngülü voltamogramlarla karşılaştırıldığında, bal örneklerinin genel olarak aynı bölgede oksidasyon davranışı sergilediği görülmektedir; özellikle 1 numaralı örneğin, referans bileşiklerin aktivitesine kıyaslanabilir düzeyde bir antioksidan aktiviteye sahip olduğu açıktır.

İncelenen bal örneklerinin antioksidan kapasitelerine yönelik elektrokimyasal değerlendirmeler, araştırmaya konu olan balların antioksidan kapasiteye sahip olduğunu ve en yüksek aktivitenin 1 numaralı örnekte gözlendiğini göstermektedir.

KAYNAKLAR

- Alkan, S., Akgün, M., Ertürk, Ö., Ayvaz, M. Ç., & Başkan, C. (2020). Properties of honey and pollen samples obtained from different Rhododendron species collected from black sea region of Turkey. *Journal of Apicultural Science*, *64*(2), 321-334.
- Ávila, M., Crevillén, A. G., González, M. C., Escarpa, A., Hortigüela, L. V., de Lorenzo Carretero, C., & Pérez Martín, R. A. (2006). Electroanalytical approach to evaluate antioxidant capacity in honeys: proposal of an antioxidant index. *Electroanalysis: An International Journal Devoted to Fundamental and Practical Aspects of Electroanalysis*, *18*(18), 1821-1826.
- Hardia, L., Akrom, A., Hidayati, T., & Sulistyani, N. (2025). Evaluation of Herbal Honey with Black Cumin and Curcuma xanthorriza as an Antioxidant Supplement for Stunting Prevention. *Journal of Public Health and Pharmacy*, *5*(1), 42-53.
- Ismail, N. I., Sornambikai, S., Kadir, M. R. A., Mahmood, N. H., Zulkifli, R. M., & Shahir, S. (2018). Evaluation of radical scavenging capacity of polyphenols found in natural Malaysian honeys by voltammetric techniques. *Electroanalysis*, *30*(12), 2939-2949.
- Kilmartin, P. A., Zou, H., & Waterhouse, A. L. (2001). A cyclic voltammetry method suitable for characterizing antioxidant properties of wine and wine phenolics. *Journal of agricultural and food chemistry*, *49*(4), 1957-1965.
- Sochor, J., Dobes, J., Krystofova, O., Ruttkay-Nedecky, B., Babula, P., Pohanka, M., ... & Kizek, R. (2013). Electrochemistry as a tool for studying antioxidant properties. *International Journal of Electrochemical Science*, *8*(6), 8464-8489.
- Sukma, R. M., Iswantini, D., Nurhidayat, N., Rafi, M., & Ariyanti, D. (2023). Antioxidant determining using electrochemical method. *Chemistry*, *5*(3), 1921-1941.
- Zheng, Y., Wu, M., Xu, Y., Peng, X., Zhang, M., Wang, Q., ... & Fu, L. (2019). Electrochemical determination of antioxidant activity of different bee products. *International Journal of Electrochemical Science*, *14*(4), 3663-3672.

TURKEY'S TIMSS JOURNEY: AN ANALYSIS OF THE CHANGES IN THE MATHEMATICS SUB-TEST PERFORMANCE OF 8TH GRADE STUDENTS BETWEEN 1999 AND 2023 USING SWOT ANALYSIS

TÜRKİYE'NİN TIMSS YOLCULUĞU: 1999-2023 ARASI 8.SINIF ÖĞRENCİLERİNİN MATEMATİK ALT TEST PERFORMANS DEĞİŞİMİNİN SWOT ANALİZİ İLE İNCELENMESİ

Fazilet TAŞDEMİR

Recep Tayyip Erdoğan University, Faculty of Education, Department of Educational Sciences, Rize, Turkey

ORCID ID: https://orcid.org/0000-0002-0430-9094

ABSTRACT

The main objective of this study is to examine Turkey's quarter-century TIMSS 8th grade mathematics journey between 1999 and 2023 from a longitudinal perspective. The study aims to identify structural advancements and macro-level risks in mathematics education within the framework of a SWOT analysis.The research was designed as a descriptive model that depicts the existing situation as it is. The data source for the study consists of national and international TIMSS reports for the period 1999-2023 published by the Ministry of National Education (MEB) and the International Association for the Evaluation of Educational Achievement (IEA). The documents of this research consist of the reports of the TIMSS-International Mathematics and Science Trends Study (1999-2023). An analysis of Turkey's TIMSS performance from 1999 to 2023 shows that the system has crossed a historic threshold by rising from 429 points to 509 points, and has increased the proportion of "Advanced Level" students to 17%, demonstrating growth in the quality of its human resources.While the above-world-standard development in the areas of "data and probability" and "reasoning" and the achievement of gender balance open a huge window of opportunity for Turkey, the risk of the bottom 20% group dropping out of the system and the 100-point gap with East Asian countries prove that there is still a long way to go to reach full capacity in education. Turkey began its TIMSS 8th grade mathematics journey in 1999 with 429 points and reached 509 points in 2023, demonstrating a continuous upward trend over a quarter-century period. The 2023 cycle marks the first time in Turkey's history that it has surpassed the 500-point "midpoint of the scale. Turkey ranked second among OECD countries with the largest increase in scores, placing it among the countries that outperformed the international average.

Keywords: TIMSS; Mathematics Education; SWOT Analysis; Longitudinal Assessment

ÖZET

Bu araştırmanın temel amacı, Türkiye'nin 1999-2023 yılları arasındaki çeyrek asırlık TIMSS 8. Sınıf matematik serüvenini boylamsal bir perspektifle incelemektir. Çalışma; matematik eğitimindeki yapısal ilerlemeleri, makro riskleri SWOT analizi çerçevesinde saptamayı hedeflemektedir. Araştırma, var olan durumu olduğu gibi betimleyen tarama modelinde tasarlanmıştır. Çalışmanın veri kaynağını, MEB ve IEA tarafından yayımlanan 1999-2023 dönemine ait TIMSS ulusal ve uluslararası raporları oluşturmaktadır. Bu araştırmanın

dokumanlarını, TIMSS-Uluslararası Matematik ve Fen Eğilimleri Araştırması (1999-2023) raporları oluşturmaktadır. Türkiye'nin 1999-2023 TIMSS performans analizi, sistemin 429 puandan 509 puana çıkarak tarihi bir eşiği aştığını ve "İleri Düzey" öğrenci oranını %17'ye taşıyarak nitelikli insan kaynağında artışını göstermektedir. "Veri ve olasılık" ile "akıl yürütme" alanlarındaki dünya standartları üstü gelişim ve cinsiyet dengesinin sağlanması Türkiye için büyük bir fırsat penceresi açarken, en alt düzeydeki %20'lik grubun sistemden kopma riski ve Uzak Doğu ülkeleriyle olan 100 puanlık fark, eğitimde tam kapasiteye ulaşmak için hala gidilecek uzun bir yol olduğunu kanıtlamaktadır. Türkiye, 1999 yılında 429 puan ile başladığı TIMSS 8. sınıf matematik serüveninde, 2023 yılında 509 puana ulaşarak çeyrek asırlık süreçte kesintisiz bir yükseliş grafiği sergilemiştir. 2023 döngüsü, Türkiye'nin tarihinde ilk kez 500 puanlık "ölçek orta noktasını" aştığı yıl olarak kayda geçmiştir. Türkiye puanını en çok artıran OECD ülkeleri arasında 2. sırada yer alarak, uluslararası ortalamanın üzerinde performans gösteren ülkelere dahil olmuştur.

Anahtar Kelimeler: TIMSS; Matematik Eğitimi; SWOT Analizi; Boylamsal Değerlendirme

GİRİŞ

Matematik eğitiminin etkinliğini ölçümlemek, ulusal eğitim sistemlerinin yapısal niteliklerini ve gelişim alanlarını saptamak açısından kritik bir öneme sahiptir. Bu doğrultuda, Uluslararası Matematik ve Fen Eğilimleri Araştırması (Trends in International Mathematics and Science Study -TIMSS), öğrencilerin matematik ve fen bilimleri alanlarındaki akademik performanslarını izleyen ve bu başarı çıktılarını şekillendiren değişkenleri analiz eden temel bir uluslararası mekanizma niteliğindedir. TIMSS, küresel ölçekte farklı eğitim sistemlerini karşılaştırmalı bir metodoloji ile değerlendirerek, söz konusu sistemlerin yetkinliklerini ve iyileştirilmeye açık yönlerini belirlemede stratejik bir veri kaynağı sunmaktadır (Ercikan & Koh, 2005). TIMSS (Trends in International Mathematics and Science Study) verileri, katılımcı ülkelerin eğitim sistemlerinin etkililiğini küresel ölçekte mukayeseli olarak analiz etmelerine, eğitim kaynakları ile öğrenme çıktıları arasındaki sosyo-ekonomik uçurumları saptamalarına ve bu doğrultuda kanıta dayalı eğitim reformlarını yapılandırarak mevcut politikaların etki analizini gerçekleştirmelerine olanak tanımaktadır. Başarı testlerinin yanı sıra öğrenci, aile, öğretmen ve okul yöneticilerine yönelik uygulanan anket bileşenleriyle zenginleşen bu süreç; kurumsal kaynaklar, pedagojik yetkinlikler, öğrenci motivasyonu ve aile yapısı gibi öğrenme süreçlerini doğrudan etkileyen çok boyutlu bağlamsal faktörlere dair araştırmacılara ve politika yapıcılara kapsamlı, yüksek çözünürlüklü bir veri ekosistemi sunmaktadır (Bos ve Kuiper, 1999; House, 2006; Leung, 2002).

Türkiye'nin 1999 yılından bu yana katıldığı TIMSS araştırmaları, eğitim sistemindeki ilerlemelerin izlenmesi ve politika geliştirilmesi açısından stratejik bir veri kaynağıdır. TIMSS 2023 sonuçları, Türkiye'nin eğitim süreçlerini uluslararası standartlarla kıyaslamasına ve başarıyı etkileyen paydaş (öğrenci, aile, okul) değişkenlerini analiz etmesine olanak tanımaktadır.

TIMSS, ülkelerin eğitim-öğretim sistemlerine önemli veriler sunmakta ve böylece mevcut sorunları tespit edip, küresel rekabet gücünün artırılmasına rehberlik etmektedir. 4. sınıf düzeyinde matematik değerlendirmeleri; sayılar (%50), ölçme ve geometri (%30) ile veri (%20) alanlarına odaklanarak dengeli bir akademik gelişim içermektedir.

TIMSS Matematik Alt Testi, yalnızca temel kavramları değil, aynı zamanda üst düzey problem çözme ve akıl yürütme becerilerini de ölçmeyi amaçlamaktadır. TIMSS verileri, Türkiye'nin matematik eğitimindeki performansını somut öğrenme alanları ve bilişsel süreçler üzerinden değerlendirerek, geleceğe dönük eğitim reformlarına temel teşkil etmektedir (MEB, 2024).

Bu araştırmanın temel amacı, Türkiye'nin 1999-2023 yılları arasındaki çeyrek asırlık TIMSS 8. sınıf matematik serüvenini boylamsal bir perspektifle incelemektir. Çalışma; matematik eğitimindeki yapısal ilerlemeleri, makro riskleri SWOT analizi çerçevesinde saptamayı hedeflemektedir.

YÖNTEM

Araştırmanın Modeli

Araştırma, Türkiye'nin TIMSS 1999-2023 arası 8.Sınıf öğrencilerinin matematik alt test performans değişimini betimlemeyi amaçlayan genel tarama modelinde tasarlanmıştır. Tarama modeli, geçmişte ya da günümüzdeki bir durumu var olduğu şekliyle betimleyen, öğrenmenin gerçekleşmesi ve bireyde istenen davranışların gelişmesi için uygulanan süreçlerin tümüdür (Karasar, 2011) Modelde, araştırmaya konu olan olay, birey ya da nesne, kendi koşulları içinde ve herhangi bir müdahalede bulunulmadan tanımlanmaya çalışılır. Tarama modelinin temel amacı, incelenen değişkenlerin özelliklerini, dağılımlarını ve birbirleriyle olan ilişkilerini ortaya koyarak mevcut durumun bir fotoğrafını çekmektir (Fraenkel, Wallen ve Hyun, 2012).

Çalışma Grubu

Çalışmanın veri kaynağını, MEB ve IEA tarafından yayımlanan 1999-2023 dönemine ait TIMSS ulusal ve uluslararası raporları oluşturmaktadır. Bu araştırmanın dokümanlarını, TIMSS-Uluslararası Matematik ve Fen Eğilimleri Araştırması (1999-2023) raporları oluşturmaktadır.

BULGULAR

Bu bölümde, 1999-2023 dönemini kapsayan her uygulama yılı için TIMSS 8. Sınıf Matematik alt test verilerine göre yapılan SWOT Analizi tabloları ve yorumları da yer almaktadır.

SWOT analizi; bir kurumsal yapının içsel dinamikleri olan güçlü ve zayıf yönleri ile dışsal çevrenin sunduğu fırsat ve tehditleri sistematik bir biçimde değerlendiren stratejik bir tekniktir (Smith ve Eatough, 2007).

Türkiye'nin TIMSS matematik test uygulamaları (1999-2023) sonuç raporlarından incelendiğinde, 20. yüzyılın sonunda "ortalama altı" bir başlangıçtan, 2023 yılında "uluslararası standartların üzerinde" bir performansa evrilen makro ölçekli bir başarıya dönüşmüştür. Bu gelişim süreci, aşağıda verieln SWOT Analizi ile oluşturulan matristlerde görülmektedir (Güçlü Yönler, Zayıf Yönler, Fırsatlar, Tehditler).

Tablo 1. 1999 ve 2007 Dönemi TIMSS Matematik Alt Test SWOT Analizi Bulguları

Kategori	Analiz İçeriği
Güçlü Yönler	Araştırmaya katılımın sağlanması ve uluslararası standartlarla ilk ölçümün yapılması.
Zayıf Yönler	429 gibi düşük bir puanla başlanması; geometri alanındaki kronik başarısızlık.
Fırsatlar	Küresel eğitim standartlarını tanıma ve müfredat iyileştirmesi için temel veriye sahip olma.
Tehditler	Öğrencilerin büyük çoğunluğunun uluslararası medyanın altında kalması ve sistemden kopma riski.

1999 ve 2007 döneminde Türkiye, sisteme yeni dahil olmuş ve uluslararası ortalamanın oldukça altında kalmıştır.

Tablo 2. 2011 ve 2015 Dönemi TIMSS Matematik Alt Test SWOT Analizi Bulguları

Kategori	Analiz İçeriği
Güçlü Yönler	Puanın 1999'a göre istikrarlı şekilde artması; ileri düzey öğrenci oranının %1'den %6'ya yükselmeye başlaması.
Zayıf Yönler	Puanın hala 500 ölçek orta noktasının altında kalması; uygulama alanındaki eksiklikler.
Fırsatlar	"Veri ve Olasılık" alanındaki potansiyelin fark edilmesi.
Tehditler	Dezavantajlı bölgelerdeki öğrencilerin asgari yeterliliğe ulaşmakta zorlanması.

2011 ve 2015 döneminde kademeli iyileşme görülmektedir. 2015 yılına kadar puan 458'e yükselmiş, sistemde kıpırdanmalar başlamıştır.

Tablo 3. 2019 Dönemi TIMSS Matematik Alt Test SWOT Analizi Bulguları

Kategori	Analiz İçeriği
Güçlü Yönler	2015-2019 arasında 38 puanlık devasa bir sıçrama yaşanması; akıl yürütme becerilerinin gelişmesi.
Zayıf Yönler	Alt düzeydeki %20'lik grubun varlığını koruması.
Fırsatlar	OECD ülkeleri arasında başarıyı en çok artıran ülkelerden biri konumuna gelinmesi.
Tehditler	Artan başarı grafiğinin sürdürülebilirliği konusundaki soru işaretleri.

2019 döneminde, sıçrama ve niteliksel dönüşüm görülmektedir. Bu dönemde Türkiye, "niceliksel büyümeden niteliksel derinleşmeye" geçiş yapmıştır.

Tablo 4. 2023 Dönemi TIMSS Matematik Alt Test SWOT Analizi Bulguları

GÜÇLÜ YÖNLER (STRENGTHS)	ZAYIF YÖNLER (WEAKNESSES)
Tarihi Eşik: İlk kez 500 puan barajının (509 puan) aşılması.	Kritik Alt Grup: Öğrencilerin %19'unun hâlâ "alt düzey" yeterliliğe ulaşamamış olması.
Elit Başarı: İleri düzey öğrenci oranının %17'ye çıkarak dünya 6.sı olunması.	Uygulama Zafiyeti: Teorik bilginin pratiğe döküldüğü uygulama basamağının geride kalması.
Cinsiyet Dengesi: Kız ve erkek öğrenciler arasında anlamlı bir farkın kalmaması.	Geometri Bariyeri: En düşük performansın yine Geometri alanında sergilenmesi.
FIRSATLAR (OPPORTUNITIES)	**TEHDİTLER (THREATS)**
Küresel Prestij: OECD içinde puanını en çok artıran 2. ülke olunması.	Asya Dominasyonu: Uzak Doğu ülkeleriyle aradaki yaklaşık 100 puanlık farkın sürmesi.
Geleceğin Yetkinlikleri: "Veri ve Olasılık" alanındaki dünya standartları üstü gelişim.	Eğitimde Kutuplaşma: Üst düzey öğrenciler yükselirken alt grubun yerinde sayması riski.

2023 döneminde, tarihi eşik ve global başarı Türkiye, bu döngüde tarihinde ilk kez 500 puanlık kritik eşiği aşarak 509 puana ulaşmıştır.

1.İçsel Analiz: Güçlü ve Zayıf Yönler (1999-2023) Türkiye'nin eğitim sisteminin TIMSS verilerine yansıyan doğrudan çıktıları ele alınmaktadır.

Tablo 5. 1999 ve 2023 Dönemi TIMSS Matematik Alt Testi Yansımaları SWOT Analizi

GÜÇLÜ YÖNLER (STRENGTHS)	ZAYIF YÖNLER (WEAKNESSES)
Sürekli ve Kararlı Artış: 1999'da 429 olan puanın 2023'te 509'a çıkarılması, eğitimde yapısal bir iyileşmenin göstergesidir.	Kritik Alt Grup: 2023 itibarıyla öğrencilerin %19'unun hâlâ "alt düzey" yeterliliğe dahi ulaşamamış olması temel bir sorundur.
Üst Düzey Performans (Elit Grup): İleri düzey öğrenci oranının %17'ye yükselerek dünya 6.sı olunması, nitelikli insan kaynağı potansiyelini kanıtlar.	Geometri Bariyeri: Tarihsel veriler, Türk öğrencilerinin en düşük performansı sürekli olarak Geometri öğrenme alanında sergilediğini göstermektedir.
Cinsiyet Eşitliğinde Model Ülke: Kız (509) ve erkek (508) öğrenciler arasındaki farkın sıfırlanması, eğitimde fırsat eşitliği başarısıdır.	Bölgesel Farklılıklar: Geçmiş döngülerde Doğu ve Güneydoğu Anadolu ile Batı bölgeleri arasındaki puan uçurumu tam olarak kapanmamıştır.
Bilişsel Esneklik: Öğrencilerin "Akıl Yürütme" alanında "Bilme" alanından daha başarılı olması, ezberci eğitimden uzaklaşıldığının kanıtıdır.	Uygulama Alanı Zafiyeti: Teorik bilginin pratik problemlere döküldüğü "Uygulama" basamağının, akıl yürütmeye göre geride kalması.

2.Dışsal Analiz: Fırsatlar ve Tehditler Türkiye'nin küresel eğitim rekabetindeki konumunu ve gelecekte karşılaşabileceği dışsal faktörleri göstermektedir.

Tablo 6. Fırsatlar ve Tehditler SWOT Analizi Bulguları

FIRSATLAR (OPPORTUNITIES)	TEHDİTLER (THREATS)
OECD Liderliği: OECD içinde puanını en çok artıran 2. ülke olunması, uluslararası eğitim yatırımları ve prestij açısından büyük bir fırsattır.	Asya Dominasyonu: Singapur (605+) gibi Uzak Doğu ülkelerinin 600 puan barajının üzerinde olması, küresel rekabet çıtasının çok yüksek olduğunu gösterir.
Veri ve Olasılık Yetkinliği: En güçlü alanın "Veri ve Olasılık" olması, dijital ekonomi ve yapay zekâ çağı için büyük bir stratejik avantajdır.	Eğitimde Kutuplaşma: Üst düzey öğrencilerin hızla yükselmesi ancak alt grubun yerinde sayması, toplumsal bir eğitim tabakalaşması riski taşır.
Ölçek Orta Noktası (500) Eşiği: 500 puan psikolojik ve istatistiksel sınırının aşılması, Türkiye'nin artık "gelişmiş eğitim sistemleri" kategorisinde anılmasını sağlar.	Sürdürülebilirlik Riski: 2015-2023 arasındaki 50 puanlık devasa sıçramanın (458'den 509'a) aynı ivmeyle devam ettirilmesinin zorluğu.

Analiz incelendiğinde, Türkiye'nin 1999'da başlayan TIMSS yolculuğu, "Niceliksel büyümeden Niteliksel derinleşmeye" geçişi temsil ettiği görülmektedir.

Özellikle 2019 ve 2023 döngüleri, Türkiye'nin matematik eğitiminde sadece ortalamayı yükseltmekle kalmayıp, "İleri Düzey" (625+ puan) öğrenci yetiştirme kapasitesini dünya standartlarının üzerine çıkardığını (Dünya 6.lığı) belgelemektedir. Ancak, SWOT analizinde görüldüğü üzere, en alt segmentteki %19'luk öğrenci grubunun sisteme entegre edilmesi, gelecek döngülerin en temel ve önemli ödevi olmaktadır. Türkiye'nin 1999-2023 TIMSS performans analizi, sistemin 429 puandan 509 puana çıkarak tarihi bir eşiği aştığını ve "İleri Düzey" öğrenci oranını %17'ye taşıyarak nitelikli insan kaynağında artışını göstermektedir. "Veri ve olasılık" ile "akıl yürütme" alanlarındaki dünya standartları üstü gelişim ve cinsiyet dengesinin sağlanması Türkiye için büyük bir fırsat penceresi açarken, en alt düzeydeki %20'lik grubun sistemden kopma riski ve Uzak Doğu ülkeleriyle olan 100 puanlık fark, eğitimde tam kapasiteye ulaşmak için hala gidilecek uzun bir yol olduğunu kanıtlamaktadır.

SONUÇLAR

1999 yılında 429 puan ile başlayan süreç, 2023 yılında 509 puana ulaşarak kesintisiz bir yükseliş grafiği sergilemiştir.2023 döngüsü, Türkiye'nin tarihinde ilk kez 500 puanlık "ölçek orta noktası" psikolojik ve istatistiksel sınırını aştığı yıl olarak kayda geçmiştir. Türkiye, puanını en çok artıran OECD ülkeleri arasında 2. sırada yer alarak, "gelişmiş eğitim sistemleri" kategorisinde anılmaya başlamıştır.

2011-2015 döneminde %1-6 bandında olan "İleri Düzey" (625+ puan) öğrenci oranı, 2023 yılında %17'ye fırlamıştır. Bu sonuçla Türkiye, üst düzey yetenek yetiştirmede dünya 6.sı olmuştur. Öğrencilerin "Akıl Yürütme" alanındaki başarısının "Bilme" alanını geride bırakması, ezberci eğitimden uzaklaşıldığının ve bilişsel esnekliğin arttığının somut bir kanıtıdır. "Veri ve Olasılık" alanındaki dünya standartları üstü gelişim, Türkiye için dijital ekonomi ve yapay zekâ çağına uyum noktasında stratejik bir fırsat penceresi açmaktadır. Kız (509) ve erkek (508) öğrenciler arasındaki puan farkının sıfırlanması, Türkiye'yi eğitimde fırsat eşitliği konusunda model ülke konumuna taşımıştır.

Başarıya rağmen öğrencilerin %19'u hâlâ "alt düzey" yeterliliğe dahi ulaşamamıştır. Bu grubun sistemden kopma riski, eğitimde tam kapasiteye ulaşmanın önündeki en büyük engeldir.1999'dan bu yana en düşük performansın sürekli olarak Geometri alanında sergilenmesi ve uygulama becerilerinin teorik bilginin gerisinde kalması, müfredat iyileştirmesi ihtiyacını korumaktadır. Uzak Doğu ülkeleri (Singapur vb.) ile aradaki yaklaşık 100 puanlık fark, küresel rekabet çıtasının hala çok yüksek olduğunu göstermektedir. Türkiye'nin matematik eğitiminde "niceliksel büyümeden, niteliksel dönüşüme" başarılı bir geçiş yaptığı ortaya çıkmaktadır.

ÖNERİLER

Öğrencilerin %19'unun hâlâ "alt düzey" yeterliliğin altında olduğu göz önünde bulundurularak, bu grup için biçimlendirme ve yetiştirmeye yönelik değerlendirme yapılabilir.Bireyselleştirilmiş öğrenme materyalleri geliştirilip, öğrenci gelişimini sağlamak için proje ya da performans ödevleri verilebilir.

Dezavantajlı bölgelerdeki öğrencilerin asgari yeterliliklere ulaşmasını sağlayacak bölgesel destek mekanizmaları kurulabilir. 1999'dan bu yana alt başarı düzeyinde olunan Geometri alanında, öğretim programları ve materyalleri görselleştirme ile somutlaştırılıp, yeniden yapılandırılabilir.

Akıl Yürütme" alanındaki başarının "Uygulama" basamağına da yansıması için matematik derslerinde teorik bilginin günlük hayat problemlerine uyarlandığı pratik çalışmalara daha fazla yer verilebilir. 2015-2023 yılları arasındaki yüksek ivmenin korunması için TIMSS verileri okul düzeyinde analiz edilerek gelişim alanları yerel olarak takip edilmelidir.

KAYNAKLAR

Bos, K., ve Kuiper, W. (1999). Modeling TIMSS data in european comparative perspective: Exploring influencing factors on achievement in mathematics in grade 8. *Educational Research and Evaluation, 5*(2), 157-179.

Ercikan, K., & Koh, K. (2005). Examining the construct comparability of the English and French versions of TIMSS. *International Journal of Testing,5*(1), 23–35. https://doi.org/10.1207/s15327574ijt0501_3

House, J. D. (2006). Theeffects of classroom instructional strategies on science achievement of elementary-school students in Japan: Findings from the Third International Mathematics and Science Study (TIMSS). *International Journal of Instructional Media, 33*(2), 217-229.

Karasar, N. (2011). *Bilimsel Araştırma Yöntemleri.* Ankara: Nobel Yayınları

Leung, F. K. (2002). Behind the high achievement of east asian students. *Educational Research and Evaluation, 8(*1), 87-108.

MEB (2024). *TIMSS 2023 Türkiye Raporu,* MEB Yayını.

Smith, J. A., & Eatough, V. (2007). *Interpretative phenomenological analysis.* in E. Lyons & A. Coyle (Eds.), Analysing Qualitative Data in Psychology (p. 35– 50).

THE EFFECT OF URINARY INCONTINENCE ON PRESSURE INJURY DEVELOPMENT: AN ANALYTICAL LITERATURE REVIEW

Öğr. Gör. Dr. Çiğdem KURALAY
Ordu Üniversitesi, İkizce Meslek Yüksekokulu
ORCID : 0000-0003-1040-6015

ABSTRACT

Introduction and Purpose: Pressure injuries remain a significant health problem, particularly in immobilized patients requiring intensive care. Urinary incontinence impairs skin integrity by increasing moisture and leading to incontinence-associated dermatitis, which constitutes an important risk factor for the development of pressure injuries. This study aimed to evaluate the effect of urinary incontinence on pressure injury development based on the current literature.

Materials and Methods: This study was designed as a literature-based analytical review. Studies published between 2015 and 2025 were searched in PubMed, Scopus, and Cochrane databases. The keywords "pressure injury," "urinary incontinence," "incontinence-associated dermatitis," and "moisture-associated skin damage" were used. Eligible studies were evaluated using content analysis and the findings were categorized thematically.

Results: The reviewed studies demonstrated that urinary incontinence affects pressure injury development through three main mechanisms. First, continuous exposure to moisture disrupts skin integrity, leading to maceration and weakening of the epidermal barrier function. Second, the development of incontinence-associated dermatitis (IAD) increases inflammation and skin sensitivity, thereby predisposing individuals to pressure injury formation. Third, inadequate incontinence management and delayed skin care practices contribute to this process. These factors were found to reduce skin tolerance and increase tissue damage related to pressure and friction, significantly elevating the risk of pressure injury development.

Discussion and Conclusion: Urinary incontinence is an important risk factor for the development of pressure injuries. Therefore, prevention strategies should prioritize effective incontinence management and appropriate skin care in addition to pressure reduction interventions. Early and effective care practices play a critical role in maintaining skin integrity.

Keywords: Pressure injury; urinary incontinence; incontinence-associated dermatitis; moisture; skin integrity

GİRİŞ

İnkontinans ilişkili dermatit (IAD), idrar ve/veya dışkıya uzun süreli maruziyet sonucu gelişen irritan bir dermatit türü olup, nem kaynaklı cilt hasarının (moisture-associated skin damage, MASD) önemli bir alt tipini oluşturmaktadır (1,2). Bu durum, cilt bariyerinin bozulması, pH değişiklikleri, enzimatik irritasyon ve mikroorganizma çoğalması gibi mekanizmalar aracılığıyla gelişmekte ve yüzeyel inflamatuar lezyonlarla karakterize olmaktadır (3,4). Klinik olarak eritem, macerasyon, ödem ve cilt bütünlüğünde bozulma ile seyreden IAD, yalnızca lokal bir cilt sorunu olmayıp, hastanın konforunu ve yaşam kalitesini olumsuz etkileyen önemli bir bakım problemidir (5,6).

İnkontinans ilişkili dermatit, güncel yara bakım pratiğinde prevalansı, patofizyolojisi ve klinik yönetimi ile birlikte ele alınması gereken önemli bir sağlık sorunu olarak kabul edilmektedir (7). Literatürde IAD prevalansının oldukça geniş bir aralıkta (%5.6–50) değiştiği bildirilmektedir (3,8). Akut bakım ortamlarında prevalansın %20–27 düzeyinde olduğu, yoğun bakım ünitelerinde ise %7–50 arasında değişebildiği belirtilmektedir (1). Geniş örneklemli çalışmalarda, genel hasta popülasyonunda IAD prevalansının %4.3, inkontinansı olan hastalarda ise %18'e kadar ulaştığı gösterilmiştir (9). Benzer şekilde, akut bakım hastalarında IAD prevalansı %21.3 olarak bulunurken, inkontinansı olan bireylerde bu oran %45.7'ye kadar yükselmektedir (10). Buna karşın bazı çalışmalarda daha düşük prevalans oranları da bildirilmiş olup, yaşlı hasta grubunda %1.4 gibi düşük değerler rapor edilmiştir (11). Bu farklılıkların hasta popülasyonu, bakım ortamı, tanılama yöntemleri ve klinik uygulamalardaki değişkenliklerden kaynaklandığı düşünülmektedir (9).

İnkontinans ilişkili dermatit, özellikle yaşlı, immobil ve bakım bağımlı bireylerde daha sık görülmekte olup, fekal inkontinans, mobilite kısıtlılığı, uzun hastanede kalış süresi ve düşük cilt bütünlüğü önemli risk faktörleri arasında yer almaktadır (8,12,13). Ayrıca IAD'nin çoğunlukla sakral, gluteal ve perineal bölgelerde ortaya çıkması, bu bölgelerin basınç yaralarının da sık görüldüğü anatomik alanlar olması nedeniyle klinik açıdan özel önem taşımaktadır (14). Bu durum, iki lezyonun klinik olarak birbirine benzer özellikler göstermesine ve ayırıcı tanının zorlaşmasına neden olmaktadır (4,15).

İnkontinans ilişkili dermatit ile basınç yaraları arasındaki ilişki, literatürde önemli bir tartışma konusu olup, birçok çalışma IAD'nin basınç yarası gelişimi için önemli bir risk faktörü olduğunu göstermektedir (1,5). Özellikle geniş örneklemli çalışmalarda, IAD varlığının basınç yarası gelişim riskini yaklaşık 4.5 kat artırdığı bildirilmiştir (10). Bununla birlikte, bazı çalışmalarda bu ilişkinin net olmadığı veya farklı yönlerde sonuçlar elde edildiği de görülmektedir (11,13). Bu durum, klinik değerlendirme farklılıkları, bakım uygulamaları ve tanı hataları ile açıklanabilir niteliktedir (15).

Klinik uygulamada IAD ile basınç yarasının ayırt edilmesi önemli bir sorun olup, her iki durumun özellikle erken evrelerde benzer görünüm sergilemesi yanlış sınıflandırmalara yol açabilmektedir (4,16). Yapılan çalışmalarda, sağlık profesyonellerinin bu iki lezyonu doğru tanımlama oranının sınırlı olduğu ve yanlış tanıların uygun olmayan bakım yaklaşımlarına neden olduğu bildirilmektedir (15). Bu durum, hem hasta sonuçlarını olumsuz etkilemekte hem de literatürde bildirilen prevalans ve ilişki verilerinde heterojenliğe yol açmaktadır.

İnkontinans ilişkili dermatit, hızlı gelişebilen ancak uygun bakım uygulamaları ile önlenebilir bir durumdur (17). Kanıta dayalı cilt bakım protokollerinin uygulanması ile IAD insidansı ve şiddetinin anlamlı düzeyde azaltılabildiği gösterilmiştir (18,19). Buna rağmen klinik uygulamada rehberlerin yeterince kullanılmaması ve bakım uygulamalarındaki farklılıklar, IAD yönetiminde önemli bir sorun olmaya devam etmektedir (19).

Bu bağlamda, inkontinans ilişkili dermatitin prevalansı, risk faktörleri ve basınç yarası ile olan ilişkisinin literatür doğrultusunda kapsamlı şekilde değerlendirilmesi, klinik uygulamaların geliştirilmesi ve hasta bakım kalitesinin artırılması açısından büyük önem taşımaktadır.

KAVRAMSAL ÇERÇEVE

İnkontinans ilişkili dermatit (IAD), nem kaynaklı cilt hasarı (Moisture-Associated Skin Damage, MASD) spektrumu içerisinde yer alan ve özellikle idrar ve/veya dışkıya uzun süreli maruziyet sonucu gelişen yüzeyel inflamatuar bir cilt hasarıdır (19,20). MASD; inkontinans ilişkili dermatit, intertriginöz dermatit, peristomal dermatit ve yara çevresi dermatit gibi farklı

alt tipleri kapsayan geniş bir kavram olup, bu durumların ortak özelliği cilt bariyerinin nem ve kimyasal irritanlara bağlı olarak bozulmasıdır (20). Bu çerçevede IAD, MASD'nin en yaygın ve klinik açıdan en önemli alt tipi olarak kabul edilmektedir (1).

İnkontinans ilişkili dermatitin gelişiminde temel mekanizma, cildin idrar ve dışkıya maruziyeti sonucu oluşan nem artışı, pH değişiklikleri ve enzimatik aktiviteye bağlı olarak cilt bariyerinin zayıflamasıdır (3,4). Özellikle fekal inkontinans durumunda dışkıdaki proteaz ve lipaz enzimlerinin cilt üzerinde irritan etki oluşturduğu, bunun da epidermal bütünlüğün bozulmasına ve inflamatuar yanıtın gelişmesine neden olduğu bildirilmektedir (3). Buna ek olarak sürtünme, mikroklima değişiklikleri ve mikrobiyal kolonizasyon gibi faktörler de cilt hasarını artırarak IAD gelişim sürecini hızlandırmaktadır (18,19).

Kavramsal olarak IAD ile basınç yaraları arasındaki en önemli fark, hasarın başlangıç noktası ve etiyolojisidir. İnkontinans ilişkili dermatit "top-down" mekanizma ile yüzeyden başlayan bir hasar süreci gösterirken, basınç yaraları "bottom-up" mekanizma ile derin dokulardan başlayarak ilerleyen iskemik hasar sonucu oluşmaktadır (3,4). Bununla birlikte her iki durumun özellikle sakral, gluteal ve perineal bölgelerde ortaya çıkması, klinik olarak benzer görünümler sergilemelerine ve sıklıkla karıştırılmalarına neden olmaktadır (14,15). Bu durum, tanısal hatalara ve uygun olmayan bakım yaklaşımlarına yol açabilmektedir (16).

İnkontinans ilişkili dermatit ve basınç yaraları kavramsal olarak farklı patofizyolojik süreçlere sahip olmakla birlikte, klinik pratikte birbirleriyle yakından ilişkili iki durumdur. Literatürde IAD'nin basınç yarası gelişimi için önemli bir risk faktörü olduğu ve özellikle sakral bölgede basınç yarası oluşumunu artırdığı gösterilmiştir (1,10). Nem, cilt bariyerinde bozulma ve mikroklima değişikliklerinin, basınç ve sürtünme kuvvetlerinin etkisini artırarak doku toleransını azalttığı ve bu durumun basınç yarası gelişimini kolaylaştırdığı bildirilmektedir(2,4). Bu bağlamda, IAD ve basınç yaralarının birbirinden bağımsız değil, aynı klinik zemin üzerinde gelişen ve birbirini etkileyen durumlar olduğu kabul edilmektedir (9).

Kavramsal çerçevenin bir diğer önemli bileşeni, inkontinans ilişkili dermatitin önlenebilir bir durum olmasıdır. Kanıta dayalı cilt bakım uygulamaları, bariyer ürünlerin kullanımı, bireyselleştirilmiş bakım planları ve uygun inkontinans yönetimi ile IAD gelişim riskinin önemli ölçüde azaltılabildiği gösterilmiştir (17,18). Bununla birlikte, klinik uygulamada rehberlerin yeterince kullanılmaması, bilgi eksikliği ve bakım uygulamalarındaki farklılıklar, IAD'nin etkin yönetimini zorlaştırmaktadır (19).

Son olarak, inkontinans ilişkili dermatit ile basınç yarasının doğru şekilde ayırt edilmesi, kavramsal çerçevenin kritik bir bileşenidir. Çalışmalar, sağlık profesyonellerinin bu iki lezyonu ayırt etme konusunda önemli zorluklar yaşadığını ve doğru tanı oranlarının sınırlı olduğunu göstermektedir (15). Bu durum, yalnızca klinik sonuçları değil, aynı zamanda literatürde bildirilen prevalans ve ilişki verilerinin doğruluğunu da etkilemektedir. Bu nedenle, IAD ve basınç yaralarının patofizyolojik özelliklerinin, risk faktörlerinin ve klinik bulgularının bütüncül bir yaklaşımla değerlendirilmesi gerekmektedir.

YÖNTEM

Bu çalışma, inkontinans ilişkili dermatit ile basınç yarası gelişimi arasındaki ilişkiyi değerlendirmek amacıyla literatür temelli analitik bir inceleme olarak planlanmıştır. Çalışma kapsamında, mevcut bilimsel kanıtların sistematik bir yaklaşımla incelenmesi ve elde edilen bulguların tematik olarak sentezlenmesi hedeflenmiştir.

Veri Tabanları ve Tarama Stratejisi

Araştırma kapsamında PubMed, Scopus ve Cochrane Library veri tabanlarında tarama yapılmıştır. Literatür taraması, 2015–2025 yılları arasında yayımlanmış çalışmalarla sınırlandırılmıştır. Tarama sürecinde "incontinence-associated dermatitis", "pressure injury", "pressure ulcer", "moisture-associated skin damage", "urinary incontinence" ve "fecal incontinence" anahtar kelimeleri ile bu terimlerin kombinasyonları kullanılmıştır.Arama stratejisi, Boolean operatörleri ("AND", "OR") kullanılarak yapılandırılmış ve konu ile ilişkili çalışmaların kapsamlı şekilde elde edilmesi amaçlanmıştır.

Dahil Etme ve Dışlama Kriterleri

Çalışmaya dahil edilme kriterleri aşağıdaki şekilde belirlenmiştir:

İngilizce dilinde yayımlanmış olması

Tam metnine erişilebilir olması

İnkontinans ilişkili dermatit ve/veya basınç yarası ile ilişkili olması

Prevalans, risk faktörleri, klinik ilişki veya bakım süreçlerini ele alması

Dışlama kriterleri ise:

Özet metinler (ABSTRACT)

Olgu sunumları

Editöryal yazılar (yalnızca kavramsal katkı sağlamayanlar)

Konu ile doğrudan ilişkili olmayan çalışmalar

olarak belirlenmiştir.

Veri Seçimi ve Değerlendirme Süreci

Literatür taraması sonucunda elde edilen çalışmalar başlık ve özet düzeyinde ön değerlendirmeye tabi tutulmuş, uygun görülen çalışmalar tam metin üzerinden incelenmiştir. Dahil edilme kriterlerini karşılayan çalışmalar analize alınmıştır.

Seçilen çalışmalar; çalışma türü, örneklem özellikleri, prevalans verileri, risk faktörleri, inkontinans ilişkili dermatit ile basınç yarası arasındaki ilişki, klinik uygulama ve bakım yaklaşımları açısından değerlendirilmiştir.

Veri Analizi

Elde edilen veriler, betimsel ve tematik analiz yöntemi ile değerlendirilmiştir. Bu kapsamda çalışmaların bulguları;

Prevalans ve epidemiyolojik veriler

Risk faktörleri

Patofizyolojik mekanizmalar

İnkontinans ilişkili dermatit ile basınç yarası arasındaki ilişki

Klinik uygulama ve bakım süreçleri

başlıkları altında sınıflandırılmıştır. Bu yaklaşım ile literatürde yer alan bulguların karşılaştırmalı olarak incelenmesi ve benzerlikler ile farklılıkların ortaya konulması amaçlanmıştır.

Etik Boyut

Bu çalışma literatür temelli bir inceleme olduğundan, etik kurul onayı gerektirmemektedir. Ancak kullanılan tüm kaynaklara uygun şekilde atıf yapılarak akademik etik kurallara uyulmuştur.

GELİŞME

İnkontinans ilişkili dermatit (IAD), sağlık hizmeti sunulan ortamlarda yaygın olarak görülen ve özellikle inkontinansı olan bireylerde önemli bir bakım problemi oluşturan bir durumdur. Literatürde IAD prevalansının oldukça geniş bir aralıkta değiştiği bildirilmektedir. Yoğun bakım ve akut bakım ortamlarında yapılan çalışmalarda prevalansın %7 ile %50 arasında değiştiği belirtilirken (1), genel hasta popülasyonunda bu oran %4.3 olarak bildirilmiştir (9). İnkontinansı olan hastalarda ise IAD prevalansının %18'e kadar ulaştığı, bazı çalışmalarda bu oranın %45.7'ye kadar yükseldiği görülmektedir (6,10). Bununla birlikte, bazı çalışmalarda daha düşük prevalans oranları da rapor edilmiş olup, yaşlı bireylerde %1.4 gibi düşük değerler bildirilmiştir (11). Bu farklılıkların hasta özellikleri, bakım ortamı, tanılama yöntemleri ve klinik uygulamalardaki değişkenliklerden kaynaklandığı düşünülmektedir (9,20).

İnkontinans ilişkili dermatit gelişiminde rol oynayan başlıca risk faktörleri arasında fekal inkontinans, çift inkontinans (üriner ve fekal), mobilite kısıtlılığı, ileri yaş, uzun süreli hastanede yatış ve düşük Braden skoru yer almaktadır (9,12,13). Özellikle fekal inkontinansın, dışkı içeriğindeki enzimler nedeniyle cilt üzerinde daha güçlü irritan etki oluşturduğu ve IAD gelişiminde en önemli risk faktörlerinden biri olduğu bildirilmektedir (3). Ayrıca obezite ve yüksek bağımlılık düzeyi gibi faktörlerin de IAD gelişimi ile ilişkili olduğu gösterilmiştir (13). Yoğun bakım ünitelerinde yapılan çalışmalarda, dışkı sıklığının yüksek olmasına rağmen uygun bakım uygulamaları sayesinde IAD prevalansının düşük bulunabildiği ve bunun bakım kalitesi ile ilişkili olduğu ifade edilmektedir (12).

İnkontinans ilişkili dermatitin patofizyolojisi incelendiğinde, temel mekanizmanın cildin nem ve irritan maddelere maruziyeti sonucu bariyer fonksiyonunun bozulması olduğu görülmektedir. İdrar ve dışkıya bağlı pH değişiklikleri, proteaz ve lipaz gibi enzimlerin etkisi ve mikroklima değişiklikleri, epidermal bütünlüğün bozulmasına ve inflamatuar yanıtın gelişmesine neden olmaktadır (3,4). Bu süreçte sürtünme ve mekanik travma da cilt hasarını artırarak lezyonların ilerlemesine katkı sağlamaktadır (19). IAD genellikle yüzeyel ve diffüz lezyonlarla karakterize olup, eritem, macerasyon ve cilt bütünlüğünde bozulma ile kendini göstermektedir (1,6).

İnkontinans ilişkili dermatit ile basınç yaraları arasındaki ilişki, literatürde geniş şekilde ele alınmış olup, birçok çalışma IAD'nin basınç yarası gelişimi için önemli bir risk faktörü olduğunu ortaya koymaktadır. Özellikle geniş örneklemli çalışmalarda, IAD varlığının basınç yarası gelişim riskini yaklaşık 4.5 kat artırdığı bildirilmiştir (10). Nem, cilt bariyerinin zayıflamasına neden olarak doku toleransını azaltmakta ve basınç ile sürtünme kuvvetlerinin etkisini artırarak basınç yarası oluşumunu kolaylaştırmaktadır (2,22). Bu nedenle IAD, yalnızca yüzeyel bir cilt hasarı olarak değil, aynı zamanda daha ciddi doku hasarlarının gelişimine zemin hazırlayan bir durum olarak değerlendirilmektedir (1).

Bununla birlikte, literatürde IAD ile basınç yarası arasındaki ilişkiye dair farklı sonuçlar da bulunmaktadır. Bazı çalışmalarda bu iki durum arasında anlamlı bir ilişki bulunmazken (13), bazı çalışmalarda IAD varlığının daha düşük basınç yarası riski ile ilişkili olduğu bildirilmiştir (11). Bu çelişkili bulguların, klinik değerlendirme farklılıkları, bakım uygulamaları ve tanı hataları ile ilişkili olabileceği düşünülmektedir (15). Özellikle IAD ve basınç yaralarının benzer

anatomik bölgelerde görülmesi ve benzer klinik özellikler göstermesi, ayırıcı tanıyı zorlaştırmakta ve yanlış sınıflandırmalara yol açabilmektedir (16,21).

Klinik uygulamada IAD ile basınç yarasının doğru şekilde ayırt edilmesi büyük önem taşımaktadır. IAD genellikle yüzeyel, diffüz ve inflamatuar lezyonlarla karakterize iken, basınç yaraları daha derin doku hasarı ile ilişkili olup, basınç ve shear kuvvetlerine bağlı olarak gelişmektedir (22). Ancak özellikle erken evre basınç yaraları ile IAD'nin klinik olarak benzer görünüm sergilemesi, tanı sürecini zorlaştırmaktadır (15). Yapılan çalışmalarda, sağlık profesyonellerinin bu iki lezyonu doğru ayırt etme oranlarının sınırlı olduğu ve bu durumun bakım kalitesini olumsuz etkilediği gösterilmiştir (15).

İnkontinans ilişkili dermatit yönetiminde önleyici yaklaşımlar büyük önem taşımaktadır. Kanıta dayalı bakım protokollerinin uygulanması, cilt temizliğinin uygun şekilde yapılması, bariyer ürünlerin kullanımı ve bireyselleştirilmiş bakım planlarının oluşturulması ile IAD gelişim riskinin önemli ölçüde azaltılabildiği gösterilmiştir (17,18). Hastane genelinde uygulanan yapılandırılmış bakım programlarının hem IAD hem de basınç yarası insidansını anlamlı düzeyde azalttığı bildirilmektedir (19). Bununla birlikte, klinik uygulamada rehberlere uyumun sınırlı olması ve bakım uygulamalarındaki farklılıklar, IAD yönetiminde önemli bir sorun olarak karşımıza çıkmaktadır (19).

Sonuç olarak, inkontinans ilişkili dermatit prevalansı, risk faktörleri ve basınç yarası ile olan ilişkisi açısından heterojen bir yapıya sahip olup, bu durum hasta özellikleri, bakım ortamı ve klinik uygulamalara bağlı olarak değişkenlik göstermektedir. IAD'nin doğru tanılanması, risk faktörlerinin erken belirlenmesi ve kanıta dayalı bakım yaklaşımlarının uygulanması, hem IAD hem de basınç yarası gelişiminin önlenmesinde kritik öneme sahiptir.

TARTIŞMA VE SONUÇ

Bu literatür incelemesinde, inkontinans ilişkili dermatitin (IAD) prevalansı, risk faktörleri ve basınç yarası gelişimi ile olan ilişkisi çok boyutlu olarak değerlendirilmiştir. Elde edilen bulgular, IAD'nin sağlık hizmeti sunulan ortamlarda yaygın görülen ve klinik sonuçlar açısından önemli etkileri olan bir durum olduğunu ortaya koymaktadır. Literatürde IAD prevalansının %1.4 ile %50 arasında geniş bir aralıkta değiştiği görülmekte olup (1,11), bu durumun hasta popülasyonu, bakım ortamı ve tanılama yöntemlerindeki farklılıklardan kaynaklandığı düşünülmektedir (9,20). Özellikle inkontinansı olan bireylerde prevalansın belirgin şekilde arttığı ve bazı çalışmalarda %45'in üzerine çıktığı bildirilmektedir (6,10). Bu bulgular, inkontinansın IAD gelişiminde temel belirleyici faktörlerden biri olduğunu desteklemektedir.

İnkontinans ilişkili dermatit gelişiminde fekal inkontinans, mobilite kısıtlılığı, ileri yaş ve uzun süreli hastanede kalış gibi faktörlerin önemli rol oynadığı görülmektedir (12,13). Özellikle fekal inkontinansın cilt üzerinde daha güçlü irritan etki oluşturması nedeniyle IAD gelişiminde kritik bir risk faktörü olduğu vurgulanmaktadır (3). Bununla birlikte, yoğun bakım ortamlarında uygun bakım uygulamalarının varlığında IAD prevalansının düşük bulunabilmesi, bakım kalitesinin bu süreçte belirleyici olduğunu göstermektedir (12). Bu durum, IAD'nin yalnızca hasta özelliklerine bağlı olarak gelişmediğini, aynı zamanda bakım süreçlerinin etkinliği ile yakından ilişkili olduğunu ortaya koymaktadır.

İnkontinans ilişkili dermatit ile basınç yarası arasındaki ilişki, literatürde en dikkat çekici bulgulardan biridir. Çoğu çalışma, IAD'nin basınç yarası gelişimi için önemli bir risk faktörü olduğunu göstermekte ve bu riskin yaklaşık 4–5 kat artabileceğini bildirmektedir (1,10). Nem ve cilt bariyerindeki bozulma, doku toleransını azaltarak basınç ve sürtünme kuvvetlerinin etkisini artırmakta ve bu durum basınç yarası gelişimini kolaylaştırmaktadır (2,22). Bununla

birlikte, bazı çalışmalarda IAD ile basınç yarası arasında anlamlı ilişki bulunmaması veya ters yönde sonuçlar elde edilmesi (11,13), bu ilişkinin tek boyutlu olmadığını göstermektedir. Bu çelişkili bulgular, özellikle klinik değerlendirme farklılıkları, bakım uygulamaları ve tanısal hatalar ile açıklanabilir niteliktedir.

Literatürde dikkat çeken önemli bir diğer bulgu, inkontinans ilişkili dermatit ile basınç yarasının klinik olarak sıklıkla karıştırılmasıdır. Her iki lezyonun benzer anatomik bölgelerde ortaya çıkması ve erken evrelerde benzer görünüm sergilemesi, ayırıcı tanıyı zorlaştırmaktadır (16,21). Yapılan çalışmalar, sağlık profesyonellerinin bu iki durumu doğru şekilde ayırt etme oranlarının sınırlı olduğunu ve yanlış tanıların bakım sürecini olumsuz etkilediğini göstermektedir (15). Bu durum, yalnızca hasta bakımını değil, aynı zamanda literatürde bildirilen prevalans ve ilişki verilerinin doğruluğunu da etkileyebilmektedir.

İnkontinans ilişkili dermatit yönetiminde önleyici yaklaşımlar ön plana çıkmaktadır. Kanıta dayalı bakım protokollerinin uygulanması, uygun cilt temizliği, bariyer ürünlerin kullanımı ve bireyselleştirilmiş bakım planları ile IAD gelişiminin önemli ölçüde önlenebildiği gösterilmiştir (17,18). Ayrıca, hastane genelinde uygulanan yapılandırılmış bakım programlarının hem IAD hem de basınç yarası insidansını anlamlı düzeyde azaltabildiği bildirilmektedir (19). Buna rağmen klinik uygulamada rehberlere uyumun sınırlı olması ve bakım uygulamalarındaki heterojenlik, IAD yönetiminde önemli bir sorun olarak varlığını sürdürmektedir.

Sonuç olarak, inkontinans ilişkili dermatit, yalnızca yüzeyel bir cilt problemi olmayıp, basınç yarası gelişimi ile ilişkili, önlenebilir ancak klinik yönetimi karmaşık bir durumdur. IAD'nin doğru tanılanması, risk faktörlerinin erken belirlenmesi ve kanıta dayalı bakım yaklaşımlarının uygulanması, hem IAD hem de basınç yarası gelişiminin önlenmesinde kritik öneme sahiptir. Bu bağlamda, sağlık profesyonellerinin eğitim düzeyinin artırılması, bakım protokollerinin standartlaştırılması ve klinik uygulamalarda rehberlere uyumun sağlanması gerekmektedir. Ayrıca, IAD ile basınç yarası arasındaki ilişkinin daha iyi anlaşılabilmesi için farklı hasta gruplarında ve bakım ortamlarında yapılacak ileri araştırmalara ihtiyaç bulunmaktadır.

KAYNAKÇA

1.McNichol L, Ayello EA, Phearman LA, Pezzella P, Culver EA. Incontinence-associated dermatitis: state of the science and knowledge translation. Adv Skin Wound Care. 2018;31(11):502-513.

2.Avşar P, Karadağ A. Basınç yaraları ve önlenmesi. Hemşirelikte Eğitim ve Araştırma Dergisi. 2018;15(2):134-140.

3.Beeckman D. A decade of research on incontinence-associated dermatitis (IAD): evidence, knowledge gaps and next steps. J Tissue Viability. 2017;26(1):47-56.

4. Francis K. Prevention and management of incontinence-associated dermatitis. Br J Nurs. 2018;27(9):S6-S14.

5. Barakat-Johnson M, Barnett C, Wand T, et al. Incontinence-associated dermatitis and its relationship with pressure injuries: a systematic review. J Clin Nurs. 2018;27(15-16):2986-3000.

6. Ximenes MAM, et al. Knowledge and practices of nurses related to incontinence-associated dermatitis: educational intervention study. J Wound Care. 2023;32(6):354-362.

7.Gray M. Incontinence-associated dermatitis in the era of value-based health care. J Wound Ostomy Continence Nurs. 2019;46(3):191-193.

8. Boronat-Garrido X, et al. Incontinence-associated dermatitis: prevalence and severity in hospital settings. J Wound Care. 2016;25(6):314-318.

9.Kayser SA, VanGilder CA, Ayello EA, Lachenbruch C. Prevalence and analysis of incontinence-associated dermatitis in the acute care setting. J Wound Ostomy Continence Nurs. 2019;46(4):285-290.

10.Gray M, Giuliano KK. Incontinence-associated dermatitis, characteristics and relationship to pressure injury: a multisite epidemiologic analysis. J Wound Ostomy Continence Nurs. 2018;45(1):63-67.

11.Hödl M, Halfens RJG, Lohrmann C. Incontinence and incontinence-associated dermatitis in hospitalized patients: a multicenter study. J Clin Nurs. 2019;28(3-4):395-403.

12.Johansen E, Bakken LN, Duvaland E, et al. Incontinence-associated dermatitis and pressure injuries in hospital patients: a multicentre prevalence study. J Clin Nurs. 2018;27(5-6):e1141-e1147.

13. Ferreira AM, de Andrade D, Rigotti MA, Ferreira MVF. Prevalence and factors associated with incontinence-associated dermatitis in hospitalized patients. Rev Lat Am Enfermagem. 2018;26:e2995.

14. Arnold-Long M, Johnson TM. Differentiating between pressure injury and incontinence-associated dermatitis. Adv Skin Wound Care. 2019;32(10):460-466.

15. Liu W, Wang S, Zhang Y, et al. Nurses' knowledge and clinical practice of incontinence-associated dermatitis and pressure injury: a multicentre cross-sectional study. Nurs Open. 2021;8(5):2400-2408.

16. Pinnekamp H, Rentschler V, Majjouti K, et al. Controlled pilot intervention study on the effects of an AI-based application to support incontinence-associated dermatitis and pressure injury assessment, nursing care and documentation: study protocol. Res Nurs Health. 2025;48(4):419-428.

17. Bliss DZ, Savik K, Jung HJ, et al. Incontinence-associated dermatitis in critically ill adults: time to development, severity, and risk factors. J Wound Ostomy Continence Nurs. 2017;44(4):329-334.

18. Elsayed SM, Seweid MM, Anwar S, et al. Effectiveness of a standardized skin care protocol in reducing incontinence-associated dermatitis among critical care patients: a clinical investigation. J Tissue Viability. 2025;34:100924.

19. Geering S, et al. Implementation of evidence-based skin care program for prevention of IAD and pressure injuries. Int Wound J. 2024;21(2):210-218.

20. Werth SL, Williams KA, Pontious S. Prevalence and associated factors of moisture-associated skin damage in hospitalized patients. J Wound Ostomy Continence Nurs. 2019;46(6):491-497.

21. Francis K. Understanding the difference between pressure ulcers and incontinence-associated dermatitis. Br J Community Nurs. 2019;24(Sup9):S6-S12.

22. Johansen E, Bredesen IM, Bergh I, et al. Prevalence of moisture-associated skin damage in intensive care unit patients: a multicentre study. J Clin Nurs. 2020;29(19-20):3642-3652.

COMBINED CYCLE OF KALINA AND NANOREFRIGERANT USING EJECTOR REFRIGERATION CYCLE

Aida IBRAHIMA ABDOU

Marmara University, Faculty of Engineering, Department of Mechanical Engineering,

Doç. Dr. Candeniz SEÇKİN

Marmara University, Faculty of Engineering, Department of Mechanical Engineering,

ABSTRACT

Low-grade thermal energy represents a promising resource, and its efficient utilization has attracted significant attention in recent years. This study examines a Kalina cycle integrated with an ejector refrigeration cycle employing a nanorefrigerant. A thermodynamic model is developed in Engineering Equation Solver (EES) to evaluate system performance under steady-state conditions. The influence of Al_2O_3 nanoparticle mass fraction in R600a on overall system performance is analyzed. Results indicate that increasing nanoparticle concentration enhances refrigeration capacity due to improved thermophysical properties, while the effect on net power output remains negligible. Consequently, both energy and exergy efficiencies exhibit slight improvements. The proposed system highlights the potential of nanorefrigerants to improve the performance of integrated power and cooling systems.

Keywords: Kalina cycle, ejector refrigeration cycle, nanorefrigerant

INTRODUCTION

The depletion of conventional energy resources has accelerated the exploration of alternative energy sources and hybrid systems that aim for higher energy efficiency and reduced consumption. Among advanced power cycles, the Kalina Cycle (KC), which is inspired by the Rankine cycle and uses an ammonia–water mixture as the working fluid, represents a significant advancement in thermal power plant design for utilizing low-grade heat sources (Zhang, He, & Zhang, 2012).

Despite these ad/vancements, a considerable portion of available thermal energy remains unutilized in power generation systems. To improve energy utilization, several authors have proposed combined cycles (Du et al., 2021; Kumar Singh, Kumar Tiwari, & Paliwal, 2024; Tianliang & Hong, 2023). Among these, cooling systems employing the ejector refrigeration cycle (ERC) have attracted attention due to their straightforward design, low maintenance requirements, and ability to operate with low-quality thermal energy, particularly recovered heat. These previous studies have explored various configurations combining KC and ERC, as well as the effects of operational parameters such as turbine inlet conditions, ammonia-water solution concentration, condenser outlet pressure, and refrigerant temperature in heat exchangers (Seckin, 2018; Seçkin, 2023). However, the performance of ejector refrigeration systems is often constrained by the thermophysical properties of conventional refrigerants. Recent studies indicate that incorporating nanoparticles into base refrigerants to form nanorefrigerants can significantly enhance heat transfer characteristics and improve overall system performance (Venkataiah & Sthithapragna, 2023).

To build on previous research combining power and cooling cycles, this study investigates a Kalina cycle integrated with an ejector refrigeration cycle utilizing nanorefrigerant. The system is evaluated through thermodynamic modeling in EES. R600a (isobutane), an environmentally friendly refrigerant, is combined with alumina (Al_2O_3) to form the nanorefrigerant. The effect of nanoparticles is assessed by comparing combined cycle outputs, including net work and refrigeration capacity, as well as energy and exergy efficiencies, as the nanoparticle mass fraction increases from 0 to 5%.

METHODOLOGY

Description of the combined cycle

The proposed system consists of Kalina cycle (KC) power generation and an ejector refrigeration cycle (ERC) operating with nanorefrigerant. A constant heat of 1650 kW is supplied to ammonia-water mixture in KC boiler (HX1) from a hot storage tank. The saturated mixture goes through a separator that splits the vapor phase from the liquid. The vapor phase is expanded in a turbine, while the liquid phase from the separator supplies heat to ERC via HX2, before passing through a high-temperature regenerator (HTR) for heat recovery. The liquid phase is then expanded to turbine downstream pressure by a throttling valve, and mixes with the stream coming from the turbine. The mixture's heat is further recovered by a low temperature regenerator (LTR), it is cooled in condenser 1 and then pumped to HX1 pressure.

The heat absorbed in HX2 evaporates the primary flow of the ERC. The exit temperature depends on HX2 heat transfer performance, which in turn is affected by nanoparticle concentration. The primary flow is accelerated in the ejector, creating a low pressure that entrains flow from the evaporator. The mixed flow exiting the ejector is then condensed by condenser 2. A portion of it is expanded to evaporator pressure; this portion later provides the cooling effect in the evaporator. The other portion is pressurized to HX2 pressure to be evaporated again and continue the cycle. The layout of the combined cycle is presented in Fig. 1.

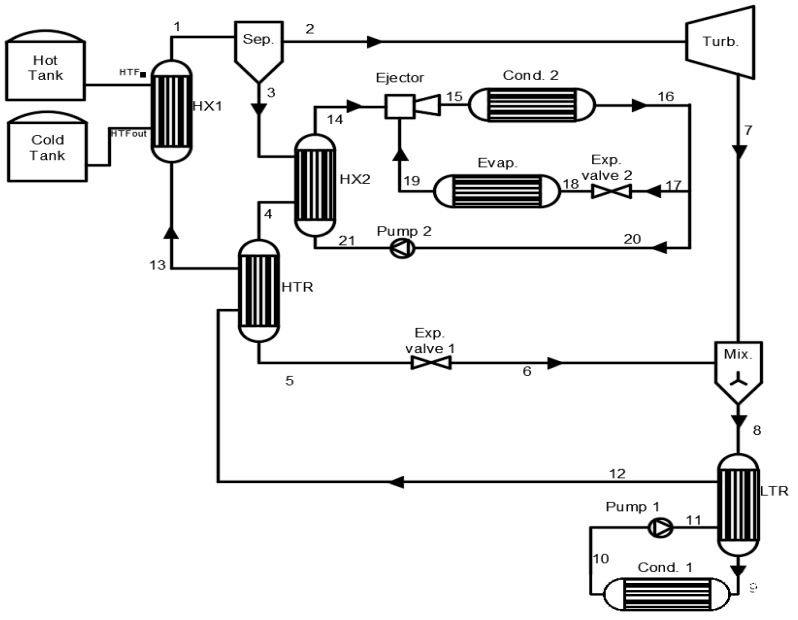


Fig. 1. Layout of the combined KC and ERC system

Thermodynamic model of the combined cycle

The system is analyzed under steady-state conditions, with negligible changes in potential and kinetic energy except in the ejector. Components are assumed adiabatic (except condensers) with no pressure losses. The losses in turbine, pumps, and ejector are represented by the isentropic efficiency. Throttling is isenthalpic, and the ejector operates under supersonic critical mode with choking of both flows. The thermodynamic model that simulates this cycle is based on mass and energy balances applied to each component. These balances are given by Eqs. (1) and (**Hata! Başvuru kaynağı bulunamadı.**), where $\dot{m}$, $\dot{Q}$, $\dot{W}$, h, represent mass flow rate, heat, work rates and enthalpy correspondingly.

$$\sum_{in} \dot{m} = \sum_{out} \dot{m} \quad (1)$$

$$\dot{Q} - \dot{W} = \sum_{\text{out}} \dot{m}\left(h + \text{gz} + \frac{V^2}{2}\right) - \sum_{\text{in}} \dot{m}\left(h + \text{gz} + \frac{V^2}{2}\right) \quad (2)$$

The supersonic ejector is modeled using a one – dimensional constant-area mixing approach and its modeling is based on mass, energy, and momentum conservation principles (Huang et al., 1998). The operation of the ejector can be divided into three main stages namely primary flow expansion, mixing, and compression. First, the primary flow expands to supersonic velocity after choking in the nozzle throat. The vacuum caused by the primary flow entrains the secondary flow from the evaporator. The thermodynamic properties of both primary and secondary flows are determined using mass and energy conservation equations (Eqs. (1) and (**Hata! Başvuru kaynağı bulunamadı.**)). During the mixing process, the primary flow decelerates while the secondary flow accelerates, and the two streams reach a common velocity at the mixing section. To describe this interaction, the momentum conservation given by Eq. (3) is applied.

$$P_a A_a + \dot{m}_a V_a = \varphi(P_p A_p + \dot{m}_p V_p + P_s A_s + \dot{m}_s V_s) \quad (3),$$

Where P is the pressure, A is the cross-sectional area, V is the flow velocity. The subscripts p, s, and a denote the primary flow, secondary flow and mixing section inlet, respectively. The parameter ϕ represents the momentum correction factor.

Following mixing, a normal shock occurs inside the ejector, causing the flow to transition from supersonic to subsonic conditions. This results in a sudden increase in pressure and density, which is described using the Rankine–Hugoniot relations given by Eqs. (4) and (5) (B. Tashtoush, Alshare, & Al-Rifai, 2015). k is the isentropic exponent and Ma the Mach number.

$$\frac{P_b}{P_a} = \frac{2kMa_a^2 - (k-1)}{k+1} \quad (4)$$

$$\frac{\rho_b}{\rho_a} = \frac{(k+1)Ma_a^2}{(k-1)Ma_a^2 + 2} \quad (5)$$

Finally, the subsonic flow is compressed in the diffuser to reach the condenser pressure and Eqs. (1) and (**Hata! Başvuru kaynağı bulunamadı.**) are applied to determine the properties at diffuser exit.

The thermophysical properties of the base refrigerant are determined by the equations of state embedded in EES knowing two independent properties.

The effective thermophysical properties of the nanorefrigerant are determined using both R600a and Al_2O_3 properties. Al_2O_3 data from (Sriharan, Harikrishnan, & Oztop, 2022) is presented in Table 1. The effective density ρ and specific heat c_p are found using weighted-average correlations given by Eqs. (6) and (7), where Φ is the nanoparticle volume fraction. The

subscripts *np, bf* and *nf* signify nanoparticles, base fluid and nanofluid. The thermal conductivity and viscosity are determined from the Maxwell and Brinkman correlations(Dawood, Mohammed, & Munisamy, 2014; Sriharan et al., 2022). These effective properties are subsequently used to calculate the HX2 heat transfer coefficient (HTC).

$$\rho_{nf} = \Phi\rho_{np} + (1-\Phi)\rho_{bf} \quad (6)$$

$$(\rho c_p)_{nf} = \Phi(\rho c_p)_{np} + (1-\Phi)(\rho c_p)_{bf} \quad (7)$$

Table 1: Al_2O_3 properties

$\boldsymbol{\rho}$ (kg/m3)	3892
$\boldsymbol{c_p}$ (kJ/kgK)	0,765
$\boldsymbol{k}$(W/mK)	37

First, the single-phase HTC_{sp} is estimated using the Dittus–Boelter correlation given by Eq. (8) (Fen & Derg, 2019) where Nu, Re, and Pr stand for the Nusselt, Reynolds, and Prandtl numbers, respectively. Since primary flow evaporates in HX2, the two-phase HTC_{tp} is then predicted using Gungor–Winterton correlation (B. M. Tashtoush, Al-Nimr, & Khasawneh, 2017). The exit temperature of the primary flow is calculated using the LMTD method (Eq. (9)), based on the known inlet temperatures and mass flow rates of both HX2 streams.

$$HTC_{sp} = 0.023\, Re_{sp}^{0.8} Pr_{sp}^{0.4} Nu \quad (8)$$

$$\dot{Q}_{HX2} = HTC_{tp} A \Delta T_{lm} \quad (9)$$

The model is implemented in EES. The effective enthalpy of the nanorefrigerant is calculated by Eq. (10), where ξ is the nanoparticle mass fraction. The energy and exergy efficiencies are respectively calculated using Eqs. (11) and (12), where $\dot{Q}_e$ is the refrigeration capacity and T_{ref} the reference temperature. The operating conditions are listed in Table 2.

$$h_{nf} = \xi c_{np}(\mathrm{T} - T_{ref}) + (1-\xi)h_{bf} \quad (10)$$

$$\eta = \frac{\dot{W}_{net} + \dot{Q}_e}{\dot{Q}_{HX1}} \quad (11)$$

$$\eta_{II} = \frac{\dot{W}_{net} + \left(\frac{T_{ref}}{T_{19}} - 1\right)\dot{Q}_e}{\dot{m}_{HTF} c_{HTF}\left(T_{HTF,in} - T_{HTF,out}\right) - T_{ref} \ln\left(\frac{T_{HTF,in}}{T_{HTF,out}}\right)} \quad (12)$$

Table 2. Boundary conditions and operational parameters

$\dot{Q}_{HX1}$ (kW)	1650
Ammonia-water mass fraction (-)	0.7
HX1 pressure (MPa)	3.5
HX1 Temperature (K)	393
Condenser 1 temperature (K)	300
$\dot{Q}_{HX2}$ (kW)	150
Superheating at the evaporator exit -T_{19} (K)	5
Subcooling at the condenser 2 exit – (K)	5
HTF inlet temperature - $T_{HTF,in}$ (K)	436
HTF outlet temperature - $T_{HTF,out}$ (K)	333
Reference temperature - T_{ref} (K)	298

DISCUSSION

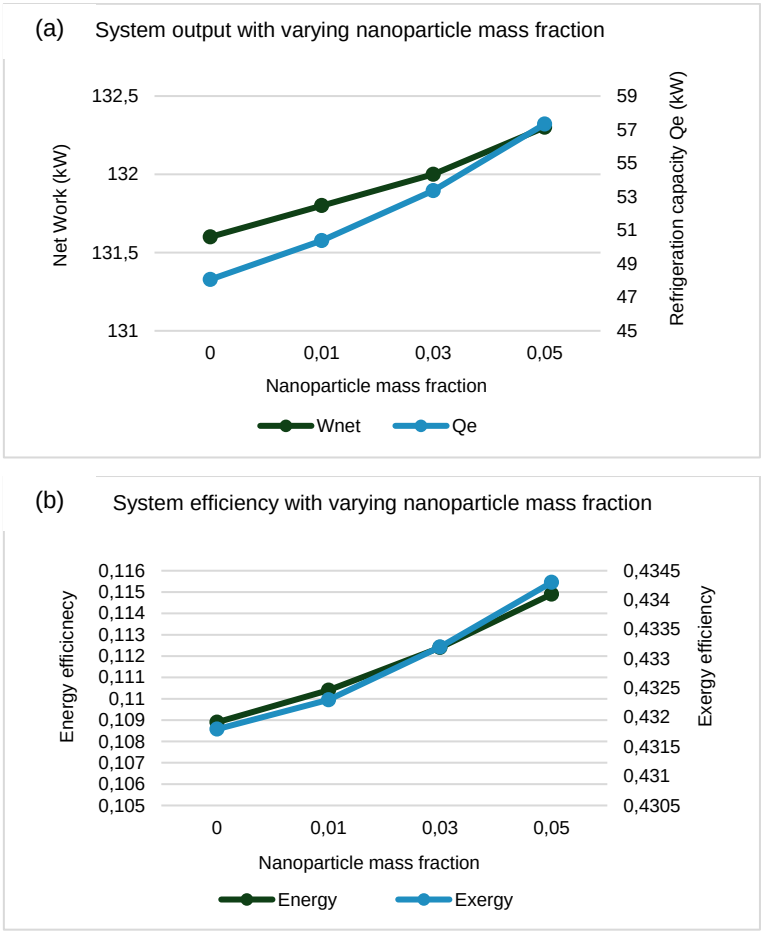


Fig. 2. Effect of nanoparticle mass fraction on (a) system output and (b) system efficiency.

The influence of nanoparticle mass fraction on system performance was evaluated for R600a combined with Al_2O_3, with mass fraction ranging from 0 to 5%. As seen in Fig. 2(a), Net power generation exhibits only minor variation, indicating a limited influence of nanoparticles on the power-producing part of the cycle. In contrast, refrigeration capacity increases by 19%. The energy efficiency rises from 10.8% to 11.5% while exergy efficiency increases only by 0.57% (Fig. 2.(b)).

The limited impact on net power is attributed to the fact that nanoparticle addition primarily enhances heat transfer without significantly affecting the power cycle. Additionally, the nanoparticle mass fraction is insufficient to substantially alter ERC pump consumption, which remains negligible compared to turbine work. As a result, minor changes in fluid properties resulting from nanoparticle addition do not significantly affect the net power yield.

Refrigeration capacity increases because of enhanced heat transfer in HX2. The addition of nanoparticles raises the effective thermal conductivity and, to a lesser extent, the density of the working fluid, thereby improving convective heat transfer. This enhancement improves the thermodynamic state of the primary flow, resulting in greater expansion potential in the ejector nozzle. Consequently, the entrainment ratio increases, leading to higher secondary mass flow rates and greater refrigeration capacity. As result, energy efficiency follows the same trend. Although the improvement of exergy efficiency is limited, it can be attributed to lower temperature difference between the heat source and nanorefrigerant-due to improved heat transfer-that lowers entropy generation and irreversibility.

Nevertheless, the benefits of nanoparticle addition remain moderate due to drawbacks, such as increased effective viscosity and decreased specific heat, as Al_2O_3 has a lower specific heat than R600a.
Overall, nanoparticle addition improves system performance by enhancing heat transfer. However, at low concentrations, the intrinsic thermodynamic properties of the refrigerant remain the primary factor governing cycle performance.

CONCLUSION

This study modeled a steady-state combined Kalina–ejector refrigeration cycle using a nanorefrigerant and assessed the effect of Al_2O_3 mass fraction in R600a, the base refrigerant, on overall system performance. Adding nanoparticles up to 5% substantially enhanced refrigeration capacity due to upgraded thermophysical properties, while the effect on net power was negligible. The improved refrigeration performance resulted in slight increases in both energy and exergy efficiencies.

REFERENCES

Dawood, H. K., Mohammed, H. A., & Munisamy, K. M. (2014). Heat transfer augmentation using nanofluids in an elliptic annulus with constant heat flux boundary condition. *Case Studies in Thermal Engineering*, *4*, 32–41. https://doi.org/10.1016/j.csite.2014.06.001

Du, Y., Jiang, N., Zhang, Y., Wang, X., Zhao, P., Wang, J., & Dai, Y. (2021). Multi-objective optimization of an innovative power-cooling integrated system based on gas turbine cycle with compressor inlet air precooling, Kalina cycle and ejector refrigeration cycle. *Energy Conversion and Management*, *244*. https://doi.org/10.1016/j.enconman.2021.114473

Fen, K., & Derg, M. (2019). *Ağlar / A New Heat Transfer Correlation for Saturated Flow Boiling of Water with Prandtl Number Improvement* (Vol. 9).

Huang, B. J., Chang, J. M., Wang, C. P., & Petrenko, V. A. (n.d.). *A 1-D analysis of ejector performance*.

Kumar Singh, S., Kumar Tiwari, A., & Paliwal, H. K. (2024). Techno-economic assessment of retrofitted parabolic trough collector for Kalina power cycle. *Applied Thermal Engineering*, *236*. https://doi.org/10.1016/j.applthermaleng.2023.121550

Seckin, C. (2018). Thermodynamic analysis of a combined power/refrigeration cycle: Combination of Kalina cycle and ejector refrigeration cycle. *Energy Conversion and Management*, *157*, 631–643. https://doi.org/10.1016/J.ENCONMAN.2017.12.047

SEÇKİN, C. (2023). Energy and Exergy Analysis of an Innovative Power/Refrigeration Cycle: Kalina Cycle and Ejector Refrigeration Cycle. *International Journal of Advances in Engineering and Pure Sciences*, *35*(2), 193–202. https://doi.org/10.7240/jeps.1203686

Sriharan, G., Harikrishnan, S., & Oztop, H. F. (2022). Performance improvement of the mini hexagonal tube heat sink using nanofluids. *Thermal Science and Engineering Progress*, *34*. https://doi.org/10.1016/j.tsep.2022.101390

Tashtoush, B., Alshare, A., & Al-Rifai, S. (2015). Performance study of ejector cooling cycle at critical mode under superheated primary flow. *Energy Conversion and Management*, *94*, 300–310. https://doi.org/10.1016/j.enconman.2015.01.039

Tashtoush, B. M., Al-Nimr, M. A., & Khasawneh, M. A. (2017). Investigation of the use of nano-refrigerants to enhance the performance of an ejector refrigeration system. *Applied Energy*, *206*, 1446–1463. https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2017.09.117

Tianliang, W., & Hong, T. (2023). Thermodynamic and exergoeconomic analysis of an innovative cogeneration of power and freshwater based on gas turbine cycle. *Energy*, *285*. https://doi.org/10.1016/j.energy.2023.129454

Venkataiah, S., & Sthithapragna, G. (2023). Comprehensive evaluation of nano refrigerants: A review. *Materials Today: Proceedings*, *72*, 937–942. https://doi.org/10.1016/J.MATPR.2022.09.094

Zhang, X., He, M., & Zhang, Y. (2012, September). A review of research on the Kalina cycle. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Vol. 16, pp. 5309–5318. https://doi.org/10.1016/j.rser.2012.05.040

REDUCING PSYCHIATRIC AND BEHAVIORAL BURDEN IN ADOLESCENTS WITH POLYCYSTIC OVARY SYNDROME: PUBLIC HEALTH PERSPECTIVES AND SUSTAINABLE NON-PHARMACOLOGICAL INTERVENTIONS

Research Assistant Elif TÜRKDÖNMEZ AK

Ordu University, Faculty of Medicine, Department of Physiology, Ordu, Türkiye

Prof. Dr. Nilgün ULUTAŞDEMİR

Ordu University, Faculty of Medicine, Department of Public Health, Ordu, Türkiye

ABSTRACT

Introduction and aim: This review aimed to evaluate public health approaches and sustainable non-pharmacological interventions for reducing the psychiatric and behavioral burden in adolescents with polycystic ovary syndrome (PCOS), with particular emphasis on exercise and lifestyle-based strategies supporting mental well-being and long-term symptom management.

This narrative review was based on clinical and preclinical studies, international guidelines, and public health reports published over the last 10 years. The literature focused on psychiatric and behavioral burden in adolescent PCOS, public health-oriented management strategies, and sustainable non-pharmacological interventions, particularly exercise and lifestyle modification.

Results: Current evidence indicates that PCOS during adolescence is associated with reproductive and metabolic disturbances, as well as anxiety, depressive symptoms, stress, negative body image, disordered eating behaviors, and reduced quality of life. The reviewed literature suggests that non-pharmacological interventions, including physical activity, nutrition-oriented lifestyle modification, sleep hygiene, psychological support, school-based programs, and digital health tools, may positively influence mental well-being, stress regulation, metabolic health, body image, and quality of life. Because of its low cost, accessibility, and feasibility, exercise appears particularly relevant for adolescents, contributing not only to symptom reduction but also to self-management skills and healthier behavioral patterns. Public health-based approaches may strengthen these benefits through primary care counseling, community-based education, and supportive environments that encourage behavior change.

Discussion and Conclusion: Sustainable non-pharmacological interventions, particularly exercise, appear to play an important role in reducing the psychiatric and behavioral burden associated with adolescent PCOS. Their integration into public health strategies may provide an effective, accessible, and sustainable framework for improving mental well-being and quality of life in this population.

Keywords: Polycystic Ovary Syndrome; Behavioral Burden; Psychiatric Problem; Psychosocial Burden; Non-pharmacological Interventions; Health Science

GİRİŞ

Polikistik Over Sendromu (PKOS), adölesan kızlarda sık görülen, endokrin ve metabolik bileşenleri olan kompleks bir bozukluktur. Menstrüel düzensizlik, hiperandrojenizm ve polikistik over morfolojisi ile karakterize olmakla birlikte, yalnızca üreme sağlığını değil; metabolik, kardiyovasküler ve psikososyal sağlığı da etkileyen çok boyutlu bir klinik tablo oluşturur (Tan et al. 2022; Wang et al. 2024). Adölesanlarda PKOS prevalansının %5,6 ile %11,04 arasında değiştiği bildirilmekte; bu tablo depresyon, anksiyete, beden imajı sorunları, yeme davranışı bozuklukları ve yaşam kalitesinde azalma gibi psikiyatrik ve davranışsal yüklerle ilişkilendirilmektedir (Cowan et al. 2023; Ding et al. 2022; Wang et al. 2024).

PKOS tanısı alan adölesan kızlarda depresyon gelişme olasılığının akranlarına kıyasla yaklaşık 2,4 kat daha yüksek olduğu ve bazı çalışmalarda depresif semptom oranlarının %36,12'den %50–60'a kadar ulaşabildiği bildirilmektedir (Ding et al. 2022; Tan et al. 2022; Wang et al. 2024). Bu farklı oranlar, çalışma popülasyonları, kullanılan ölçekler, obezite varlığı, sosyal destek düzeyi ve klinik fenotip gibi değişkenlere bağlı olarak farklılaşmaktadır. Bu nedenle PKOS tanısı konulan adölesanlarda anksiyete ve depresif semptomların tanı anından itibaren rutin olarak taranması ve pozitif bulgularda ileri değerlendirme yapılması önerilmektedir (Chen et al. 2024).

Adölesan dönemde PKOS tanısı, normal pubertal gelişimle örtüşen bulgular nedeniyle erişkin dönemden daha karmaşıktır. Ergenlikte görülen hormonal dalgalanmalar, düzensiz menstrüel sikluslar, akne ve fizyolojik insülin direnci tanısal belirsizliği artırmakta; bu durum hem aşırı tanı hem de eksik tanı riskini beraberinde getirmektedir (Chen et al. 2024; Prosperi and Chiarelli 2025; Vasudevan et al. 2025). Güncel kılavuzlar, diğer olası nedenler dışlandıktan sonra tanının kalıcı menstrüel düzensizlik ve klinik/biyokimyasal hiperandrojenizm temelinde değerlendirilmesini; adölesanlarda pelvik ultrasonografi veya anti-Müllerian hormon düzeylerinin tek başına tanısal kriter olarak kullanılmamasını önermektedir (Nelson et al. 2023; Peña et al. 2025).

Menarş sonrası ilk yıllarda multifoliküler over görünümü sık olduğundan ultrasonografik bulguların tanısal değeri sınırlıdır (Joshi 2024). Bu nedenle polikistik over morfolojisi adölesan over gelişiminin fizyolojik çeşitliliği dikkate alınarak yorumlanmalı; tanı süreci yaşa, pubertal evreye ve semptomların sürekliliğine duyarlı biçimde yürütülmelidir (Lau et al. 2022; Piltonen, Arffman, and Joham 2021; Stener-Victorin et al. 2024). PKOS tanı kriterlerini tam olarak karşılamayan ancak klinik risk taşıyan adölesanların "risk altında" kabul edilmesi, semptom yönetimi ve düzenli izlem açısından önemlidir (Peña et al. 2025). Bu yaklaşım, gereksiz etiketlenmeyi önlerken erken müdahale fırsatlarını da korur.

Adölesan PKOS'a ilişkin doğrudan kanıtların erişkin PKOS literatürüne kıyasla daha sınırlı olduğu dikkate alınmalıdır. Bu derlemede öncelikli olarak adölesan örneklemlerinden elde edilen çalışmalar ve adölesanlara özgü kılavuz önerileri esas alınmış; doğrudan adölesan verisinin sınırlı olduğu alanlarda ise erişkin PKOS literatürü destekleyici bağlam olarak değerlendirilmiştir. Bu yaklaşım, erişkin verilerinin adölesanlara doğrudan genellenmesi anlamına gelmemekte; aksine ergenlik döneminin gelişimsel, hormonal, psikososyal ve tanısal özellikleri dikkate alınarak yorumlanmasını gerektirmektedir.

Bu derleme, adölesan PKOS'a eşlik eden psikiyatrik ve davranışsal yükü biyopsikososyal ve halk sağlığı perspektifiyle değerlendirmeyi; fiziksel aktivite, beslenme, uyku düzeni, psikolojik destek, okul temelli programlar ve dijital sağlık uygulamaları gibi sürdürülebilir farmakolojik olmayan müdahalelerin potansiyel katkılarını tartışmayı amaçlamaktadır.

Metodoloji

Bu çalışma, adölesanlarda Polikistik Over Sendromu'na eşlik eden psikiyatrik ve davranışsal yükü halk sağlığı perspektifiyle ele alan anlatı derlemesi niteliğindedir. Literatür taramasında PKOS'un adölesan dönemdeki klinik özellikleri, tanısal güçlükleri, psikiyatrik komorbiditeleri, davranışsal etkileri ve farmakolojik olmayan müdahale yaklaşımlarını kapsayan çalışmalar değerlendirilmiştir. Tarama sürecinde özellikle adölesan örneklemleri, güncel kılavuz önerileri, sistematik derlemeler, meta-analizler, klinik araştırmalar ve halk sağlığı odaklı çalışmalar önceliklendirilmiştir.

Literatür değerlendirmesinde "Polycystic Ovary Syndrome", "Behavioral Burden", "Psychiatric Problem", "Psychosocial Burden", "Non-pharmacological Interventions" ve "Health Science" anahtar kelimeleri ile bu terimlerin kombinasyonları kullanılmıştır. Adölesan PKOS'a özgü doğrudan kanıtların sınırlı olduğu konularda, erişkin PKOS literatürü destekleyici kanıt olarak değerlendirilmiş; ancak bu bulgular adölesan dönemin gelişimsel, hormonal ve psikososyal özellikleri dikkate alınarak yorumlanmıştır. Çalışmada farmakolojik tedavi yaklaşımlarından ziyade fiziksel aktivite, beslenme düzenlemeleri, bilişsel davranışçı terapi, farkındalık temelli uygulamalar, akran desteği, okul temelli programlar, dijital sağlık araçları ve sağlık okuryazarlığını artırmaya yönelik sürdürülebilir müdahaleler üzerinde durulmuştur.

Bu derleme sistematik derleme veya meta-analiz olarak tasarlanmadığından, çalışma seçimi nicel bir kalite değerlendirme ya da risk yanlılığı analizi içermemektedir. Bununla birlikte, mevcut kanıtlar tematik olarak sınıflandırılmış; tanısal çerçeve, biyopsikososyal mekanizmalar, psikiyatrik ve davranışsal yük, farmakolojik olmayan müdahaleler, halk sağlığı uygulamaları ve araştırma boşlukları başlıkları altında sentezlenmiştir.

Biyopsikososyal Mekanizmalar ve Psikiyatrik Yük

PKOS ile ilişkili psikiyatrik yük, yalnızca hormonal veya metabolik bozukluklarla açıklanamayacak kadar çok boyutludur. Hiperandrojenizm, insülin direnci, kronik inflamasyon ve hipotalamus-hipofiz-adrenal aks disregülasyonu gibi biyolojik süreçler; beden algısı, hastalık inancı, sosyal destek, uyku kalitesi ve stigma gibi psikososyal belirleyicilerle etkileşerek depresyon ve anksiyete riskini artırmaktadır (Dubé-Zinatelli, Anderson, and Ismail 2025; Lin et al. 2021; Mojahed et al. 2023; Samad et al. 2024).

Hirsutizm, akne, kilo artışı ve menstrüel düzensizlikler gibi görünür veya günlük yaşamı etkileyen belirtiler, adölesan dönemin beden algısı ve kimlik gelişimi açısından hassas yapısıyla birleştiğinde benlik saygısını ve sosyal işlevselliği olumsuz etkileyebilir (Jakubowska-Kowal, Skrzyńska, and Gawlik 2024; Wang et al. 2024; Zeng et al. 2025). Hirsutizmin depresyon için bağımsız bir risk faktörü olabildiği; beden memnuniyetsizliği ve görünüm kaygısının ise obezite olmaksızın dahi psikolojik yük oluşturabildiği bildirilmektedir (Alkheyr et al. 2024; Pinto, Cera, and Pignatelli 2024; Wang et al. 2024).

PKOS'lu adölesanlarda depresyon riskini artıran değişkenler arasında düşük algılanan sosyal destek, kötü uyku kalitesi, olumsuz hastalık inancı, hirsutizm ve LH/FSH oranı yer almaktadır (Wang et al. 2024). Obezite ve insülin direnci, hem metabolik hem de psikiyatrik yükü artıran iki önemli belirleyicidir. Obez PKOS'lu adölesanlarda insülin direncinin kötü uyku kalitesiyle ilişkili olması, metabolik ve psikolojik sorunların birlikte ele alınması gerektiğini göstermektedir (Sun et al. 2025). Ayrıca fazla kilo algısı, obezite stigması ve beden memnuniyetsizliği depresif semptomlar, sosyal geri çekilme ve anksiyete riskini

artırabilmektedir (Förster et al. 2023; Gu et al. 2024; Hasan et al. 2022; Maffeis et al. 2024; Spadaccini et al. 2022).

Bu veriler, PKOS'un adölesanlarda yalnızca endokrinolojik veya jinekolojik bir sorun olarak değil, biyolojik, psikolojik ve sosyal bileşenleri olan multisistemik bir durum olarak ele alınması gerektiğini göstermektedir. Bu nedenle depresyon ve anksiyete riskini öngören prediktif modellerin geliştirilmesi; biyolojik belirteçler, uyku, sosyal destek, beden algısı ve davranışsal riskleri birlikte değerlendiren çok değişkenli yaklaşımlara dayanmalıdır (Ding et al. 2022; Tan et al. 2022).

Sosyal, Akademik ve Yaşam Kalitesi Üzerine Etkiler

PKOS'un fiziksel semptomları ve psikiyatrik komorbiditeleri, adölesan kızların sosyal etkileşimlerini, okul yaşamını ve akademik performansını olumsuz etkileyebilir. Düşük benlik saygısı, beden imajı sorunları ve sosyal damgalanma; sosyal geri çekilme, devamsızlık, düşük üretkenlik ve uzun vadede eğitim/kariyer gelişiminde zorlanma ile ilişkilendirilmektedir (Abdalla et al. 2021; Alkheyr et al. 2024; Elghobashy et al. 2023; Gomaa et al. 2023). Akne, hirsutizm, obezite ve infertilite kaygısı gibi semptomlar, feminen kimlik algısını ve cinsel/üreme sağlığına ilişkin geleceğe dönük kaygıları etkileyerek yaşam kalitesini azaltabilmektedir (Bahadori, Shahideh, and Mirzaei 2021; Bazarganipour et al. 2024; Lau et al. 2022).

PKOS'lu bireylerde orta-şiddetli depresyon ve şiddetli anksiyete semptomlarının genel popülasyona göre daha yüksek olduğu; bu yükün düşük yaşam kalitesi, beden algısı sorunları, infertilite kaygısı ve tedaviye uyum güçlükleriyle birlikte seyrettiği bildirilmektedir (Kataoka et al. 2024; Patten et al. 2021; Patten et al. 2023). PKOS'lu adölesanlarda yüksek öz-nesneleştirme, hastalık belirsizliği, görünüm kaygısı ve depresyon arasındaki ilişki de bu psikososyal yükün yalnızca semptom şiddetiyle değil, hastalığın birey tarafından nasıl algılandığıyla da ilişkili olduğunu göstermektedir (Yin et al. 2022).

Bu nedenle klinik değerlendirme yalnızca menstrüel düzen, hiperandrojenizm veya metabolik parametrelerle sınırlı kalmamalıdır. Beden algısı, sosyal destek, okul işlevselliği, uyku kalitesi, yeme davranışı, psikolojik dayanıklılık ve sağlık okuryazarlığı da değerlendirme sürecine dahil edilmelidir (Cowan et al. 2023; Sydora et al. 2023; Tan et al. 2022).

Davranışsal Yük: Fiziksel Aktivite, Beslenme ve Uyku

PKOS'lu adölesanlarda davranışsal yük; düşük fiziksel aktivite, sağlıksız beslenme örüntüleri, uyku düzensizlikleri ve kilo yönetiminde güçlüklerle yakından ilişkilidir (Ee et al. 2021; Li et al. 2024; Prosperi and Chiarelli 2025; Tan et al. 2022). Bu faktörler insülin direnci, hiperandrojenizm ve kardiyometabolik risk üzerinden psikiyatrik belirtilerin sürdürülmesine katkıda bulunabilir. Bu nedenle yaşam tarzı bileşenleri, yalnızca metabolik kontrol açısından değil, psikolojik dayanıklılık ve yaşam kalitesi açısından da değerlendirilmelidir.

Farmakolojik Olmayan Müdahaleler

Farmakolojik olmayan müdahaleler, PKOS'un metabolik temelini ve psikososyal sonuçlarını eş zamanlı hedefleyebilmesi nedeniyle adölesanlarda özel önem taşımaktadır. Bu yaklaşımlar içinde fiziksel aktivite, beslenme, uyku düzenlemeleri, bilişsel davranışçı terapi, akran desteği ve dijital sağlık araçları öne çıkmaktadır.

Fiziksel aktivite, beslenme ve uyku

PKOS'lu adölesanlarda davranışsal ve psikiyatrik yük çoğu zaman düşük fiziksel aktivite, sağlıksız beslenme örüntüleri, uyku düzensizlikleri ve kilo yönetiminde güçlüklerle birlikte seyretmektedir. Bu faktörler yalnızca metabolik bozulmayı derinleştirmekle kalmamakta;

insülin direnci, hiperandrojenizm ve kardiyometabolik risk üzerinden depresyon, anksiyete, düşük benlik saygısı ve duygu düzenleme güçlüklerinin sürdürülmesine de katkıda bulunabilmektedir (Ee et al. 2021; Li et al. 2024; Prosperi and Chiarelli 2025). Bu nedenle yaşam tarzı düzenlemeleri, PKOS yönetiminde yalnızca kilo kontrolüne yönelik yardımcı bir yaklaşım değil, metabolik, hormonal ve psikososyal sonuçları birlikte hedefleyen temel bir müdahale alanı olarak değerlendirilmektedir (Tan et al. 2022).

Bu kapsamda düzenli fiziksel aktivite, PKOS'lu adölesanlarda hem metabolik hem de ruhsal iyilik hâlini destekleyen önemli bir strateji olabilir. Yapılandırılmış egzersiz programları; insülin duyarlılığını, kilo yönetimini, kardiyometabolik profili ve hiperandrojenizmle ilişkili bulguları iyileştirebilmekte, aynı zamanda depresif belirtiler, anksiyete, özsaygı ve öz-yeterlik üzerinde olumlu etkiler gösterebilmektedir (Brink et al. 2025; Hasan et al. 2022; Li et al. 2024; Valerio et al. 2024; Wang et al. 2025; Zhou et al. 2025). Özellikle 8–24 haftalık düzenli ve yapılandırılmış egzersiz programlarının daha belirgin yarar sağlayabildiği; okul temelli ve akran destekli uygulamaların ise sosyal katılım, beden algısı ve benlik saygısı açısından ek kazanımlar sunabildiği bildirilmektedir (Chen et al. 2024; Jiang et al. 2025; Li et al. 2024).

Egzersizin ruh sağlığı üzerindeki etkileri yalnızca kilo kaybı veya metabolik iyileşme ile açıklanmamaktadır. Fiziksel aktivite; beta-endorfin salınımı, serotonin ve dopamin regülasyonu, BDNF ekspresyonunda artış, nöroplastisite, hipokampal nörogenez ve nöroinflamasyonun azalması gibi nörobiyolojik mekanizmalar aracılığıyla depresyon ve anksiyete semptomlarını hafifletebilmektedir (Augusto-Oliveira et al. 2023; Cao 2025; Garavito et al. 2025; Ma and Mumtaz 2025; Samsudin et al. 2024; Song et al. 2025; Yang and Sun 2025; Zhong et al. 2024). Aerobik ve direnç egzersizlerinin inflamatuar yanıtı düzenleyerek, endorfin aracılı iyilik hâlini artırarak ve bilişsel-duygusal regülasyonu destekleyerek adölesanlarda psikolojik dayanıklılığı güçlendirebildiği gösterilmiştir (Han et al. 2025; Luo et al. 2025; Wang, Zu-guo, and Luo 2023).

Beslenme düzeni de PKOS'lu adölesanlarda hem metabolik hem de psikolojik sonuçları etkileyen önemli bir yaşam tarzı bileşenidir. Akdeniz diyeti gibi kültüre uyarlanabilir beslenme modelleri; düşük glisemik indeksli, yüksek lifli, omega-3 yağ asitlerinden zengin, antioksidan ve anti-inflamatuar içerikli yaklaşımlar aracılığıyla insülin duyarlılığını, hormonal dengeyi ve inflamatuar yükü destekleyebilir (Almahareeq et al. 2024; Gautam et al. 2025; Hajivandi et al. 2022; Lorenzo et al. 2023; Solat et al. 2025; Szczuko et al. 2021). Düşük glisemik yükün azaltılması, rafine karbonhidrat tüketiminin sınırlandırılması ve yeterli protein-lif alımının sağlanması; hiperinsülinemi, kilo artışı ve androjen fazlalığıyla ilişkili akne ve hirsutizm gibi klinik bulguların kontrolüne katkıda bulunabilir (Mizgier et al. 2024; Saeed et al. 2025; Wang et al. 2024).

Uyku düzeni ise PKOS'ta çoğu zaman göz ardı edilen ancak davranışsal yükle yakından ilişkili bir diğer alandır (Teo et al. 2022; Zhang et al. 2022). Yetersiz veya düzensiz uyku; iştah regülasyonu, glukoz metabolizması, insülin duyarlılığı, stres yanıtı ve duygudurum üzerinde olumsuz etkiler oluşturarak hem metabolik riskin hem de psikiyatrik semptomların artmasına katkıda bulunabilir. Bu nedenle PKOS'lu adölesanlarda uyku hijyeninin desteklenmesi, ekran maruziyetinin ve geç saatlerde beslenmenin sınırlandırılması, düzenli uyku-uyanıklık ritminin oluşturulması ve günlük fiziksel aktiviteyle uyku kalitesinin güçlendirilmesi bütüncül yaşam tarzı müdahalelerinin önemli bir parçası olarak ele alınmalıdır.

Bununla birlikte yaşam tarzı müdahaleleri standart ve tek tip programlar şeklinde uygulanmamalıdır. Düşük kaynaklı bölgelerde gıda güvensizliği, güvenli egzersiz alanlarına erişim, aile desteği, kültürel beslenme alışkanlıkları ve sosyoekonomik koşullar müdahale başarısını doğrudan etkileyebilir (Vasudevan et al. 2025). Bu nedenle PKOS'lu adölesanlarda fiziksel aktivite, beslenme ve uyku düzenini birlikte ele alan müdahaleler; bireyselleştirilmiş,

aile katılımını içeren, kültüre duyarlı, erişilebilir ve sürdürülebilir bir çerçevede planlanmalıdır (McGowan et al. 2024; Scarfò et al. 2022). Böyle bir yaklaşım, yalnızca semptom azaltımını değil, uzun vadeli metabolik sağlık, psikolojik dayanıklılık ve yaşam kalitesinin güçlendirilmesini de hedeflemelidir.

Bilişsel davranışçı terapi ve psikolojik destek

Bilişsel davranışçı terapi (BDT), otomatik düşünceler, beden imajı bozulması, stres yanıtı, duygusal regülasyon ve tedaviye uyum üzerinde etkili olabilecek yapılandırılmış bir yaklaşımdır. BDT'nin kilo yönetimi ve yaşam tarzı müdahaleleriyle entegre edildiğinde anksiyete, depresyon, öz-yeterlik ve davranış değişikliğinin sürdürülmesi üzerinde daha belirgin yararlar sağlayabildiği bildirilmektedir (Cowan et al. 2023; Xing et al. 2022; Xie, Yang, and Zhang 2024). Ancak adölesan PKOS'a özgü doğrudan veri, erişkin çalışmalarına kıyasla daha sınırlıdır. Bu nedenle psikolojik destek, tanı anından itibaren tarama sonuçlarına göre basamaklı biçimde planlanmalı ve gerektiğinde psikiyatri/psikoloji desteğiyle güçlendirilmelidir (Simon et al. 2024).

Farkındalık temelli meditasyon ve stres yönetimi yaklaşımları da anksiyete, depresif belirtiler, beden algısı ve öz-farkındalık üzerinde destekleyici etki gösterebilir (Rao et al. 2024; Yin et al. 2022). Bu uygulamaların tek başına değil, yaşam tarzı düzenlemeleri ve psikososyal destek programlarıyla bütünleştirilmesi daha uygun görünmektedir.

Akran desteği ve okul temelli programlar

Akran desteği, yalnızlık hissini azaltma, damgalanmayı hafifletme ve öz-yönetimi güçlendirme potansiyeli taşımaktadır. Destek grupları ve akran eğitimi, deneyim paylaşımı ve başa çıkma becerileri üzerinden yaşam kalitesi ve tedavi uyumuna katkı sağlayabilir (Rao et al. 2024; Reinauer et al. 2023; Yin et al. 2022). Okul temelli programlar ise PKOS belirtileri, sağlıklı yaşam davranışları, beden algısı ve ruh sağlığı farkındalığını artırarak erken başvuru ve uygun yönlendirmeyi kolaylaştırabilir (Hajivandi et al. 2022; Jiang et al. 2025).

Okullar, adölesanlara güvenli ve erişilebilir bir ortamda sağlık eğitimi sunma potansiyeline sahiptir. Aile katılımı, psikososyal destek, beslenme danışmanlığı ve fiziksel aktivite bileşenleriyle güçlendirilmiş okul temelli modeller uzun vadeli uyumu destekleyebilir (Chen et al. 2024; Qin et al. 2025; Wang et al. 2024).

Dijital sağlık müdahaleleri

Dijital sağlık araçları, PKOS yönetiminde erişilebilirliği artıran ve davranış değişikliğini destekleyen önemli araçlar olarak öne çıkmaktadır. BDT bileşenleri içeren dijital programlar, mHealth uygulamaları, çevrimiçi yaşam tarzı seansları, dijital koçluk, hedef belirleme ve hatırlatıcı sistemler; kısa ve orta vadede psikolojik belirtiler, sağlıklı davranışlara uyum ve semptom izlemi üzerinde olumlu katkılar sağlayabilir (Akter et al. 2026; Linardon et al. 2024; Mohamed et al. 2023; Zeng et al. 2026).

Dijital BDT uygulamalarının geleneksel BDT'ye benzer etkiler gösterebildiği ve heterojen depresif semptomlara uyarlanabilir bir yapı sunduğu bildirilmektedir (Alsalloum, Dalibalta, and Hadijat 2025; Kulikov et al. 2023). Mobil uygulamalar, düzenli izlem, akran desteği, koçluk ve geri bildirim mekanizmaları yoluyla davranış değişikliğinin sürdürülebilirliğini artırabilir (Mens et al. 2022; Shah et al. 2022; Wang et al. 2022). Bununla birlikte uzun dönem etkinlik, veri güvenliği, erişim eşitliği ve dijital okuryazarlık gibi konular dikkate alınmalıdır.

Yapay zekâ destekli prediktif modeller, risk sınıflaması ve kişiselleştirilmiş yaşam tarzı önerileri açısından gelecek vadetmektedir. Ancak bu modellerin klinik entegrasyonu için açıklanabilirlik, güvenilirlik, veri temsiliyeti ve etik kullanım ilkeleri önemlidir (Ghaderzadeh, Garavand, and Salehnasab 2025; Guixue et al. 2023; Shahmoradi et al. 2024).

Halk Sağlığı ve Politika Perspektifi

Adölesan PKOS, bireysel klinik yönetimin ötesinde halk sağlığı yaklaşımı gerektiren bir durumdur. Erken tanı, rutin ruh sağlığı taraması, multidisipliner bakım, okul temelli farkındalık programları, sağlık okuryazarlığı ve dijital destek sistemleri uzun vadeli komplikasyonların azaltılmasında temel stratejilerdir (Kazemi et al. 2022; Malhotra and Kempegowda 2023; Teede et al. 2024).

Ulusal düzeyde standardize tarama ve yönlendirme protokolleri, adölesan izlemlerine entegre edilmelidir. Menstrüel düzensizlik, akne, hirsutizm, obezite ve insülin direnci gibi bulgular erken dönemde değerlendirilerek diyabet, kardiyovasküler hastalıklar ve psikiyatrik komorbiditeler açısından risk azaltımı sağlanabilir (Balkrishna et al. 2025; Peebles et al. 2025; Prosperi and Chiarelli 2025). Pediatristler, aile hekimleri, kadın doğum uzmanları, endokrinologlar, diyetisyenler ve ruh sağlığı uzmanları arasında yapılandırılmış iş birliği gereklidir (Chai et al. 2025; Melson et al. 2023; Zhao et al. 2023).

Toplum temelli farkındalık kampanyaları, PKOS'un belirtileri, tanı kriterleri ve yönetim stratejileri hakkında genç kızların, ailelerin ve sağlık profesyonellerinin bilgi düzeyini artırmalıdır. PKOS tanısı alan kadınların önemli bir bölümünün tanı sürecinde zorluk yaşadığı ve birden fazla uzmana başvurduğu bildirildiğinden, primer sağlık hizmetlerinde standardize yaklaşımın yaygınlaştırılması önemli potansiyel taşımaktadır (Deng et al. 2021; Ismayilova and Yaya 2022; Stener-Victorin et al. 2024). Güvenilir, anlaşılır ve kültüre duyarlı bilgi materyalleri; stigma düzeyini azaltabilir, erken başvuruyu kolaylaştırabilir ve hasta memnuniyetini artırabilir (Elghobashy et al. 2023; Lau et al. 2022; Vågenes and Pranić 2023).

Politika düzeyinde, adölesanlara özgü tanı kriterlerini ve psikiyatrik tarama basamaklarını içeren kılavuzlar geliştirilmelidir. Bu kılavuzlar yalnızca biyolojik belirteçlere değil, beden algısı, sosyal medya kullanımı, problematik internet kullanımı, yeme davranışı, sağlık okuryazarlığı ve ruh sağlığı risklerine de yer vermelidir (Dadi, Dachew, and Tessema 2024; Nagata et al. 2025; Nawaz et al. 2024; Peña et al. 2025). Sağlık profesyonellerinin sürekli eğitimi, tanısal gecikmeleri azaltma ve bütüncül bakım kalitesini artırma açısından önemlidir (Hajivandi et al. 2022; Ismayilova and Yaya 2022).

ARAŞTIRMA BOŞLUKLARI

Mevcut literatür, adölesan PKOS'ta psikiyatrik ve davranışsal yükün önemli olduğunu göstermektedir; ancak doğrudan adölesan örneklemlerinde yürütülen yüksek kaliteli müdahale çalışmaları sınırlıdır. Erişkin PKOS literatürü destekleyici kanıt sağlamakla birlikte, adölesan dönemin gelişimsel özellikleri nedeniyle bulgular doğrudan genellenmemelidir. Bu nedenle adölesanlara özgü fiziksel aktivite, beslenme, BDT, dijital sağlık ve akran destek programlarının etkinliğini değerlendiren randomize kontrollü çalışmalara ihtiyaç vardır (Butt et al. 2023; Chen et al. 2024; Joshi 2024).

Gelecek çalışmalar, PKOS fenotiplerine göre psikiyatrik risk farklılıklarını, metabolik belirteçlerle ruh sağlığı semptomları arasındaki ilişkileri, uzun dönem yaşam kalitesi çıktılarını ve maliyet-etkin bakım modellerini değerlendirmelidir (Brink et al. 2025; Li et al. 2024; Piltonen, Arffman, and Joham 2021; Zheng et al. 2025). Ayrıca düşük ve orta gelirli ülkelerde erişim, kültürel uygunluk, gıda güvencesi, dijital eşitsizlik ve sağlık okuryazarlığı gibi belirleyicilerin müdahale başarısına etkisi araştırılmalıdır (Lim et al. 2025; Vasudevan et al. 2025).

SONUÇ

Adölesanlarda Polikistik Over Sendromu, yalnızca üreme sistemiyle sınırlı olmayan; hormonal, metabolik, psikolojik, davranışsal ve sosyal bileşenleri olan çok boyutlu bir klinik ve halk sağlığı sorunudur. Tanısal belirsizlikler, hiperandrojenizm, insülin direnci, kilo yönetiminde güçlükler, beden imajı bozulması, uyku sorunları, düşük sosyal destek ve obezite stigması; depresyon, anksiyete, yeme davranışı sorunları ve yaşam kalitesinde azalma gibi psikiyatrik ve davranışsal yükleri artırabilmektedir. Bu nedenle adölesan PKOS yönetimi, yalnızca menstrüel düzensizlik, akne, hirsutizm veya metabolik parametrelerin kontrolüne indirgenmemeli; ruh sağlığı, beden algısı, uyku kalitesi, beslenme davranışı, fiziksel aktivite düzeyi ve sosyal işlevsellik gibi alanları da kapsayan bütüncül bir yaklaşımla ele alınmalıdır.

Farmakolojik olmayan müdahaleler, bu bütüncül yaklaşımın temel bileşenlerinden biridir. Düzenli fiziksel aktivite, dengeli ve kültüre duyarlı beslenme modelleri, uyku hijyeninin desteklenmesi, bilişsel davranışçı terapi, farkındalık temelli uygulamalar, akran desteği, okul temelli programlar ve dijital sağlık çözümleri; adölesanlarda hem metabolik risklerin azaltılması hem de psikolojik dayanıklılığın güçlendirilmesi açısından önemli potansiyel taşımaktadır. Özellikle fiziksel aktivite, beslenme ve uyku düzenini birlikte hedefleyen sürdürülebilir yaşam tarzı müdahaleleri, PKOS'a bağlı semptom yönetiminin ötesinde, öz-yönetim becerilerinin geliştirilmesi ve uzun dönem yaşam kalitesinin artırılması açısından değerli görünmektedir.

Bununla birlikte, mevcut kanıtların önemli bir kısmı erişkin PKOS literatüründen veya genel adölesan sağlığı çalışmalarından elde edilmektedir. Bu nedenle adölesan PKOS'a özgü, uzun dönem izlem içeren, iyi tasarlanmış müdahale çalışmalarına ihtiyaç devam etmektedir. Gelecekteki araştırmalar; fiziksel aktivite, beslenme, uyku, psikolojik destek ve dijital sağlık uygulamalarının tek başına ve birlikte etkilerini değerlendirmeli; farklı sosyoekonomik, kültürel ve klinik fenotiplere sahip adölesan gruplarında uygulanabilir ve maliyet-etkin bakım modellerini incelemelidir. Klinik uygulama ve halk sağlığı politikaları ise PKOS'un biyolojik, psikolojik ve sosyal yönlerini birlikte hedefleyen; adölesanlara özgü, erişilebilir, aile destekli, kültüre duyarlı ve sürdürülebilir bakım modelleri üzerine yapılandırılmalıdır.

REFERANSLAR

Abdalla M, Deshmukh H, Mohammed I, Atkin SL, Reid M, Sathyapalan T. The Effect of Free Androgen Index on the Quality of Life of Women With Polycystic Ovary Syndrome: A Cross-Sectional Study. Frontiers in Physiology. 2021;12. doi:10.3389/fphys.2021.652559

Akter S, Mahjebin F, Hawlader MDH, et al. Effects of digital health education intervention on stress, anxiety and depression of patients with polycystic ovarian syndrome: study protocol for a single blinded randomized controlled trial. AIMS Public Health. 2026;13(1):105. doi:10.3934/publichealth.2026007

Alkheyr Z, Murad MH, Das P, et al. Self-esteem and body image satisfaction in women with PCOS in the Middle East: Cross-sectional social media study. PLoS ONE. 2024;19(4). doi:10.1371/journal.pone.0301707

Almahareeq M, Hamdan M, Vanoh D, et al. Comparison of premenstrual symptoms, psychological well-being, and nutritional status between Palestinian women with and without polycystic ovarian syndrome: a case-control study. BMC Women s Health. 2024;24(1). doi:10.1186/s12905-024-03210-z

Alsalloum GA, Dalibalta S, Hadijat Y. Harnessing digital health interventions to address the heterogeneity of depression: a systematic review. Frontiers in Digital Health. 2025;7:1654745. doi:10.3389/fdgth.2025.1654745

Asadi DM, Tajrishi KZ, Banafsheh G. Mindfulness Training Intervention With the Persian Version of the Mindfulness Training Mobile App for Premenstrual Syndrome: A Randomized Controlled Trial. Frontiers in Psychiatry. 2022;13. doi:10.3389/fpsyt.2022.922360

Augusto-Oliveira M, Arrifano G de P, Leal-Nazaré CG, et al. Exercise Reshapes the Brain: Molecular, Cellular, and Structural Changes Associated with Cognitive Improvements. Molecular Neurobiology. 2023;60(12):6950. doi:10.1007/s12035-023-03492-8

Bahadori F, Shahideh JS, Mirzaei N. Health related quality of life and psychological parameters in different polycystic ovary syndrome phenotypes: a comparative cross-sectional study. Journal of Ovarian Research. 2021;14(1). doi:10.1186/s13048-021-00811-2

Balkrishna A, Rana M, Mishra S, et al. Exploring the therapeutic potential of phytochemicals apigenin and ellagic acid in managing polycystic ovarian syndrome and its comorbidities: a comprehensive review. Frontiers in Endocrinology. 2025;16:1633377. doi:10.3389/fendo.2025.1633377

Bazarganipour F, Taghavi SA, Montazeri A, Ahmadi F, Derakhshideh Z, Asadikalameh Z. Psychometric properties of the Iranian version of the polycystic ovary syndrome quality of life questionnaire for married and unmarried women with PCOS: PCOSQoL-47 and PCOSQoL-42. BMC Psychology. 2024;12(1):722. doi:10.1186/s40359-024-02158-x

Bhattacharya K, Dey R, Sen D, et al. Polycystic ovary syndrome and its management: In view of oxidative stress. BioMolecular Concepts. 2024;15(1). doi:10.1515/bmc-2022-0038

Brink HV, McCormick KC, Lujan ME, et al. Psychological symptoms in perimenarcheal adolescents: association with PCOS risk factors. Frontiers in Endocrinology. 2025;16:1551958. doi:10.3389/fendo.2025.1551958

Butt MS, Saleem J, Zakar R, Aiman S, Khan MZ, Fischer F. Benefits of physical activity on reproductive health functions among polycystic ovarian syndrome women: a systematic review. BMC Public Health. 2023;23(1). doi:10.1186/s12889-023-15730-8

Calcaterra V, Marin L, Vandoni M, et al. Childhood Obesity and Incorrect Body Posture: Impact on Physical Activity and the Therapeutic Role of Exercise. International Journal of Environmental Research and Public Health. 2022;19(24):16728. doi:10.3390/ijerph192416728

Cao X. Comparative effects of exercise type and dose on depression in children and adolescents: a network meta-analysis. Frontiers in Psychology. 2025;16. doi:10.3389/fpsyg.2025.1632111

Chai O, Feng X, Tang N, et al. Global and regional burden of polycystic ovary syndrome, 1990–2021: a systematic analysis of the global burden of disease study 2021. BMC Women s Health. 2025;25(1). doi:10.1186/s12905-025-03976-w

Chen LS, Liu Q, Xu F, et al. Effect of physical activity on anxiety, depression and obesity index in children and adolescents with obesity: A meta-analysis. Journal of Affective Disorders. 2024;354:275. doi:10.1016/j.jad.2024.02.092

Chen Y, Tang Y, Li X, Wang X. What can we do for the adolescents with polycystic ovary syndrome? World Journal of Pediatrics. November 2024. doi:10.1007/s12519-024-00857-4

Ciren Z, Tsui HKH, Chan SKW. Effects of Resilience Interventions for Adolescents and Young Adults Without Psychiatric Diagnoses: A Systematic Review and Network Meta-analysis of

Randomized Controlled Trials. Adolescent Research Review. August 2025. doi:10.1007/s40894-025-00270-6

Consorti A, Marco ID, Sansevero G. Physical Exercise Modulates Brain Physiology Through a Network of Long- and Short-Range Cellular Interactions. Frontiers in Molecular Neuroscience. 2021;14:710303. doi:10.3389/fnmol.2021.710303

Cowan S, Lim S, Alycia C, et al. Lifestyle management in polycystic ovary syndrome – beyond diet and physical activity. BMC Endocrine Disorders. 2023;23(1). doi:10.1186/s12902-022-01208-y

Dadi AF, Dachew BA, Tessema GA. Problematic internet use: A growing concern for adolescent health and well-being in a digital era. Journal of Global Health. 2024;14. doi:10.7189/jogh.14.03034

Dahlgren CL, Sundgot-Borgen J, Kvalem IL, Wennersberg A, Wisting L. Further evidence of the association between social media use, eating disorder pathology and appearance ideals and pressure: a cross-sectional study in Norwegian adolescents. Journal of Eating Disorders. 2024;12(1). doi:10.1186/s40337-024-00992-3

Dai Y, Ouyang N. Excessive screen time is associated with mental health problems in US children and adolescents: physical activity and sleep as parallel mediators. Humanities and Social Sciences Communications. 2026;13(1). doi:10.1057/s41599-026-06609-1

Dane A, Bhatia K. The social media diet: A scoping review to investigate the association between social media, body image and eating disorders amongst young people. PLOS Global Public Health. 2023;3(3). doi:10.1371/journal.pgph.0001091

Deng Y, Wang Y, Zhu S, et al. Is polycystic ovary syndrome appropriately diagnosed by obstetricians and gynaecologists across China: a nationwide survey. Journal of Ovarian Research. 2021;14(1). doi:10.1186/s13048-021-00780-6

Ding R, Heng Z, Yan X, et al. Development and validation of a prediction model for depression in adolescents with polycystic ovary syndrome: A study protocol. Frontiers in Psychiatry. 2022;13. doi:10.3389/fpsyt.2022.984653

Dubé-Zinatelli E, Anderson F, Ismail N. The overlooked mental health burden of polycystic ovary syndrome: neurobiological insights into PCOS-related depression. Frontiers in Neuroendocrinology. 2025;78:101203. doi:10.1016/j.yfrne.2025.101203

Eather N, Wade L, Pankowiak A, Eime R. The impact of sports participation on mental health and social outcomes in adults: a systematic review and the ‘Mental Health through Sport’ conceptual model. Systematic Reviews. 2023;12(1):102. doi:10.1186/s13643-023-02264-8

Ee C, Pirotta S, Mousa A, Moran L, Lim S. Providing lifestyle advice to women with PCOS: an overview of practical issues affecting success. BMC Endocrine Disorders. 2021;21(1). doi:10.1186/s12902-021-00890-8

Elghobashy M, Lau GM, Davitadze M, et al. Concerns and expectations in women with polycystic ovary syndrome vary across age and ethnicity: findings from PCOS Pearls Study. Frontiers in Endocrinology. 2023;14:1175548. doi:10.3389/fendo.2023.1175548

Farnesi B, Kaffash K, Cohen TR, Alberga AS. A qualitative exploration on the needs of health care providers working with adolescents who are undergoing bariatric surgery. Obesity Pillars. 2023;6:100067. doi:10.1016/j.obpill.2023.100067

Förster LJ, Vogel M, Stein R, et al. Mental health in children and adolescents with overweight or obesity. BMC Public Health. 2023;23(1):135. doi:10.1186/s12889-023-15032-z

Fu Q, Li L, Q L, Wang J. The effects of physical activity on the mental health of typically developing children and adolescents: a systematic review and meta-analysis. BMC Public Health. 2025;25(1):1514. doi:10.1186/s12889-025-22690-8

Garavito AR, Martínez V, Cortés E, Díaz JVN, Díaz LR. Impact of physical exercise on the regulation of brain-derived neurotrophic factor in people with neurodegenerative diseases. Frontiers in Neurology. 2025;15. doi:10.3389/fneur.2024.1505879

Gautam R, Maan P, Jyoti A, Kumar A, Malhotra N, Arora T. The Role of Lifestyle Interventions in PCOS Management: A Systematic Review. Nutrients. 2025;17(2):310. doi:10.3390/nu17020310

Ghaderzadeh M, Garavand A, Salehnasab C. Artificial intelligence in polycystic ovary syndrome: a systematic review of diagnostic and predictive applications. BMC Medical Informatics and Decision Making. 2025;25(1):427. doi:10.1186/s12911-025-03255-6

Gomaa MA, Desoky AA, Amer D, Alaa D, Khalil MA. Impulsivity, depression, and suicide in female patients with polycystic ovary syndrome and infertility. Middle East Current Psychiatry. 2023;30(1). doi:10.1186/s43045-023-00386-2

Gu W, Yu X, Tan Y, Yu Z, Zhu J. Association between weight, weight perception, weight teasing and mental health among adolescents. Child and Adolescent Psychiatry and Mental Health. 2024;18(1):39. doi:10.1186/s13034-024-00730-2

Guixue G, Yifu P, Yuan G, et al. Progress of the application clinical prediction model in polycystic ovary syndrome. Journal of Ovarian Research. 2023;16(1). doi:10.1186/s13048-023-01310-2

Hajivandi L, Noroozi M, Mostafavi F, Ekramzadeh M. Health system-related needs for healthy nutritional behaviors in adolescent girls with polycystic ovary syndrome (PCOS): a qualitative study in Iran. BMC Health Services Research. 2022;22(1). doi:10.1186/s12913-022-08334-2

Han X, Li H, Xiao C, et al. Physical activity enhances college students' mental health through social adaptability and exercise behavior chain mediation. Scientific Reports. 2025;15(1):21127. doi:10.1038/s41598-025-07791-z

Hasan M, Sultana S, Sohan Md, et al. Prevalence and associated risk factors for mental health problems among patients with polycystic ovary syndrome in Bangladesh: A nationwide cross—Sectional study. PLoS ONE. 2022;17(6). doi:10.1371/journal.pone.0270102

Hazell P, Balzer BWR, Garden F, et al. Association of urinary sex hormones with mood and behavior changes in a community adolescent cohort. PLoS ONE. 2023;18(10). doi:10.1371/journal.pone.0293040

Ho PTN, Bich THP, Tong T, et al. Mechanisms Linking Physical Activity with Psychiatric Symptoms Across the Lifespan: A Systematic Review. Sports Medicine. 2023;53(11):2171. doi:10.1007/s40279-023-01895-0

Ismayilova M, Yaya S. What can be done to improve polycystic ovary syndrome (PCOS) healthcare? Insights from semi-structured interviews with women in Canada. BMC Women s Health. 2022;22(1). doi:10.1186/s12905-022-01734-w

Jafar NKA, Bennett C, Moran L, Mansfield D. Beyond Counting Sheep: Exploring the Link between Polycystic Ovary Syndrome and Sleep Health. Seminars in Reproductive Medicine. 2023;41:45. doi:10.1055/s-0043-1777724

Jakubowska-Kowal K, Skrzyńska K, Gawlik A. Treatment and complications of PCOS in adolescents - what's new in 2023? Frontiers in Endocrinology. 2024;15:1436952. doi:10.3389/fendo.2024.1436952

Jeremić E. The benefits of a multidisciplinary approach in the treatment of young women with polycystic ovary syndrome — combining medicine and psychology. Journal of Pediatric and Adolescent Gynecology. 2023;36(2):252. doi:10.1016/j.jpag.2023.01.200

Jiang Y, Liu C, Yan J, Wang L. The joint role of school adaptation and physical activity in the nonlinear effect of adolescent self-control and mental health. Scientific Reports. 2025;15(1):25277. doi:10.1038/s41598-025-10011-3

Jin L, Yu J, Chen Y, Pang H, Sheng J, Huang H. Polycystic Ovary Syndrome and Risk of Five Common Psychiatric Disorders Among European Women: A Two-Sample Mendelian Randomization Study. Frontiers in Genetics. 2021;12. doi:10.3389/fgene.2021.689897

Joham AE, Piltonen T, Lujan ME, Kiconco S, Tay CT. Challenges in diagnosis and understanding of natural history of polycystic ovary syndrome. Clinical Endocrinology. 2022;97(2):165. doi:10.1111/cen.14757

Joshi A. PCOS stratification for precision diagnostics and treatment. Frontiers in Cell and Developmental Biology. 2024;12. doi:10.3389/fcell.2024.1358755

Kamrul-Hasan AB, Aalpona FTZ, Selim S. Clinical, Metabolic and Hormonal Profiles of Bangladeshi Adolescents with Polycystic Ovary Syndrome. Touch REVIEWS in Endocrinology. 2021;17(1):54. doi:10.17925/ee.2021.17.1.54

Kataoka J, Olsson M, Lindgren E, et al. Effects of weight loss intervention on anxiety, depression and quality of life in women with severe obesity and polycystic ovary syndrome. Scientific Reports. 2024;14(1):13495. doi:10.1038/s41598-024-63166-w

Kazemi M, Kim JY, Wan C, et al. Comparison of dietary and physical activity behaviors in women with and without polycystic ovary syndrome: a systematic review and meta-analysis of 39471 women. Human Reproduction Update. 2022;28(6):910. doi:10.1093/humupd/dmac023

Khanal SP, Budhathoki CB, Okan O. Effectiveness of a school-based health literacy intervention in improving adolescent health literacy and the intention to take health-promoting actions. BMC Public Health. 2025;25(1):3551. doi:10.1186/s12889-025-24827-1

Kim B, Jeong D, Choi Y, Choi Y, Kim H, Han K. Enhancing Mindfulness-Based Cognitive Therapy in a Virtual Reality: A Prospective Interventional Study. Scientific Reports. 2025;15(1):29534. doi:10.1038/s41598-025-01359-7

Koreshe E, Paxton SJ, Miskovic-Wheatley J, et al. Prevention and early intervention in eating disorders: findings from a rapid review. Journal of Eating Disorders. 2023;11(1). doi:10.1186/s40337-023-00758-3

Kulikov V, Crosthwaite PC, Hall SA, et al. A CBT-based mobile intervention as an adjunct treatment for adolescents with symptoms of depression: a virtual randomized controlled feasibility trial. Frontiers in Digital Health. 2023;5. doi:10.3389/fdgth.2023.1062471

Lau GM, Elghobashy M, Thanki M, et al. A systematic review of lived experiences of people with polycystic ovary syndrome highlights the need for holistic care and co-creation of educational resources. Frontiers in Endocrinology. 2022;13. doi:10.3389/fendo.2022.1064937

Li H, Hao F. The influence of physical activity on the mental health of high school students: the chain mediating effects of social support and self-esteem. Scientific Reports. 2025;15(1):27537. doi:10.1038/s41598-025-11952-5

Li L, Kang Z, Chen P, Niu B, Wang Y, Yang L. Association between mild depressive states in polycystic ovary syndrome and an unhealthy lifestyle. Frontiers in Public Health. 2024;12. doi:10.3389/fpubh.2024.1361962

Li W, Liu Y, Deng J, Wang T. Influence of aerobic exercise on depression in young people: a meta-analysis. BMC Psychiatry. 2024;24(1):571. doi:10.1186/s12888-024-06013-6

Li Y, Zhang J, Zheng X, et al. Depression, anxiety and self-esteem in adolescent girls with polycystic ovary syndrome: a systematic review and meta-analysis. Frontiers in Endocrinology. 2024;15:1399580. doi:10.3389/fendo.2024.1399580

Li Z, Li J, Kong J, Li Z, Wang R, Jiang F. Adolescent mental health interventions: a narrative review of the positive effects of physical activity and implementation strategies. Frontiers in Psychology. 2024;15. doi:10.3389/fpsyg.2024.1433698

Li Z, Lu F, Wu J, et al. Usability and Effectiveness of eHealth and mHealth Interventions That Support Self-Management and Health Care Transition in Adolescents and Young Adults With Chronic Disease: Systematic Review. Journal of Medical Internet Research. 2024;26. doi:10.2196/56556

Lim CYS, Loke KY, Varughese SM, Lee YS, Ng NK. Evaluation and Management of Polycystic Ovarian Syndrome (PCOS) in Adolescents With Obesity: A Scoping Review of National and International Obesity and PCOS Management Guidelines. Obesity Reviews. December 2025. doi:10.1111/obr.70072

Lin H, Liu M, Zhong D, et al. The Prevalence and Factors Associated With Anxiety-Like and Depression-Like Behaviors in Women With Polycystic Ovary Syndrome. Frontiers in Psychiatry. 2021;12. doi:10.3389/fpsyt.2021.709674

Linardon J, Torous J, Firth J, Cuijpers P, Messer M, Fuller-Tyszkiewicz M. Current evidence on the efficacy of mental health smartphone apps for symptoms of depression and anxiety. A meta-analysis of 176 randomized controlled trials. World Psychiatry. 2024;23(1):139. doi:10.1002/wps.21183

Lonardo MS, Cacciapuoti N, Guida B, et al. Hypothalamic-Ovarian axis and Adiposity Relationship in Polycystic Ovary Syndrome: Physiopathology and Therapeutic Options for the Management of Metabolic and Inflammatory Aspects. Current Obesity Reports. 2024;13(1):51. doi:10.1007/s13679-023-00531-2

Lorenzo MD, Cacciapuoti N, Lonardo MS, et al. Pathophysiology and Nutritional Approaches in Polycystic Ovary Syndrome (PCOS): A Comprehensive Review. Current Nutrition Reports. 2023;12(3):527. doi:10.1007/s13668-023-00479-8

Luo X, Liu H, Sun Z, et al. Gender moderates the mediating effect of psychological capital between physical activity and depressive symptoms among adolescents. Scientific Reports. 2025;15(1):10868. doi:10.1038/s41598-025-95186-5

Ma Y, Mumtaz SA. The long-term mental health benefits of exercise training for physical education students: a comprehensive review of neurobiological, psychological, and social effects. Frontiers in Psychiatry. 2025;16. doi:10.3389/fpsyt.2025.1678367

Maffeis C, Busetto L, Waśniewska M, Pauli DD, Maccora C, Lenzi A. Perceptions, attitudes, and behaviors among adolescents living with obesity, caregivers, and healthcare professionals in Italy: the ACTION Teens study. Eating and Weight Disorders - Studies on Anorexia Bulimia and Obesity. 2024;29(1). doi:10.1007/s40519-024-01663-7

Malhotra K, Kempegowda P. Appraising Unmet Needs and Misinformation Spread About Polycystic Ovary Syndrome in 85,872 YouTube Comments Over 12 Years: Big Data Infodemiology Study. Journal of Medical Internet Research. 2023;25. doi:10.2196/49220

Malhotra K, Pan CSC, Davitadze M, Kempegowda P. Identifying the challenges and opportunities of PCOS awareness month by analysing its global digital impact. Frontiers in Endocrinology. 2023;14. doi:10.3389/fendo.2023.1109141

Mambetalina A, Madazimova K. Comparative effects of multimodal, traditional, and technology-based interventions on stress and well-being. Scientific Reports. 2025;16(1):1420. doi:10.1038/s41598-025-31505-0

Mazzeo SE, Weinstock M, Vashro T, Henning T, Derrigo K. Mitigating Harms of Social Media for Adolescent Body Image and Eating Disorders: A Review. Psychology Research and Behavior Management. July 2024:2587. doi:10.2147/prbm.s410600

McGowan MM, Garad R, Wadhwani G, et al. Understanding barriers and facilitators to lifestyle management in people with polycystic ovary syndrome: A mixed method systematic review. Obesity Reviews. 2024;26(2). doi:10.1111/obr.13854

Melson E, Davitadze M, Malhotra K, et al. A systematic review of models of care for polycystic ovary syndrome highlights the gap in the literature, especially in developing countries. Frontiers in Endocrinology. 2023;14:1217468. doi:10.3389/fendo.2023.1217468

Mens MMJ, Keijsers L, Dietvorst E, Koval S, Legerstee JS, Hillegers MHJ. Promoting Daily Well-being in Adolescents using mHealth. Journal of Youth and Adolescence. 2022;51(11):2173. doi:10.1007/s10964-022-01656-8

Mizgier M, Więckowska B, Formanowicz D, et al. Effects of AIDiet intervention to improve diet quality, immuno-metabolic health in normal and overweight PCOS girls: a pilot study. Scientific Reports. 2024;14(1). doi:10.1038/s41598-024-54100-1

Mohamed NA, Alanzi ARA, Azizan NA, Azizan SA, Samsudin N, Jenatabadi HS. Evaluation of depression and obesity indices based on applications of ANOVA, regression, structural equation modeling and Taguchi algorithm process. Frontiers in Psychology. 2023;14. doi:10.3389/fpsyg.2023.1060963

Mojahed BS, Ghajarzadeh M, Khammar R, Shahraki Z. Depression, sexual function and sexual quality of life in women with polycystic ovary syndrome (PCOS) and healthy subjects. Journal of Ovarian Research. 2023;16(1). doi:10.1186/s13048-023-01171-9

Moosazadeh M, Hosseini SH, Tabaghdehi MH, Shafiei M, Ghadirzadeh E. The association between age at menarche and depression: a cross-sectional analysis of the TABARI cohort at enrollment phase. BMC Psychiatry. 2025;25(1):277. doi:10.1186/s12888-025-06667-w

Naeem I, Zehra A, Rehman F, et al. Polycystic ovarian syndrome a risk factor for non-communicable diseases: insights into recent research and prevention approaches. Journal of Ovarian Research. 2025;18(1):219. doi:10.1186/s13048-025-01741-z

Nagata JM, Hur JO, Talebloo J, et al. Problematic Social Media Use Interventions for Mental Health Outcomes in Adolescents. Current Psychiatry Reports. 2025;27(9):491. doi:10.1007/s11920-025-01619-3

Nawaz FA, Riaz MMA, Banday N ul ain, et al. Social media use among adolescents with eating disorders: a double-edged sword. Frontiers in Psychiatry. 2024;15. doi:10.3389/fpsyt.2024.1300182

Nayman S, Klusmann H. Menstrual cycle and mental health in adolescents: a developmental neuroendocrine perspective. Neuropsychopharmacology. 2025;51(1):356. doi:10.1038/s41386-025-02184-2

Nelson K, Shirin S, Kalidasan D, Prior JC. Experiences of women living with Polycystic Ovary Syndrome: A pilot case-control, single-cycle, daily Menstrual Cycle Diary study during the SARS-CoV-2 pandemic. PLoS ONE. 2023;18(12). doi:10.1371/journal.pone.0296377

Nelson LM, Spencer H, Hijane K, et al. My 28 Days - a global digital women's health initiative for evaluation and management of secondary amenorrhea: case report and literature review. Frontiers in Endocrinology. 2023;14. doi:10.3389/fendo.2023.1227253

Osborne EL, Ainsworth B, Hooper N, Chadwick P, Atkinson M. Developing a digital mindfulness-based intervention to improve body image and reduce risk factors for disordered eating: Integrating theory, evidence, and the person-based approach. Body Image. 2025;54:101925. doi:10.1016/j.bodyim.2025.101925

Özenoğlu A, GÜN B, KARADENİZ B, et al. Yetişkinlerde Beslenme Okuryazarlığın Sağlıklı Beslenmeye İlişkin Tutumlar ve Beden Kütle İndeksi İle İlişkisi. DergiPark (Istanbul University). January 2021. https://dergipark.org.tr/tr/pub/nwsals/issue/59902/770776. Accessed April 2025.

Patten RK, McIlvenna LC, Moreno-Asso A, et al. Efficacy of high-intensity interval training for improving mental health and health-related quality of life in women with polycystic ovary syndrome. Scientific Reports. 2023;13(1). doi:10.1038/s41598-023-29503-1

Patten RK, Pascoe MC, Moreno-Asso A, Boyle RA, Stepto NK, Parker A. Effectiveness of exercise interventions on mental health and health-related quality of life in women with polycystic ovary syndrome: a systematic review. BMC Public Health. 2021;21(1). doi:10.1186/s12889-021-12280-9

Peebles E, Wang Z, Dracup E, et al. Utilizing a digital cohort to understand the health burden and lifestyle characteristics across the life course in individuals with polycystic ovary syndrome and possible PCOS. Frontiers in Endocrinology. 2025;16. doi:10.3389/fendo.2025.1585628

Peña A, Witchel SF, Boivin J, et al. International evidence-based recommendations for polycystic ovary syndrome in adolescents. BMC Medicine. 2025;23(1):151. doi:10.1186/s12916-025-03901-w

Peña A, Witchel SF, Hoeger KM, et al. Adolescent polycystic ovary syndrome according to the international evidence-based guideline. BMC Medicine. 2020;18(1). doi:10.1186/s12916-020-01516-x

Piltonen T, Arffman RK, Joham AE. Natural History of Polycystic Ovary Syndrome and New Advances in the Epidemiology. Seminars in Reproductive Medicine. 2021;39:94. doi:10.1055/s-0041-1735211

Pinto J, Cera N, Pignatelli D. Psychological symptoms and brain activity alterations in women with PCOS and their relation to the reduced quality of life: a narrative review. Journal of Endocrinological Investigation. 2024;47(7):1. doi:10.1007/s40618-024-02329-y

Prosperi S, Chiarelli F. Insulin resistance, metabolic syndrome and polycystic ovaries: an intriguing conundrum. Frontiers in Endocrinology. 2025;16:1669716. doi:10.3389/fendo.2025.1669716

Qin H, Liu H, Sun J, et al. Trends and projections of polycystic ovary syndrome burden in China: Insights from the Global Burden of Disease Study 2021. PLoS ONE. 2025;20(9). doi:10.1371/journal.pone.0332082

Rajan A, Kumar M, P PR. Effects of mindfulness-based interventions on perceived stress among non-clinical adults: a systematic review and meta-analysis. npj Mental Health Research. 2026;5(1):9. doi:10.1038/s44184-026-00188-4

Rao V, Peña A, James A, et al. The role of meditation and mindfulness in the management of polycystic ovary syndrome: a scoping review. Frontiers in Endocrinology. 2024;15:1295705. doi:10.3389/fendo.2024.1295705

Reinauer C, Tittel SR, Mueller-Stierlin AS, et al. Outpatient screening for anxiety and depression symptoms in adolescents with type 1 diabetes - a cross-sectional survey. Child and Adolescent Psychiatry and Mental Health. 2023;17(1). doi:10.1186/s13034-023-00691-y

Saeed AAM, Noreen S, Awlqadr FH, et al. Nutritional and herbal interventions for polycystic ovary syndrome (PCOS): a comprehensive review of dietary approaches, macronutrient impact, and herbal medicine in management. Journal of Health Population and Nutrition. 2025;44(1):143. doi:10.1186/s41043-025-00899-y

Salajegheh Z, Ahmadi A, Shahrahmani H, et al. Mindfulness-based stress reduction (MBSR) effects on the worries of women with poly cystic ovary syndrome (PCOS). BMC Psychiatry. 2023;23(1). doi:10.1186/s12888-023-04671-6

Samad M, Ek CJ, Börchers S, et al. Elevated circulating adiponectin levels do not prevent anxiety-like behavior in a PCOS-like mouse model. Scientific Reports. 2024;14(1). doi:10.1038/s41598-023-50503-8

Samsudin N, Bailey R, Ríes F, Hashim SNA, Fernandez JA. Assessing the impact of physical activity on reducing depressive symptoms: a rapid review. BMC Sports Science Medicine and Rehabilitation. 2024;16(1). doi:10.1186/s13102-024-00895-5

Santana KS, Fonseca SJ, Queiroz C, Oliveira AJ, Machado S, Neto G de AM. Psychological Aspects, Physical Activity Levels and Overweight Concerns: A Cross-over Study of Brazilian Adolescents. Clinical Practice and Epidemiology in Mental Health. 2022;18(1). doi:10.2174/17450179-v18-e221020-2022-15

Santos ÍK dos, Pichini GS, Ferreira CDDML, et al. Effects of high-intensity interval training in combination with detraining on mental health in women with polycystic ovary syndrome: A randomized controlled trial. Frontiers in Physiology. 2022;13. doi:10.3389/fphys.2022.948414

Scarfò G, Daniele S, Fusi J, et al. Metabolic and Molecular Mechanisms of Diet and Physical Exercise in the Management of Polycystic Ovarian Syndrome. Biomedicines. 2022;10(6):1305. doi:10.3390/biomedicines10061305

Shah N, Costello KE, Mehta A, Kumar D. Applications of Digital Health Technologies in Knee Osteoarthritis: Narrative Review. JMIR Rehabilitation and Assistive Technologies. 2022;9(2). doi:10.2196/33489

Shahmoradi L, Azadbakht L, Farzi J, Kalhori SRN, Yazdipour AB, Solat F. Nutritional management recommendation systems in polycystic ovary syndrome: a systematic review. BMC Women s Health. 2024;24(1). doi:10.1186/s12905-024-03074-3

Simon SL, Phimphasone-Brady P, McKenney KM, et al. Comprehensive transition of care for polycystic ovary syndrome from adolescence to adulthood. The Lancet Child & Adolescent Health. 2024;8(6):443. doi:10.1016/s2352-4642(24)00019-1

Solat F, Kalhori SRN, Arji G, et al. Polycystic ovary syndrome (PCOS) management using a nutrition recommender mobile application: identifying key requirements. BMC Women s Health. 2025;25(1). doi:10.1186/s12905-025-03936-4

Song J, Fu A, Wang C, Rajabi S. A comprehensive review on the impact of polyphenol supplementation and exercise on depression and brain function parameters. Behavioral and Brain Functions. 2025;21(1). doi:10.1186/s12993-025-00273-2

Spadaccini D, Guazzotti S, Correia FPG, et al. Beyond bariatric surgery and weight loss medicaments. A systematic review of the current practice in obesity rehabilitative inpatient programs in adults and pediatrics. Frontiers in Nutrition. 2022;9. doi:10.3389/fnut.2022.963709

Steegers-Theunissen RPM, Wiegel RE, Jansen PW, Laven JSE, Sinclair KD. Polycystic Ovary Syndrome: A Brain Disorder Characterized by Eating Problems Originating during Puberty and Adolescence. International Journal of Molecular Sciences. 2020;21(21):8211. doi:10.3390/ijms21218211

Stefanaki K, Karagiannakis D, Raftopoulou M, Ψαλτοπούλου Θ, Paschou SA, Ilias I. Obesity and hyperandrogenism are implicated with anxiety, depression and food cravings in women with polycystic ovary syndrome. Endocrine. 2023;82(1):201. doi:10.1007/s12020-023-03436-1

Stener-Victorin E, Teede H, Norman RJ, et al. Polycystic ovary syndrome. Nature Reviews Disease Primers. 2024;10(1):27. doi:10.1038/s41572-024-00511-3

Su P, Chen C, Sun Y. Physiopathology of polycystic ovary syndrome in endocrinology, metabolism and inflammation. Journal of Ovarian Research. 2025;18(1):34. doi:10.1186/s13048-025-01621-6

Sun Z, Jin B, Han H, Qin Z, Shi Y, Zhang Y. Research progress on the pathogenesis, clinical impact, and traditional Chinese medicine treatment of polycystic ovary syndrome complicated by insulin resistance. Frontiers in Pharmacology. 2025;16. doi:10.3389/fphar.2025.1661806

Sydora BC, Wilke MS, McPherson M, Chambers S, Ghosh M, Vine DF. Challenges in diagnosis and health care in polycystic ovary syndrome in Canada: a patient view to improve health care. BMC Women s Health. 2023;23(1). doi:10.1186/s12905-023-02732-2

Szczuko M, Kikut J, Szczuko U, et al. Nutrition Strategy and Life Style in Polycystic Ovary Syndrome—Narrative Review. Nutrients. 2021;13(7):2452. doi:10.3390/nu13072452

Tan H, Gao L, Guo Y, et al. Development and evaluation of a psychological adjustment communication system for adolescents with polycystic ovary syndrome at a high risk of depression: A mixed-method study protocol. Frontiers in Psychiatry. 2022;13. doi:10.3389/fpsyt.2022.937280

Tang R, Yang J, Yu Y, Fang Y. The effects of cognitive behavioral therapy in women with polycystic ovary syndrome: A meta-analysis. Frontiers in Psychology. 2022;13. doi:10.3389/fpsyg.2022.796594

Tayachew B, Brink HV, Garcia-Reyes Y, et al. Combined Oral Contraceptive Treatment Does Not Alter the Gut Microbiome but Affects Amino Acid Metabolism in Sera of Obese Girls With Polycystic Ovary Syndrome. Frontiers in Physiology. 2022;13. doi:10.3389/fphys.2022.887077

Teede H, Gibson M, Laven JSE, et al. International PCOS guideline clinical research priorities roadmap: a co-designed approach aligned with end-user priorities in a neglected women's health condition. EClinicalMedicine. 2024;78:102927. doi:10.1016/j.eclinm.2024.102927

Teo, P., Henry, B. A., Moran, L. J., Cowan, S., & Bennett, C. (2022). The role of sleep in PCOS: what we know and what to consider in the future. *Expert Review of Endocrinology & Metabolism*, *17*(4), 305-318.

Tümer A, Sümen A. E-health literacy levels of high school students in Turkey: results of a cross-sectional study. Health Promotion International. 2021;37(2). doi:10.1093/heapro/daab174

Urbanova LB, Gecková AM, Veselská ZD, et al. Technology supports me: Perceptions of the benefits of digital technology in adolescents. Frontiers in Psychology. 2023;13. doi:10.3389/fpsyg.2022.970395

Vågenes H, Pranić SM. Analysis of the quality, accuracy, and readability of patient information on polycystic ovarian syndrome (PCOS) on the internet available in English: a cross-sectional study. Reproductive Biology and Endocrinology. 2023;21(1). doi:10.1186/s12958-023-01100-x

Valerio G, Bonito PD, Calcaterra V, et al. Cardiometabolic risk in children and adolescents with obesity: a position paper of the Italian Society for Pediatric Endocrinology and Diabetology. ˜ The œItalian Journal of Pediatrics/Italian journal of pediatrics. 2024;50(1). doi:10.1186/s13052-024-01767-x

Vasudevan S, Gautam R, Maan P, et al. A sustainable public health framework for PCOS management in low- and middle-income countries: a narrative review. Frontiers in Reproductive Health. 2025;7. doi:10.3389/frph.2025.1627670

Vourdoumpa A, George P, Manou M, et al. Parallel Improvement of Both Mental and Cardiometabolic Health in Children and Adolescents with Overweight and Obesity, Following the Implementation of a Multidisciplinary Lifestyle Intervention Program. Nutrients. 2026;18(1):150. doi:10.3390/nu18010150

Wang F, Pan D, Wei W, Liu PJ. Effects of high-protein diets on the cardiometabolic factors and reproductive hormones of women with polycystic ovary syndrome: a systematic review and meta-analysis. Nutrition and Diabetes. 2024;14(1):6. doi:10.1038/s41387-024-00263-9

Wang J, Chen L, Liang Y, et al. Optimal dose of aerobic exercise for reducing depressive symptoms in children and adolescents: A meta-analysis of randomized controlled trials and dose-response analysis. Journal of Affective Disorders. 2025;387:119501. doi:10.1016/j.jad.2025.119501

Wang J, Wang B, Li C, et al. Evolving global trends in PCOS burden: a three-decade analysis (1990–2021) with projections to 2036 among adolescents and young adults. Frontiers in Endocrinology. 2025;16:1569694. doi:10.3389/fendo.2025.1569694

Wang K, Lǐ Y. Signaling pathways and targeted therapeutic strategies for polycystic ovary syndrome. Frontiers in Endocrinology. 2023;14. doi:10.3389/fendo.2023.1191759

Wang L, Liu Y, Tan H, Huang S. Transtheoretical model-based mobile health application for PCOS. Reproductive Health. 2022;19(1). doi:10.1186/s12978-022-01422-w

Wang L, Su S, Xiong T, et al. Prevalence and associated risk factors for depression symptoms in adolescent girls with polycystic ovary syndrome: a hospital-based cross-sectional study. Frontiers in Public Health. 2024;12. doi:10.3389/fpubh.2024.1454415

Wang T, Li W, Deng JS, Zhang Q, Liu Y. The influence of physical exercise on negative emotions in adolescents: a meta-analysis. Frontiers in Psychiatry. 2024;15. doi:10.3389/fpsyt.2024.1457931

Wang Y, Leung PCK, Li R, Wu Y, Huang H. Editorial: Polycystic ovary syndrome (PCOS): Mechanism and management. Frontiers in Endocrinology. 2022;13. doi:10.3389/fendo.2022.1030353

Wang Y, Leung PCK, Li R, Wu Y, Huang H. Editorial: Polycystic ovary syndrome: mechanism and management—volume II. Frontiers in Endocrinology. 2023;14. doi:10.3389/fendo.2023.1247679

Wang Z, Groen H, Cantineau AE, et al. Effectiveness of a 6-Month Lifestyle Intervention on Diet, Physical Activity, Quality of Life, and Markers of Cardiometabolic Health in Women with PCOS and Obesity and Non-PCOS Obese Controls: One Size Fits All? Nutrients. 2021;13(10):3425. doi:10.3390/nu13103425

Wąsacz M, Sarzyńska I, Ochojska D, et al. Psychosocial Consequences of Excess Weight and the Importance of Physical Activity in Combating Obesity in Children and Adolescents: A Pilot Study. Nutrients. 2025;17(10):1690. doi:10.3390/nu17101690

Xie M, Yang Y, Zhang J. The effects of behavioral intervention on anthropometric, clinical, and biochemical parameters in patients with polycystic ovary syndrome: a systematic review and meta-analysis. Frontiers in Endocrinology. 2024;15. doi:10.3389/fendo.2024.1297841

Xing L, Xu J, Wei Y, et al. Depression in polycystic ovary syndrome: Focusing on pathogenesis and treatment. Frontiers in Psychiatry. 2022;13. doi:10.3389/fpsyt.2022.1001484

Xing N nan, Ren F, Yang H. Effects of ketogenic diet on weight loss parameters among obese or overweight patients with polycystic ovary syndrome: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trails. Food & Nutrition Research. 2024;68. doi:10.29219/fnr.v68.9835

Yang H, Sun L. Impact of physical activity on symptoms of depression and anxiety in adolescents during the COVID-19 pandemic. Frontiers in Psychiatry. 2025;16. doi:10.3389/fpsyt.2025.1631978

Yang J, Liang J, Xu J, et al. The impact of dietary interventions on polycystic ovary syndrome patients with a BMI ≥25 kg/m2: A systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. Reproductive Medicine and Biology. 2024;23(1). doi:10.1002/rmb2.12607

Yin MXC, Du L, Zou X, et al. Can Psychosocial Intervention Suppress Testosterone and Triglycerides Among Women With Polycystic Ovary Syndrome? A Feasibility Trial. Frontiers in Psychology. 2021;12. doi:10.3389/fpsyg.2021.690539

Yin MXC, Leng L, Liang Z, Chen X, Chan C, Chan C. Objectification and ambiguity of body image in women with Polycystic Ovary Syndrome: A mixed-method study. Journal of Affective Disorders. 2022;310:296. doi:10.1016/j.jad.2022.05.028

Yu R, Li A, Qi Y, et al. How Emerging Digital Health Technologies Based on Dietary and Physical Activity Regulation Improve Metabolic Syndrome-Related Outcomes in Adolescents: A Systematic Review. Metabolites. 2026;16(2):106. doi:10.3390/metabo16020106

Zeng H, Dou Z, Zhang YN, Wang CC, Xia T, Xu J. The effectiveness of digital health interventions on anthropometric and healthy behavior in women with polycystic ovarian syndrome: a systematic review with meta-analysis. Frontiers in Endocrinology. 2026;17:1676915. doi:10.3389/fendo.2026.1676915

Zeng W, Luo Y, Ou J, et al. Metformin in polycystic ovary syndrome: unraveling multi-stage therapeutic mechanisms from puberty to long-term health outcomes. Frontiers in Pharmacology. 2025;16. doi:10.3389/fphar.2025.1654372

Zhang X, Jiang C, Zhang X, Chi X. Muscle-strengthening exercise and positive mental health in children and adolescents: An urban survey study. Frontiers in Psychology. 2022;13. doi:10.3389/fpsyg.2022.933877

Zhang, J., Ye, J., Tao, X., Lu, W., Chen, X., & Liu, C. (2022). Sleep disturbances, sleep quality, and cardiovascular risk factors in women with polycystic ovary syndrome: Systematic review and meta-analysis. *Frontiers in endocrinology*, *13*, 971604.

Zhao G, Xiao LR, Chen YH, Zhang M, Peng KW, Wu H. Association between physical activity and mental health problems among children and adolescents: A moderated mediation model of emotion regulation and gender. Journal of Affective Disorders. 2024;369:489. doi:10.1016/j.jad.2024.10.041

Zhao H, Zhang J, Cheng X, Nie X, He B. Insulin resistance in polycystic ovary syndrome across various tissues: an updated review of pathogenesis, evaluation, and treatment. Journal of Ovarian Research. 2023;16(1). doi:10.1186/s13048-022-01091-0

Zheng X, Liu M, Bai Z, et al. Global burden of polycystic ovary syndrome in women of reproductive age, 1990–2021: Analysis of the global burden of disease study 2021 with projections to 2050. PLoS ONE. 2025;20(10). doi:10.1371/journal.pone.0333000

Zhong B, Sun H, Wang G, et al. Physical activity on the mental health of children and adolescents during COVID-19 pandemic-induced school closures—A systematic review. PLoS ONE. 2024;19(6). doi:10.1371/journal.pone.0299158

Zhou J, Song Y, Ying J, et al. Effects of lifestyle interventions on mental health in children and adolescents with overweight or obesity: a systematic review and meta-analysis. EClinicalMedicine. 2025;81:103121. doi:10.1016/j.eclinm.2025.103121

Zhou S, Xu Y, Yang Y, Song H, Wang X, Yu Y. Effect of exercise interventions on depression, anxiety, and self-esteem in children and adolescents: a systematic review and network meta-analysis. BMC Public Health. 2025;25(1):3706. doi:10.1186/s12889-025-25044-6

UNUSED ICU MEDICAL SUPPLIES AS A PREVENTABLE SOURCE OF WASTE: A PRELIMINARY 1-MONTH ASSESSMENT

YOĞUN BAKIMDA KULLANILMAYAN TIBBİ MALZEMELER: ÖNLENEBİLİR BİR ATIK KAYNAĞINA İLİŞKİN 1 AYLIK ÖN DEĞERLENDİRME

Ümit Can OK

Department of Anesthesiology and Reanimation, Ordu University Training and Research Hospital, Ordu, Türkiye

ORCID: 0000-0002-6363-6124

Metehan ŞİMŞEK

Department of Anesthesiology and Reanimation, Ordu University Training and Research Hospital, Ordu, Türkiye

ORCID: 0009-0009-3576-6835

Nilay TAŞ

Department of Anesthesiology and Reanimation, Ordu University Training and Research Hospital, Ordu, Türkiye

ORCID: 0000-0003-0472-2206

Kübra ŞEN OK

Department of Anesthesiology and Reanimation, Ordu State Hospital, Ordu, Türkiye

ORCID: 0009-0009-7047-0220

Gökhan ZAİM

Department of General Surgery, Ordu University Training and Research Hospital, Ordu, Türkiye

ORCID: 0009-0009-0676-8540

ÖZET

Yoğun bakım üniteleri (YBÜ), rutin bakım süreçleri, invaziv girişimler, enfeksiyon kontrol önlemleri ve acil müdahale gereksinimi nedeniyle hastanelerde en yüksek kaynak tüketimi ve atık üretimi olan alanlardan biridir. Bu atıkların bir kısmı kaçınılmaz olmakla birlikte, bir kısmı klinik iş akışları sırasında açılan ancak çeşitli nedenlerle kullanılmadan atılan tıbbi malzemelerden oluşmaktadır. Açılmış ancak kullanılmamış tıbbi malzemeler hem ekonomik kayıp hem de çevresel yük açısından dikkat çekici, ancak görece az incelenmiş bir atık kategorisidir. Bu çalışma, üçüncü basamak bir yoğun bakım ünitesinde açılmış ancak

kullanılmamış tıbbi malzemelerin miktarını belirlemeyi ve bu atıkların türlerine göre dağılımını tanımlamayı amaçlamıştır.

Bu ön gözlemsel çalışma, üçüncü basamak 6 yataklı bir yoğun bakım ünitesinde 1 ay süreyle yürütülmüştür. Rutin hasta bakımı, invaziv işlemler, pansuman değişiklikleri ve acil girişim hazırlıkları sırasında açılmış ancak kullanılmamış tüm tıbbi malzemeler prospektif olarak toplanmış ve diğer atıklardan ayrıştırılmıştır. Kullanılmış, kontamine olmuş ya da hasta ile temas etmiş malzemeler değerlendirme dışı bırakılmıştır. Birincil sonlanım ölçütü, çalışma süresi boyunca toplanan açılmış ancak kullanılmamış malzemelerin toplam ağırlığıdır. İkincil sonlanım ölçütleri ise günlük ortalama atık miktarı, hasta-gün başına düşen atık miktarı ve atık türlerinin dağılımıdır.

Bir aylık çalışma süresince toplam 10.8 kg açılmış ancak kullanılmamış tıbbi malzeme saptanmıştır. Günlük ortalama atık miktarı 0.36 kg/gün, hasta-gün başına düşen atık miktarı ise 67 g olarak hesaplanmıştır. Atıkların en büyük bölümünü gazlı bez, spanç ve bandaj materyalleri (%40) oluşturmuştur. Bunu ampuller ve ilaçla ilişkili tek kullanımlık sarf malzemeleri (%21), enjektörler (%17), eldivenler (%14) ve diğer sarf malzemeleri (%8) izlemiştir.

Sonuç olarak, açılmış ancak kullanılmamış tıbbi malzemeler yoğun bakım ünitesinde ölçülebilir ve potansiyel olarak önlenebilir bir atık kaynağıdır. Bu alana yönelik farkındalık artırıcı ve süreç düzenleyici yaklaşımlar hem atık yükünün azaltılmasına hem de sağlık hizmetlerinde çevresel sürdürülebilirliğin desteklenmesine katkı sağlayabilir.

Anahtar Kelimeler: yoğun bakım ünitesi, tıbbi atık, kullanılmamış tıbbi malzeme, sağlık hizmeti atıkları, sürdürülebilirlik

ABSTRACT

Objective: Intensive care units (ICUs) are among the most resource-intensive areas in hospitals and generate substantial amounts of medical waste during routine care, invasive procedures, dressing changes, and emergency interventions. While a considerable proportion of this waste is unavoidable, a part of it consists of materials that are opened in anticipation of use but ultimately remain unused. These opened but unused medical supplies represent a potentially preventable source of waste with both environmental and economic implications. This study aimed to quantify opened but unused medical supplies in a tertiary ICU and to characterize their distribution by material type.

Methods: This preliminary observational study was conducted in a tertiary 6-bed ICU over a 1-month period. Opened but unused medical supplies were prospectively collected and separated from other waste during routine patient care, invasive procedures, dressing changes, and emergency interventions. Used, contaminated, or patient-contact materials were excluded. The primary outcome was the total weight of opened but unused waste. Secondary outcomes included mean daily waste generation, waste per patient-day, and the distribution of waste according to predefined material categories.

Results: The total weight of opened but unused medical supplies during the study period was 10.8 kg. Mean daily waste generation was 0.36 kg/day, corresponding to 67 g per patient-day. The largest proportion of waste consisted of gauze, sponges, and bandage materials (40%), followed by ampoules and medication-related disposables (21%), syringes (17%), gloves (14%), and other disposable components (8%).

Conclusion: Opened but unused medical supplies represent a measurable and potentially preventable source of ICU waste. Strategies aimed at reducing unnecessary opening of

materials may contribute to minimizing waste burden and promoting environmentally sustainable healthcare practices without compromising patient care.

Keywords: intensive care unit; medical waste; unused medical supplies; healthcare waste; sustainability

INTRODUCTION

Intensive care units (ICUs) are among the most resource-intensive environments in modern healthcare systems. Due to continuous monitoring, high technological requirements, frequent invasive procedures, widespread use of single-use consumables, and strict infection control standards, these units generate substantial amounts of waste. The World Health Organization emphasizes that healthcare waste management represents a specialized domain requiring safe, effective, and environmentally sustainable practices.

The environmental burden of healthcare is no longer viewed solely as a local waste management issue but also as a component of global climate change and planetary health. According to a report by Health Care Without Harm and Arup, the healthcare sector is responsible for approximately 4.4% of global net emissions. Likewise, systematic evaluations of hospital practices have demonstrated that healthcare delivery contributes significantly to environmental impact through energy consumption, supply chains, single-use products, and waste disposal processes.

Within this broader environmental context, ICUs hold particular importance. Recent reviews and policy papers have highlighted that ICUs have a disproportionately high environmental footprint due to both energy consumption and intensive use of consumable materials. Consequently, sustainability initiatives in ICUs may yield meaningful benefits. Recent ICU-focused sustainability literature has identified reduction of unused materials, measurement of waste, and optimization of clinical preparation processes as key intervention targets.

However, most studies on healthcare waste have focused on total waste volume, hazardous versus non-hazardous classification, or recycling strategies. In contrast, a considerable portion of waste originates from workflow-related processes at the point of generation rather than downstream waste management. In this regard, the “waste audit” approach has emerged as a standard method to objectively assess waste generation in healthcare. This approach not only quantifies waste but also identifies which materials are unnecessarily consumed and during which processes.

Opened but unused medical supplies represent a particularly important category in this context. In clinical practice—especially in high-acuity environments such as ICUs—materials are often opened in advance to ensure readiness, speed, and patient safety. However, changes in patient condition, procedural modifications, or evolving clinical decisions frequently result in some of these materials remaining unused and ultimately being discarded. Recent ICU sustainability literature has explicitly recognized anticipatory preparation and pre-stocking as contributors to unused consumable waste.

Although surgical and operating room literature provides important insights into the economic and operational impact of unused supplies, quantitative data on opened but unused materials in ICUs remain limited. While some pediatric ICU initiatives have demonstrated the feasibility of waste reduction strategies, simple and practical measurement studies focusing specifically on unused consumables in adult ICUs are still scarce. Therefore, even making this waste visible may represent an important first step toward quality improvement and resource stewardship.

In this study, we aimed to quantify the total amount of opened but unused medical supplies over a 1-month period in a tertiary adult ICU and to describe their distribution according to material type. This preliminary assessment was designed to highlight preventable sources of waste and to provide baseline data for future large-scale quality improvement initiatives.

METHODS

Study Design and Setting

This study was a prospective observational waste audit conducted in a 6-bed tertiary adult ICU over a 1-month period. The primary objective was to quantify opened but unused medical supplies and to characterize their distribution by material type. No interventions were introduced, and routine clinical workflows were not altered.

Data Collection

Opened but unused materials were prospectively collected during routine ICU activities, including invasive procedures, dressing changes, medication preparation, and emergency readiness.

Materials were included if:

- their packaging had been opened,
- they were not used in patient care,
- they had no patient contact and were not contaminated.

Used or contaminated materials were excluded to ensure that the analysis focused specifically on potentially preventable waste.

Measurement

Collected materials were separated from other waste streams and stored in designated containers. At the end of each day, materials were weighed using a calibrated scale, and daily values were recorded. Total cumulative weight over the study period was calculated.

Outcomes

- **Primary outcome:** Total weight of opened but unused medical supplies
- **Secondary outcomes:**
  - Daily average waste
  - Waste per patient-day
  - Distribution by material category

Materials were categorized as:

- dressing materials (gauze, sponges, bandages)
- medication-related disposables and ampoules
- syringes
- gloves
- other consumables

Statistical Analysis

Only descriptive statistics were used. Continuous variables were reported as totals and averages, and categorical variables as percentages.

RESULTS

During the 1-month study period, the total weight of opened but unused medical supplies collected in the tertiary intensive care unit was measured as 10.8 kg. The average daily waste amount was calculated as 0.36 kg/day. When standardized according to patient volume, the amount of opened but unused materials was approximately 67 g per patient-day. These findings indicate that although the absolute quantities may appear modest, they represent a form of waste that recurs consistently within daily clinical workflows and may become meaningful when considered cumulatively over time.

When the waste composition was examined, dressing materials—including gauze, sponges, and bandages—accounted for the largest proportion, comprising 40% of the total waste. The second largest category consisted of ampoules and medication-related disposable materials, representing 21% of the total. Syringes accounted for 17%, gloves for 14%, and other consumables for 8%. This distribution suggests that materials used during procedural preparation, particularly basic dressing and consumable items, contribute most substantially to preventable waste generation.

The observed distribution pattern indicates that the generation of opened but unused materials is not limited to a single type of procedure but is instead distributed across multiple components of routine ICU practice. The predominance of dressing materials suggests that repeated processes such as line care, wound management, and bedside minor procedures may contribute through over-preparation. Meanwhile, medication-related consumables and ampoules may reflect changes in clinical decision-making or instances where anticipated interventions are not ultimately required. Similarly, syringe and glove waste may be associated with routine preparatory behavior and safety-driven pre-opening practices.

Although this study does not provide a detailed analysis of the underlying causal mechanisms, it offers a practical prioritization by identifying which categories of materials require greater attention in efforts to reduce preventable waste.

DISCUSSION

This preliminary study demonstrates that opened but unused medical supplies represent a measurable and potentially preventable component of ICU waste. Although the absolute daily quantities may appear modest at first glance, the continuous nature of ICU activity means that such small daily losses may accumulate into a substantial overall burden over time. Particularly in high-volume centers, institutions with a large number of ICU beds, or when considered on an annual basis, the waste associated with opened but unused materials is likely to become significant in both economic and environmental terms. Existing literature on the environmental burden of healthcare suggests that small, process-related inefficiencies may translate into larger system-level impacts through supply chain demands and waste disposal processes.

From a systems perspective, our findings are consistent with previous reports suggesting that a considerable portion of healthcare waste is not entirely unavoidable but is instead related to workflow patterns, habitual practices, and a culture of anticipatory preparation. In high-acuity environments such as ICUs, clinicians often adopt a “prepare for the worst-case scenario” approach. While this approach is understandable and frequently necessary for patient safety, it may also lead to the opening of materials that ultimately remain unused. Recent ICU sustainability literature has highlighted unused consumables as a key target area for waste reduction initiatives.

In this study, the predominance of gauze, sponges, and dressing materials as the largest waste category is particularly noteworthy. This finding suggests that routine procedural preparation and dressing-related workflows may play a central role in waste generation. In ICU practice, frequent procedures such as line care, wound management, tracheostomy site care, minor drainage procedures, and bedside interventions often require multiple dressing materials to be prepared in advance. However, not all of these materials are necessarily used in every case. Similarly, the prominence of medication-related consumables and ampoules as the second largest category indicates that materials prepared in anticipation of clinical need may remain unused when treatment plans change or expected interventions are not performed.

These findings are conceptually aligned with studies conducted in operating room and surgical settings. Analyses of disposable material use in neurosurgical procedures have shown that opened but unused supplies may have significant economic and operational implications. Studies in hand surgery have also reported considerable amounts of unused sterile materials after procedures. Additionally, surveys of surgeons have demonstrated that a substantial proportion of clinicians recognize disposable supply waste as a problem and are willing to modify workflow practices. Our study extends this concept to a non-operating room critical care environment, where the same issue appears in a more routine, daily, and repetitive form.

However, the ICU environment differs fundamentally from the operating room. In surgical settings, procedures are typically planned in advance, roles are well defined, and supply sets are more standardized. In contrast, ICU workflows are dynamic and unpredictable, with rapidly changing patient conditions and frequently revised procedural decisions. Therefore, the occurrence of opened but unused materials in the ICU reflects not only a lack of standardization but also the inherent uncertainty of the clinical environment. This distinction is important, as the issue at hand is not inappropriate clinical practice but rather the complex balance between preparedness and resource stewardship.

An important implication of this study is that reducing preventable waste does not mean compromising patient care. Instead, it suggests that clinical preparation can be made more rational and data-driven. Potential strategies include reviewing procedure-specific preparation protocols, limiting initial material opening to essential items, maintaining additional materials unopened until needed, and designing smaller, procedure-specific kits based on actual usage patterns. Previous studies in surgical settings have shown that optimization of kits and trays can reduce costs, improve efficiency, and decrease waste generation.

In this context, staff awareness and behavioral change also appear to be critical. A substantial proportion of waste often arises not from deliberate misuse but from ingrained habits developed over time. Providing clinical teams with visible data on waste generation, identifying high-waste material categories, and discussing reduction strategies that do not compromise patient safety may facilitate behavioral change. Studies evaluating clinician perspectives have identified lack of awareness and time pressure as key barriers to waste reduction. Therefore, measurement studies such as this one not only generate data but also serve as tools for institutional awareness and change.

From an environmental perspective, opened but unused materials represent a dual burden. First, resources are consumed during production, packaging, transportation, and storage. Second, additional environmental impact arises during waste disposal. Reports on the carbon footprint of healthcare systems indicate that supply chains account for a substantial proportion of emissions. Therefore, an unused product is not merely “waste,” but rather represents resource consumption that has occurred without generating patient benefit. Interventions targeting unused consumables may thus represent low-risk, high-impact sustainability strategies.

Our findings are also conceptually consistent with experiences reported in pediatric ICUs, where targeted interventions have demonstrated the feasibility of reducing medical waste. Similarly, recent reviews and "Green ICU" initiatives have emphasized the importance of systematically evaluating unnecessary consumable use as a priority step in sustainability efforts. This study provides a local, measurable example within this broader framework.

This study has several limitations. First, it was conducted in a single center, within a 6-bed tertiary ICU, and over a relatively short period of 1 month. Therefore, the findings may not be directly generalizable to other institutions, patient populations, or longer time frames. Second, only the weight of unused materials was assessed, and their economic cost or carbon footprint was not calculated. However, existing literature suggests that healthcare waste should be evaluated not only by weight but also in terms of financial and environmental impact. Third, specific clinical processes or procedures contributing most to waste generation were not systematically recorded. Thus, while this study provides a strong preliminary answer to "how much" and "which types," it offers limited insight into "why" and "during which exact processes" waste occurs.

Fourth, behavioral and institutional factors were not systematically evaluated. Decisions regarding material preparation may be influenced by workload, staff experience, perceived urgency, predefined supply sets, and institutional culture. Future studies incorporating workflow observations, staff interviews, or structured quality improvement cycles may provide deeper insights. In particular, procedure-specific audits and pre–post intervention designs could help identify effective waste reduction strategies.

CONCLUSION

Opened but unused medical supplies represent a measurable and potentially preventable source of waste in ICU practice. In this 1-month assessment, a total of 10.8 kg of unused consumables were discarded, with dressing materials constituting the largest proportion.

These findings highlight the delicate balance between clinical preparedness and resource management in intensive care practice. The goal is not to reduce preparedness but to make it more rational and data-driven. Strategies such as reviewing procedure-specific preparation protocols, adopting selective material opening practices, optimizing supply kits based on actual usage patterns, and increasing staff awareness may reduce preventable waste without compromising patient safety.

This study provides a preliminary quantitative foundation for future large-scale quality improvement and sustainability initiatives in intensive care settings.

REFERENCES

1. Chartier Y, Emmanuel J, Pieper U, eds. *Safe Management of Wastes from Health-Care Activities*. 2nd ed. World Health Organization; 2014.
2. Karliner J, Slotterback S, Boyd R, Ashby B, Steele K. *Health Care's Climate Footprint: How the Health Sector Contributes to the Global Climate Crisis and Opportunities for Action*. Health Care Without Harm; Arup; 2019.
3. McGain F, Naylor C. Environmental sustainability in hospitals: a systematic review and research agenda. *J Health Serv Res Policy*. 2014;19(4):245-252.
4. Eckelman MJ, Sherman J. Environmental impacts of the U.S. health care system and effects on public health. *PLoS One*. 2016;11(6):e0157014.

5. Slutzman JE, Bockius H, Gordon IO, Surati A, O'Shea CJ, Allen C, Martin N, Levenstein M, Hallbeck MS, Meara JG, Shrime MG. Waste audits in healthcare: a systematic review and description of best practices. *Waste Manag Res*. 2023;41(1):3-17. doi:10.1177/0734242X221101531
6. See KC. Improving environmental sustainability of intensive care units: a mini-review. *World J Crit Care Med*. 2023;12(4):217-225.
7. De Waele JJ, Hunfeld NGM, Baid H, Ferrer R, Fowler R, Honore PM, Mehta S, Oczkowski S, Schultz MJ, Wujtewicz M, Venkatesh B. Environmental sustainability in intensive care: the path forward. An ESICM Green Paper. *Intensive Care Med*. 2024;50(11):1615-1628. doi:10.1007/s00134-024-07662-7
8. Masud FN, Sasangohar F, Ratnani I, Fatima S, Ahmadi N, Hildebrand K, Yang Z, Jalali A, Mojoli F. Past, present, and future of sustainable intensive care: narrative review and a large hospital system experience. *Crit Care*. 2024;28(1):154. doi:10.1186/s13054-024-04937-9
9. Ghersin ZJ, Flaherty MR, Yager PH, Cummings BM. Going green: decreasing medical waste in a paediatric intensive care unit in the United States. *New Bioeth*. 2020;26(2):98-110. doi:10.1080/20502877.2020.1767916
10. Zygourakis CC, Yoon S, Valencia V, Boscardin WJ, Gonzales-Portillo G, Dimou J, Yoshor D, McDermott MW, Berger MS. Operating room waste: disposable supply utilization in neurosurgical procedures. *J Neurosurg*. 2017;126(2):620-625.
11. Meyer MJ, Chafitz T, Wang K, et al. Surgeons' perspectives on operating room waste: multicenter survey. *Surgery*. 2022;171(5):1142-1147. doi:10.1016/j.surg.2021.12.032
12. Goldfield NM, Malapati P, Chafitz T, et al. Sterile surgical supply waste identification using asynchronous analysis: pediatric surgery QI pilot. *Surg Open Sci*. 2023;15:32-37.
13. Bravo D, Thiel C, Bello R, et al. What a waste! The impact of unused surgical supplies in hand surgery and how we can improve. *Hand (N Y)*. 2023;18(6):1215-1221.
14. Rosenblatt WH, Silverman DG. Cost-effective use of operating room supplies based on the REMEDY database of recovered unused materials. *J Clin Anesth*. 1994;6(5):400-404.
15. Rosenblatt WH, Silverman DG. Recovery, resterilization, and donation of unused surgical supplies. *JAMA*. 1992;268(11):1441-1443.
16. Park KW, Dickerson C. Can efficient supply management in the operating room save millions? *Curr Opin Anaesthesiol*. 2009;22(2):242-248. doi:10.1097/ACO.0b013e32832798ef
17. Ahmadi E, Masel DT, Metcalf AY, Schuller K. Inventory management of surgical supplies and sterile instruments in hospitals: a literature review. *Health Syst (Basingstoke)*. 2019;8(2):134-151. doi:10.1080/20476965.2018.1496875
18. Vu C, Ibarra Vega D, Yang C, et al. Interventions to reduce surgical waste burden: a systematic review. *Plast Reconstr Surg Glob Open*. 2024;12(8):e6085. doi:10.1097/GOX.0000000000006085

BIOCHAR IN THE ANTHROPOSENIC AGE: SOIL QUALITY AND HEALTH

Funda IRMAK YILMAZ

Ordu Unıversıty, Faculty Of Agrıculture, Department Of Soıl Scıence And Plant Nutrıtıon
52200 Ordu/Turkey

ORCID ID: https://orcid.org/0000-0001-6356-4389

ABSTRACT

Introduction and Purpose: The Anthropocene, characterised by the most significant impact ever exerted by human beings on the world's ecosystems, has brought soil systems to the forefront of global sustainability challenges. Intensive agricultural practices, changes in land use and climate variability have accelerated soil degradation, leading to a decline in soil organic matter, loss of biodiversity and a reduction in ecosystem functionality. In this context, enhancing soil health has become a critical priority for ensuring long-term food security and environmental stability. The present review aims to critically examine biochar as a factor linking soil health, carbon sequestration and climate resilience.

Materials and Methods: In recent years, a substantial volume of literature has been published on the effects of biochar on soil properties. This review has primarily been conducted using Web of Science and Google Scholar.

Results: The high carbon content of biochar, which results in a wide C/N ratio, may limit its use on its own. For this reason, it is considered more appropriate to apply it in combination with organic materials that have a lower C/N ratio. When all the findings are considered together, it is understood that biochar produced in an oxygenated environment has a positive effect on the soil's biological properties, particularly when used as a soil conditioner.

Discussion and Conclusion: Biochar has been identified as a promising solution for sustainable soil management in the context of the Anthropocene. In addition to enhancing soil quality, its capacity for carbon sequestration renders it a substantial instrument in the struggle against climate change. Nevertheless, there is a necessity for standardisation of biochar applications, determination of long-term impacts, and a better understanding of its performance in different agroecosystems. It is recommended that future studies be conducted in order to explore the mechanisms by which biochar influences soil-health-plant interactions in greater depth. In this context, biochar can be regarded as a strategic component in the integration of circular economy and sustainable agricultural systems.

Key Words: Biochar, Anthropocene; Soil organic matter,; Microbial activity; Sustainable agriculture.

INTRODUCTION

The Anthropocene is a concept that refers to the period in which human activities have become a decisive geological force on the Earth system. In the contemporary era, human activity has had a profound impact on the global environment, encompassing alterations to climate, soil and water systems, and a significant reduction in biodiversity. This has resulted in interference with

geochemical cycles on a global scale. The Anthropocene theory, popularized by Nobel laureate chemist Paul Crutzen, posits that we are living in a new geological era where human activities have become a dominant force on the Earth's geological and ecosystem processes (Crutzen, 2022). The defining characteristics of the Anthropocene can be summarised as follows: climate change, triggered by increased greenhouse gas accumulation due to fossil fuel use; transformations in soil systems, characterised by agricultural activities and urbanisation processes; disruption of the water cycle due to overuse of groundwater resources; biodiversity loss, characterised by rapid species extinction; and the emergence of new anthropogenic materials such as plastics, concrete, and radioactive residues, which can even be traced in geological records. The concept of soil health encompasses the notion that soil is not merely a mere growing medium; rather, it is a holistic entity with the capacity to function as a dynamic system. This capacity to sustain life for plants, animals, and humans while concurrently maintaining environmental quality is what is referred to as soil quality. This concept encompasses the interaction of the physical, chemical, and biological properties of soil, all of which are increasingly at risk due to rising pressures under Anthropocene conditions. Consequently, the preservation and restoration of soil quality necessitates the formulation of innovative, sustainable, and large-scale applicable management strategies. These strategies must be aligned with circular economy approaches and climate change mitigation goals.

It is generally accepted that biochar possesses a high carbon content, and therefore its C/N ratio alone is inadequate. However, when utilised in conjunction with organic materials, such as animal manure, the C/N ratio becomes suitable. This phenomenon can be attributed to the chemical composition of the microorganisms residing within these organic materials, which encompass plant nutrients such as nitrogen (N) and phosphorus (P). Consequently, these nutrients provide a substantial foundation for plant growth. Consequently, the mineralization of plant nutrients is expected to increase in proportion to the enhancement of biological activity in the soil. Due to its high carbon content, biochar has a low rate of decomposition in the soil and has been shown to be effective for a considerable length of time (Irmak Yılmaz and Ergün, 2019).

Soil health is considered a fundamental element in maintaining ecosystem function, preserving agricultural productivity, and ensuring environmental sustainability (Lehmann et al., 2020; Adetunji & Blanco-Canqui, 2026). This concept emerges as a holistic result of physical, chemical, and biological properties formed by the interaction of many dynamics, including plant growth, nutrient transformation, water movement within the soil, and microbial processes (Fierer et al., 2021; Lehmann et al., 2020; Adetunji and Blanco-Canqui, 2026). However, contemporary pressures are increasingly compromising soil health. These pressures include intensive and unplanned land use, observed climate fluctuations (e.g., extreme rainfall events, drought periods, and temperature increases), and unsustainable management practices. In this context, the necessity for sustainable soil management approaches that can mitigate the effects of these pressures, restore soil functions, and improve them in the long term is becoming increasingly evident (Adetunji and Blanco-Canqui, 2026). The effectiveness of biochar in soil remediation is predominantly influenced by the conditions of its production and the type of organic raw material utilised (McClellan et al., 2007; McLaughlin et al., 2009; Irmak Yılmaz & Kurt, 2018). The objective of this study is to ascertain the potential role of biochar in improving soil health from a holistic perspective.

MATERIAL AND METHODS

In recent years, there has been a considerable amount of research conducted on the effects of biochar on soil properties. The present study constitutes a review of national and international

scientific studies that examine the effects of biochar on soil health and quality in detail. The present literature review was conducted using the following databases: YökTez, Web of Science, Scopus, PubMed, and Google Scholar. Moreover, a substantial augmentation in the number of scientific publications concerning the effects of biochar on soil health and soil properties has been observed. In this context, studies addressing the effects of biochar applications on the physical (e.g. aggregate stability and water-holding capacity), chemical (pH, cation exchange capacity, and nutrient dynamics), and biological (microbial biomass and enzyme activities) properties of soils have been systematically evaluated. The review process was primarily conducted using the Web of Science and Google Scholar databases.

DISCUSSION

The Anthropocene process has been identified as a key factor in the degradation of soil ecosystems, driven by increasing human-induced pressures. In this context, biochar is regarded as a highly effective instrument for the sustainable management of soil and the restoration of ecosystem functions (Antonangelo & Eufrade-Junior, 2025). Indeed, the findings reveal that the effects of biochar on soil health are not limited to a purely physical contribution; rather, they are shaped by the multifaceted and dynamic interactions it establishes with the physical, chemical, and biological components of the soil (Kumar and Karthika, 2020), Hue, N. (2020).

The impact of biochar on soil health and quality is addressed within a multidimensional framework necessitating the combined evaluation of physical, chemical, and biological processes. The high surface area and porous structure of the material have been demonstrated to enhance water retention capacity and aeration in the soil, thereby creating a more favourable environment for root development. From a chemical perspective, it has been demonstrated to increase cation exchange capacity, thereby limiting nutrient loss through leaching and enhancing plant availability. Furthermore, it fulfils a pivotal role in maintaining equilibrium, particularly within acidic soil environments, through its capacity to regulate pH levels. Additionally, it has been observed to diminish the mobility of potentially harmful elements within the soil matrix. From a biological standpoint, it provides a habitat that fosters microbial activity, thereby promoting soil microbial diversity and enzymatic activity. When considering the full range of these effects, biochar is recognised as a significant organic regulator that enhances soil function, increases fertility, and promotes sustainable soil management.

Research on the use of biochar in agricultural production systems has demonstrated that its application to the soil has a positive effect on plant growth (Cheng et al., 2006; Major et al., 2010; Ergün, 2018). It has been documented that the incorporation of biochar into soil can result in a reduction in fertilizer requirements of approximately 10%, whilst concomitantly enhancing soil reaction and mitigating aluminum toxicity. Moreover, the incorporation of biochar has been demonstrated to augment the biological structure of soil by fostering the proliferation of beneficial fungal hyphae. It is also important to note that this process increases the retention of existing nutrients (especially nitrogen, phosphorus, and potassium) in the soil, supports carbon mineralisation, and balances nitrogen fixation processes. It has been hypothesised that biochar applications can increase cation exchange capacity by approximately 50%, improve soil permeability, and generally provide long-term positive effects on the physical, chemical, and biological properties of the soil (Jeffery et al., 2011).

An assessment of the physical properties of the soil reveals that biochar applications result in a substantial reduction in bulk density, thereby enhancing total porosity (Srivastava et al., 2020). This phenomenon can be predominantly attributed to the low-density configuration of biochar, which engenders a "dilution effect" within the soil environment (Rathinapriya, 2025). However, a more detailed evaluation reveals that the porous structure of biochar interacts with soil

particles, supporting aggregate formation (Antonangelo, 2025). This is particularly evident in sandy soils, where it plays a pivotal role in enhancing water-holding capacity and improving aggregate stability (He, 2021; Adetunji, 2026). The findings indicate that biochar strengthens aggregation processes by supporting the stabilization of organic matter. Conversely, the utilisation of biochar in clay soils has been shown to mitigate compaction and promote root development, thereby offering substantial benefits to plant-water relations (Chakri, 2023). These assessments are consistent with the findings of the extant literature, which demonstrates that the effects of biochar on soil structure vary depending on soil texture (Adetunji, 2026).

The social and economic benefits of using biochar are considered to be a holistic area of benefit, at the intersection of mitigating the negative effects of climate change, efficient waste management, energy production, and land reclamation processes (Lehmann, 2007). Biochar is defined as a product with high carbon and mineral content obtained by pyrolysis of organic materials under anaerobic conditions or gasification in the presence of limited oxygen (Lehmann, 2007). The combustion of this material, which is characterised by its high organic carbon content, results in the formation of an ash fraction comprising calcium, magnesium, and inorganic carbonates. Structurally, biochar is characterised by a stable carbon matrix containing aromatic rings of six carbon atoms bonded together without the participation of oxygen and hydrogen atoms. This type of bonding has been shown to enhance the durability and persistence of the material, thereby providing a notable advantage in terms of long-term carbon retention (Lehmann and Joseph, 2009; Ergün, 2018). It is widely acknowledged that high cation exchange capacity, strong adsorption properties, and low mobility of its components are the hallmarks of biochar quality (Glaser et al., 2002; Liang et al., 2006; McClellan et al., 2007; McLaughlin et al., 2009; Ergün, 2017). However, biochar is not only a material with high potential in energy production, but it can also be effectively used in environmental applications such as increasing soil fertility, improving organic matter content, and removing heavy metals from soil and water (Ni et al., 2006; Lehmann, 2007; Ergün, 2017).

The addition of biochar to soil has been demonstrated to stimulate enzyme activities, which are central to biochemical reactions, both by directly providing substrate and by improving the microbial habitat. Moreover, due to its substantial surface area and porous composition, this material provides a protected environment for beneficial microorganisms, while concurrently functioning as a catalyst for nutrient and water retention (Bender Özenç et al., 2019).

Biochar has been demonstrated to exert a dynamic influence on soil enzyme activities, exhibiting a time- and dose-dependent response. However, due to its high C/N ratio, its use alone may sometimes be insufficient; therefore, integrating it with organic materials with a narrower C/N ratio, such as vermicompost, to maximize enzyme activity creates a more synergistic effect on soil health (Irmak Yılmaz and Kurt, 2018).

The most significant indicators of soil as a dynamic and living system are biological parameters. In this context, the utilisation of biochar has been demonstrated to exert a substantial effect on the augmentation of microbial biomass carbon (MBC) levels. It has been documented that the substance exerts a stimulatory influence on the activities of enzymes such as dehydrogenase, phosphatase, and urease. These enzymes are widely regarded as indicators of the soil's "metabolic activity," and studies have reported increases in enzyme activity ranging from approximately 33% to 76% (Adetunji and Blanco-Canqui, 2026).

CONCLUSION

Chemical fertilizers have been employed extensively to satisfy the escalating demand for food, consequent to the rapid growth of the global population. Despite the enhancement of production

yields, these fertilizers have been associated with environmental contamination and deleterious effects on human health. While these fertilisers may increase production in the short term, the long-term environmental and ecological problems they create have led scientists to seek more sustainable approaches. In this context, interest in organic soil conditioners is steadily increasing. Biochar, which is distinguished by its elevated carbon and mineral content, exhibits considerable potential for utilisation in soil improvement processes as an alternative to chemical inputs. This renders it a material of scientific significance and worthy of research.

The impact of biochar on soil health and quality is addressed within a multidisciplinary approach, involving the concurrent evaluation of physical, chemical, and biological processes. The high surface area and porous structure of the material have been demonstrated to enhance water retention capacity and aeration in the soil, thereby creating a more favourable environment for root development. From a chemical perspective, the process increases cation exchange capacity, thereby limiting nutrient loss through leaching and enhancing plant availability. Furthermore, the subject performs a regulatory function, especially in the context of acidic soils, through its pH-regulating effect. In addition, it has the capacity to reduce the mobility of toxic elements. From a biological standpoint, it provides a habitat that fosters microbial activity, thereby promoting soil microbial diversity and enzymatic activity. When considering the full range of these effects, biochar is recognised as a significant organic regulator that enhances soil function, increases fertility, and promotes sustainable soil management.

REFERENCES

Adetunji, A.T., Blanco-Canqui, H. Soil health response to biochar combined with other amendments: a review. *Biochar* **8**, 23 (2026). https://doi.org/10.1007/s42773-025-00531-6

Antonangelo, J. A., Sun, X., & Eufrade-Junior, H. D. J. (2025). Biochar impact on soil health and tree-based crops: a review. Biochar, 7(1), 51.

Antonangelo, J. A., Sun, X., & Eufrade-Junior, H. D. J. (2025). Biochar impact on soil health and tree-based crops: a review. *Biochar*, *7*(1), 51.

Bender Özenç D, Irmak Yılmaz F, Tarakçıoğlu C, Aygün S. Fındıktan üretilen atıkların toprağın fiziko-kimyasal ve biyolojik özelliklerine etkileri. Mediterranean Agricultural Sciences. 2019;32:7-13. doi:10.29136/mediterranean.558856

Chakri Voruganti (2023). Biochar Applications in Soil Restoration: Enhancing Soil Health and Carbon Sequestration.*Environmental Reports*.

Crutzen, P. J. (2002, November). The “anthropocene”. In *Journal de physique IV (proceedings)* (Vol. 12, No. 10, pp. 1-5). EDP sciences.

Ergün, Y. A. (2017). Biyokömür ve ahır gübresi uygulamalarının topraktaki bazı enzim aktivitelerine, CO2 üretimine, besin elementi içeriğine ve domates bitkisinin gelişimine etkisi (Master's thesis, Fen Bilimleri Enstitüsü).

Fierer N, Wood SA, De Mesquita CPB (2021) How microbes can, and cannot, be used to assess soil health. Soil Biol Biochem 153:108111

Glaser, B., Lehmann, J. And Zech, W. 2002. Ameliorating physical and chemical properties of highly weathered soils in the tropics with charcoal-a review. Biology and fertility of soils, 35(4), 219-230.

He, M., Xiong, X., Wang, L., Hou, D., Bolan, N. S., Ok, Y. S., ... & Tsang, D. C. (2021). A critical review on performance indicators for evaluating soil biota and soil health of biochar-amended soils. *Journal of hazardous materials*, *414*, 125378.

Hue, N. (2020). Biochar for maintaining soil health. In *Soil health* (pp. 21-46). Cham: Springer International Publishing.

Irmak Yılmaz, F., & Kurt, S. (2018). Biyokömür ve vermikompost uygulamalarının toprağın bazı biyolojik özellikleri üzerine etkisi. Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Dergisi, 6(2), 143-150.

Irmak Yilmaz, F., & Ergun, Y. A. (2019). Impact of biochar and animal manure on some biological and chemical properties of soil. Appl. Ecol. Environ. Res, 17, 8865-8876.

Kumar, K. A., & Karthika, K. S. (2020). Abiotic and biotic factors influencing soil health and/or soil degradation. In Soil Health (pp. 145-161). Cham: Springer International Publishing.

Lehmann J, Bossio DA, Kögel-Knabner I, Rillig MC (2020) The concept and future prospects of soil health. Nat Rev Earth Environ 1:544–553

Lehmann, J. 2007. Bio-energy in the black. Frontiers in Ecology and the Environment, 5 (7), 381-387.

Lehmann, J., Joseph, S., Downie, A., Crosky, A., & Munroe, P. (2009). 1 Biochar for Environmental Management: An Introduction. In *Biochar for Environmental Management: Science, Technology and Implementation* (pp. 1-14). Routledge.

M He, X Xiong, L Wang, D Hou, NS Bolan, YS Ok, J Rinklebe, DCW Tsang. (2021). A critical review on performance indicators for evaluating soil biota and soil health of biochar-amended soils. *Journal of hazardous materials*, *414*, 125378.

McClellan AT,Deenik J,Uehara G, Antal M, 2007. Effects of flashed carbonized© macadamia nutshell charcoal on plant growth and soil chemical properties. 6 November 2007, SSA, ASA, CSSA, International Annual Meetings, Louisiana, New Orleans.

McClellan, A. T., Deenik, J., Uehara, G., and Antal, M. 2007. Effects of flashed carbonized© macadamia nutshell charcoal on plant growth and soil chemical properties. 80(100), 120.

McLaughlin H, Anderson PS, Shields FE,Reed TB, 2009, August. All biochars are not created equal, and how to tell them apart. In Proceedings, North American Biochar Conference, Boulder, Colorado ,pp. 1-36.

McLaughlin, H., Anderson, P.S., Shields, F.E., Reed, T.B. 2009. All biochars are not created equal, and how to tell them apart. Proceedings, North American Biochar Conference, Boulder, Colorado, August 2009.

Rathinapriya P, Maharajan T, Jothi R, Prabakaran M, Lee I-B, Yi P-H and Jeong ST (2025) Unlocking biochar impacts on abiotic stress dynamics: a systematic review of soil quality and crop improvement. Front. Plant Sci. 15:1479925.

Rawat, P., Shankhdhar, D., & Shankhdhar, S. C. (2020). Plant growth-promoting rhizobacteria: A booster for ameliorating soil health and agriculture production. In Soil health (pp. 47-68). Cham: Springer International Publishing.

Srivastava, P., Balhara, M., & Giri, B. (2020). Soil health in India: past history and future perspective. In Soil health (pp. 1-19). Cham: Springer International Publishing.

THE USE OF GREEN ALGAE AS BIOFERTILIZER AND ITS EFFECTS ON PLANT GROWTH

Funda IRMAK YILMAZ

Ordu Unıversıty, Faculty Of Agrıculture, Department Of Soıl Scıence And Plant Nutrıtıon 52200 Ordu/Turkey

[1]ORCID ID: https://orcid.org/0000-0001-6356-4389

Sevinç YEŞİLYURT

Tekirdağ Namık Kemal Unıversıty, Faculty Of Agrıculture, Department Of Soıl Scıence And Plant Nutrıtıon Tekirdağ/Türkiye

ORCID ID: https://orcid.org/0000-0002-0062-0491

ABSTRACT

Introduction and Purpose: The expanding population and the necessity for sustainable agriculture have underscored the significance of eco-friendly alternatives to chemical fertilisers. In this regard, green algae (microalgae) are attracting attention as biofertilisers; thanks to the macro- and micronutrients, growth regulators and biologically active compounds they contain, they can positively influence plant growth. The purpose of this study is to determine the impact of employing green algae as biofertilizers on the growth of plants.

Materials and Methods: This study is a review, and a comprehensive search has been conducted of national and international scientific publications examining the use of green algae as biofertilisers and their effects on plant growth. The literature review was carried out using the YÖKTEZ, Web of Science, Scopus, PubMed and Google Scholar databases. The studies identified through searches using the keywords “green algae”, “microalgae”, “biofertiliser”, “plant growth” and “sustainable agriculture” were evaluated in terms of plant growth, nutrient uptake, soil fertility and physiological effects..

Result: Literature review indicates that the use of green algae as biofertilizers generally has a positive effect on growth and development parameters in different plant species. The vast majority of studies reported that green algae applications increased plant height, root and shoot development, and total biomass. Improvements in chlorophyll content, photosynthetic activity, and macro-micro nutrient uptake were also observed. Furthermore, it is stated that green algae improve soil structure, increasing microbial activity, enriching organic matter content, and increasing plant-available nutrients. Some studies have indicated that green algae applications increase plant resistance to abiotic stress conditions (drought, salinity, etc.) and stimulate antioxidant enzyme activities.

Discussion and Conclusion: The studies examined demonstrate that the use of green algae as a biofertiliser has multifaceted and positive effects on plant growth. It is understood that green algae directly promote plant growth through the nutrients, growth regulators (auxin, cytokinin, gibberellin-like compounds) and biologically active substances they contain; furthermore, they improve soil structure and enhance microbial activity. These effects result in increased uptake

of plant nutrients, enhanced photosynthetic capacity and improved resilience to stress conditions. Consequently, green algae hold significant potential as an alternative or complementary source of biofertiliser to chemical fertilisers in the context of sustainable agricultural practices.

Key Words: Green algae; biofertiliser; plant; soil.

INTRODUCTION

The increasing pressure of global population growth, climate change, and the rapid depletion of natural resources have further emphasized the importance of sustainable approaches in agricultural production. Chemical fertilizers, which are widely used in conventional agricultural practices, contribute to water pollution and the loss of biodiversity (Sharma et al., 2019; Enzai et al., 2022). Therefore, the development of environmentally friendly, cost-effective, and sustainable alternatives has become a primary priority in modern agriculture. In this context, biofertilizers have emerged as significant inputs that improve soil ecosystems while supporting plant nutrition. In particular, green algae, also known as microalgae, have attracted considerable research interest in recent years due to their potential use as biofertilizers (Ronga et al., 2019). Green algae contain essential macronutrients such as N, P, and K, as well as micronutrients including Fe, Mn, and Zn. Moreover, they provide a rich biomass source of vitamins, amino acids, and growth-regulating compounds (auxin-, cytokinin-, and gibberellin-like substances) (García-González & Sommerfeld, 2016; Sharma et al., 2021). These characteristics enable them to directly promote plant growth.

Recent studies indicate that green algae not only serve as nutrient sources but also enhance plant development through their biostimulant effects. Applications of microalgae have been reported to significantly increase plant height, root development, leaf area, and total biomass, while also enhancing photosynthetic capacity by stimulating chlorophyll synthesis (El Boukhari et al., 2020; Fernández et al., 2021). Moreover, the presence of green algae has been demonstrated to have a number of notable effects on soil composition. These include improvements to soil structure, increases in the amount of organic matter, and stimulation of the activity of beneficial soil microorganisms. (Renuka et al., 2021). Another important feature of green algae is their ability to enhance plant tolerance to abiotic stress conditions. Studies conducted under drought, salinity, and heavy metal stress have shown that microalgae applications increase antioxidant enzyme activities, regulate osmotic balance, and mitigate stress-induced damage in plants (Kapoore et al., 2021; Singh & Kumar, 2024). This is particularly significant in the context of increasing climate change impacts on agricultural systems. However, there are still some limitations associated with the use of green algae as biofertilizers. Production costs, species selection, application rates, and variability under field conditions are among the factors affecting the widespread adoption of these biotechnological products (Chiaiese et al., 2018). Nevertheless, ongoing technological advancements and increasing research efforts are expected to overcome these challenges and promote the broader use of microalgae-based biofertilizers.

The aim of this study is to evaluate the use of green algae as biofertilizers and their effects on plant growth in light of current literature. In this context, the effects of green algae on plant growth, nutrient uptake, soil fertility, and stress tolerance are discussed to highlight their potential in sustainable agriculture.

GREEN ALGAE

Algae are among the most important biological resources utilized in various industrial sectors today. Particularly in East and Southeast Asia, they are consumed as food and are also widely used in medicine, pharmaceuticals, cosmetics, and agriculture, especially in fertilizer production. Algae can be harvested from natural environments or cultivated under controlled conditions. They contain valuable compounds such as bromine, iodine, organic acids, polysaccharides, agar, alginic acid, proteins, and vitamins. In countries with coastal regions, algae have long been used as food, fertilizers, and industrial raw materials. In particular, countries such as Japan, Korea, and China have extensive production and consumption of marine algae. Economically important marine algae are generally classified into three main groups: green algae (Chlorophyceae), brown algae (Phaeophyceae), and red algae (Rhodophyceae). Among these, red algae are especially notable due to their role as a source of commercially valuable polysaccharides such as agar and carrageenan. Agar has been produced in East Asia since early times and was introduced to Europe later. Similarly, carrageenan extracted from red algae has historically been used as a thickening agent in Europe and has gained increasing economic importance with advancements in extraction technologies (Günay, 2021; Sever, 2024).

Green algae (microalgae) are photosynthetic organisms, mostly unicellular or simple multicellular, that are widely distributed in aquatic environments. These organisms have the capacity to synthesise organic compounds from carbon dioxide and water using solar energy, thereby performing a vital function as primary producers in ecosystems. (Fernández et al., 2021). Microalgae are defined by their rapid growth rates, high biomass production potential, and wide tolerance to environmental conditions (Ronga et al., 2019). Green algae, and more specifically those classified within the Chlorophyta group, are characterised by the content of chlorophyll-a and chlorophyll-b pigments. Thanks to these pigments, they possess an efficient photosynthetic capacity and can produce biomass with high efficiency. (Kapoore et al., 2021). Furthermore, microalgae have been shown to be rich in proteins, carbohydrates, lipids, vitamins and various bioactive compounds, which places them in a position of value for application in agriculture, food, energy and environmental management. (González-Pérez et al., 2022). One of the key advantages of microalgae is their ability to adapt rapidly to different environmental conditions. They can be cultivated in freshwater, seawater, and even wastewater, making them suitable for sustainable production systems. Furthermore, microalgae have a high carbon sequestration capacity and play an effective role in converting atmospheric CO_2 into biomass (Świca et al., 2026). This feature highlights their importance not only in agriculture but also in environmental sustainability. Overall, green algae possess significant ecological and biotechnological potential. Their use as biofertilizers and biostimulants offers important advantages in promoting plant growth, improving soil fertility, and enhancing plant tolerance to abiotic stresses (Parmar et al., 2023; Kapoore et al., 2021).

GREEN ALGAE AS BIOFERTILIZERS

Biofertilisers are defined as environmentally friendly agricultural inputs that contain live microorganisms or biologically active natural components with the purpose of supporting plant growth and enhancing soil fertility. In this context, green algae (microalgae) are of particular interest as a source of biofertiliser, due to their high nutrient content and biological activity. The utilisation of microalgae-based biofertilisers has been demonstrated to yield several benefits for agricultural practices. Firstly, these biofertilisers provide direct nutrients to plants. Secondly, they contribute to sustainable agricultural practices by improving biological and chemical processes in the soil (Renuka et al., 2021; Kapoore et al., 2021). Green algae (microalgae) have

demonstrated significant potential in recent years as biofertilisers and biostimulants in sustainable agricultural practices. A body of research has been conducted in the fields of microbiology, soil science and plant physiology, and indexed in the Web of Science, Scopus and PubMed databases. This demonstrates that microalgae offer multifaceted benefits in agricultural production.

It is evident that microalgae are abundant in essential macronutrients such as nitrogen (N), phosphorus (P) and potassium (K), in addition to micronutrients including zinc (Zn), iron (Fe) and manganese (Mn). Furthermore, research has indicated the presence of biologically active compounds within these samples, including auxin, gibberellin-like growth regulators, vitamins, amino acids and polysaccharides. The aforementioned properties have been demonstrated to directly support plant growth, thereby contributing to enhanced crop yields. Research has demonstrated that the implementation of microalgae in agriculture confers several benefits, including enhanced root and shoot development in plants, improved germination rates, and augmented total biomass (El Boukhari et al., 2020; Ferreira et al., 2021). In addition, the utilisation of microalgae as soil conditioners has been shown to enhance soil organic matter content and improve soil fertility by promoting microbial activity (Renuka et al., 2021; Kapoore et al., 2021). Moreover, it has been documented that microalgae-based biofertilisers augment plants' resilience to abiotic stress conditions. In studies conducted under conditions of stress, such as drought and salinity, it has been determined that microalgae applications increase antioxidant enzyme activities and improve photosynthetic performance (Singh & Kumar, 2024; Chiaiese et al., 2018). The utilisation of microalgae in agriculture can be achieved through a variety of application methods. Direct soil application, foliar spraying and seed priming are among the most common methods employed. It is evident that the utilisation of these applications results in an enhancement of the absorption of plant nutrients, in addition to a reinforcement of the interaction between plants and soil through the promotion of root development.

A significant characteristic of microalgae is their high protein content. As demonstrated in the relevant literature, the proportion of proteins in microalgal biomass can vary between 11–71%, depending on the species (Koyande et al., 2019). Furthermore, these proteins have been shown to possess a balanced composition in terms of essential amino acids. This renders microalgae a significant organic nitrogen source in the context of plant production. In addition, microalgae have been found to contain substantial quantities of carbohydrates and polysaccharides. These compounds fulfil a pivotal function as an energy source, in addition to their role in enhancing soil structure, promoting aggregate formation and increasing water-holding capacity. The photosynthetic activities of microalgae have been demonstrated to result in high levels of carbohydrate production, thus classifying them as sustainable bio-resources (Gouda et al., 2018; Kabato et al., 2025). In addition, microalgae have been found to be rich in vitamins (A, B complex, C and E), carotenoids, phenolic compounds and other antioxidant substances. The bioactive compounds under scrutiny have been demonstrated to exert a positive influence on growth and development by enhancing stress tolerance in plants (Koyande et al., 2019). Moreover, microalgae have been found to contain trace elements such as iron, zinc and manganese, which have been demonstrated to have a pivotal role in regulating enzymatic reactions in plants (Günay, 2021; Sever, 2024).

EFFECTS OF GREEN ALGAE ON PLANT GROWTH

Research has demonstrated that the utilisation of microalgae-based biofertilizers and biostimulants leads to substantial enhancements in various plant characteristics, including germination, root and shoot development, leaf area, and total biomass (El Boukhari et al., 2020;

Fernández et al., 2021). Phytohormones such as auxin, cytokines, and gibberellin, which are produced by microalgae, directly affect root and shoot development by promoting plant cell division and elongation. This has been demonstrated to contribute to the formation of stronger root systems, especially in early development stages, and to increase the plant's nutrient uptake capacity (Nawaz et al., 2022; Chiaiese et al., 2018). Moreover, a plethora of studies have demonstrated that microalgae applications enhance seed germination rates and accelerate seedling development (Singh & Kumar et al., 2024). When evaluated in terms of plant growth parameters, microalgae applications have been shown to have a positive effect on plant height, leaf number, leaf area, and chlorophyll content. Specifically, an increase in photosynthetic pigments has been demonstrated to result in an enhancement of photosynthetic capacity, which, in turn, has been shown to lead to an increase in plant productivity (Renuka et al., 2021; Kapoore et al., 2021). Furthermore, the micro and macronutrients provided by microalgae contribute to the regulation of metabolic activities in plants. The utilisation of microalgae has been demonstrated to accelerate nutrient cycles by increasing microbial activity in the soil. It is an established fact that the process of conversion of organic nutrient forms into inorganic forms is catalysed by biochemical processes carried out by microorganisms. The result of this process is that the inorganic forms are rendered capable of absorption by plants. This process enables the transportation of critical elements, particularly nitrogen and phosphorus, to the plant (Kapoore et al., 2021; Renuka et al., 2021). A further significant contribution of microalgae is their ability to enhance the efficiency of nutrient utilisation in plants. Research has demonstrated that the utilisation of microalgae-based applications in agriculture facilitates enhanced nutrient utilisation in plants, thereby enabling higher yields with reduced fertiliser input (Singh et al., 2024).

It has been demonstrated that microalgae, due to the presence of chlorophyll, carotenoids and other photosynthetic pigments, have the capacity to promote chlorophyll synthesis in plants and to increase pigment density in leaves. This phenomenon facilitates the more efficient utilisation of light energy, thereby enhancing the rate of photosynthesis (Chiaiese et al., 2018). It has been demonstrated that an increase in photosynthetic activity results in higher carbon assimilation and biomass production in plants. The application of microalgae to soil has been demonstrated to engender an augmentation in the organic matter content of the soil, thereby engendering a conducive environment for the proliferation of microorganisms. It has been demonstrated that this process has the capacity to promote the development of microorganisms, including bacteria, fungi, and actinomycetes, within the soil environment, thereby resulting in an increase in microbial biomass. (El Boukhari et al., 2020). It has been demonstrated that increased microbial activity accelerates the mineralization of nutrients, thereby supporting the formation of nutrients in an available form for plants. It is evident that microalgae possess the capacity to enhance the activity of enzymes within soil. The acceleration of nitrogen and phosphorus cycles in the soil is attributable to increased activity of enzymes such as dehydrogenase, phosphatase, and urease. These processes facilitate the conversion of nutrients, especially in organic form, into a form usable by plants (Kapoore et al., 2021; Renuka et al., 2021).

In relation to soil fertility, microalgae have been demonstrated to have a positive impact on soil structure. The incorporation of microalgae-derived polysaccharides has been demonstrated to enhance the physical structure of soil through several mechanisms. These include the promotion of soil aggregate formation, an increase in water retention capacity, and an improvement in aeration. This results in a more conducive environment for root development (Acién Fernández et al., 2021). In addition, microalgae have been demonstrated to enhance the interaction between plants, soil, and microorganisms by fostering the proliferation of beneficial microorganisms within the rhizosphere. This interaction has been demonstrated to enhance the efficiency with which plants utilise nutrients, thereby fostering increased resistance to stress

conditions (Singh & Kumar, 2024). However, the contribution of microalgae to the carbon cycle is also a significant advantage. The photosynthetic activity of these organisms is responsible for the conversion of atmospheric carbon into biomass, thereby contributing to the augmentation of the organic carbon content within the soil matrix. This has been demonstrated to increase soil fertility and support environmental sustainability (Renuka et al., 2021).

CONCLUSION AND DISCUSSION

A review of the literature on the use of green algae as biofertilizers clearly reveals that these organisms have multifaceted and positive effects on plant growth. The findings demonstrate that the application of green algae leads to a substantial augmentation in plant height, root and shoot development, and total biomass. The observed effects can be attributed primarily to the essential nutrients nitrogen (N), phosphorus (P), and potassium (K), as well as to the growth-regulating compounds auxin, gibberellin, and kinetin, which are present in the algae. Moreover, the impact of green algae on soil merits attention. The capacity of these organisms to enhance organic matter content, optimise soil structure, and stimulate microbial activity enables enhanced access to nutrients by plants. This contributes to more balanced plant nutrition and consequently increased yields. As demonstrated in the extant literature, the application of green algae has been shown to increase photosynthetic activity, promote chlorophyll synthesis, and improve the physiological performance of plants (see Kolcu & Yeşilyurt, 2025; Ceren & Yeşilyurt, 2025).

In addition, the finding that green algae have the capacity to enhance the ability of plants to tolerate abiotic stress conditions is of significance. It has been hypothesised that in unfavourable environments, including drought, salinity, and heavy metal stress, the application of algae can enhance the stress tolerance of plants by increasing antioxidant enzyme activities. However, it should be noted that these effects vary depending on the type of algae used, the application dose, the plant variety, and the environmental conditions. Green algae have been identified as having considerable potential as an alternative or complementary biofertiliser source to chemical fertilisers in terms of sustainable agricultural practices. In addition to supporting plant development, the improvement of soil health suggests that these organisms may be used more widely in agricultural production in the future. Nevertheless, the establishment of application standards, the optimisation of appropriate species and dosages, and the augmentation of long-term field studies are pivotal for supporting the effective and widespread utilisation of green algae in agricultural systems.

REFERENCES

Ceren, ÇN & Yeşilyurt, S. (2025). Book title: *Türkiye ve Dünyada Toprak Bilimi ve Bitki Besleme* Chapter title: Kırmızı Alg ve Çevre: Doğal Dengenin Sessiz Kahramanları. Editors: Prof.Dr. Sevinç YEŞİLYURT published by Yaz yayınları. E_ISBN 978-625-8574-33-3 pp. 1-17. Publication date: Aralık 2025

Chiaiese, P., Corrado, G., Colla, G., Kyriacou, M. C., & Rouphael, Y. (2018). Renewable sources of plant biostimulation: microalgae as a sustainable means to improve crop performance. *Frontiers in plant science*, 9, 1782.

El Boukhari, M. E. M., Barakate, M., Bouhia, Y., & Lyamlouli, K. (2020). Trends in seaweed extract based biostimulants: Manufacturing process and beneficial effect on soil-plant systems. *Plants*, 9(3), 359.

Enzai, D.U., Nan, X.I. A., Yuying, G.U.O., Yuehan, T.I.A.N., Binghe, L.I., Xuejun, L.I.U., & De Vries, W. (2022). Ecological Effects of Nitrogen Deposition uon Urban Forests: An Overview. *Frontiers of Agricultural Science & Engineering*, 9(3).

Fernández, F. G. A., Reis, A., Wijffels, R. H., Barbosa, M., Verdelho, V., & Llamas, B. (2021). The role of microalgae in the bioeconomy. *New biotechnology*, 61, 99-107.

Ferreira, A., Bastos, C. R., Marques-dos-Santos, C., Acién-Fernandez, F. G., & Gouveia, L. (2023). Algaeculture for agriculture: from past to future. *Frontiers in Agronomy*, 5, 1064041.

Garcia-Gonzalez, J., & Sommerfeld, M. (2016). Biofertilizer and biostimulant properties of the microalga Acutodesmus dimorphus. *Journal of applied phycology*, 28(2), 1051-1061.

González-Pérez, B. K., Rivas-Castillo, A. M., Valdez-Calderón, A., & Gayosso-Morales, M. A. (2022). Microalgae as biostimulants: a new approach in agriculture. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, 38(1), 4.

Günay, M. (2021). *Bazı İpliksi Yeşil Alg Türlerinin Bitkilerde Gübre Olarak Kullanılmasının Çimlenme ve Büyüme Üzerine Etkisi.* Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyoloji Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi.

Kabato, W. S., Hailegnaw, N., Chaffamo, T. E., Samuel, A., De Silva, A. G. S. D., & Molnár, Z. (2025). Microalgae-Based Strategies for Soil Health and Crop Productivity: Mechanisms, Challenges, and Pathways to Climate-Resilient Agriculture. *Agronomy*, 15(11), 2669.

Kapoore, R.V., Wood, E.E., & Llewellyn, C.A. (2021). Algae biostimulants: A critical look at microalgal biostimulants for sustainable agricultural practices. *Biotechnology Advances*, 49, 107754.

Kolcu, R & Yeşilyurt, S. (2025). Use of Algae in Agrıculture and Climate Change: Natural Fertilizer, Growth Regulator, and Soil Amendment. 5 th International World Energy Conference 12-13 December 2025, Kayseri/ Türkiye.

Koyande, A. K., Chew, K. W., Rambabu, K., Tao, Y., Chu, D. T., & Show, P. L. (2019). Microalgae: A potential alternative to health supplementation for humans. *Food Science and Human Wellness*, 8(1), 16-24.

Nawaz, F., Majeed, S., Farman, M., Sheteiwy, M. S., Al-Mamun, A., Nawaz, M., & Neumann, G. (2022). *Biostimulants as regulators of stress metabolites to enhance drought and salinity stress tolerance in plants*. Biostimulants for crop production and sustainable agriculture, 265-294.

Parmar, P., Kumar, R., Neha, Y., & Srivatsan, V. (2023). Microalgae as next generation plant growth additives: Functions, applications, challenges and circular bioeconomy based solutions. *Frontiers in Plant Science*, 14, 1073546.

Renuka, N., Ratha, S. K., Kader, F., Rawat, I., & Bux, F. (2021). Insights into the potential impact of algae-mediated wastewater beneficiation for the circular bioeconomy: a global perspective. *Journal of environmental management*, 297, 113257.

Ronga, D., Biazzi, E., Parati, K., Carminati, D., Carminati, E., & Tava, A. (2019). Microalgal biostimulants and biofertilisers in crop productions. *Agronomy*, 9(4), 192.

Sever, O. (2024). *Çanakkale ilinde dağilim gösteren yeşil alglerden codium fragile subsp. Fragile'in element içeriklerinin araştırılması.* Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Su Ürünleri Yetiştiricilik Anabilim Dalı. Yüksek Lisans Tezi.

Sharma, A., Kumar, V., Shahzad, B., et al. (2019). Worldwide pesticide usage and its impacts on ecosystem. *SN Applied Sciences*, 1(11), 1446.

Sharma, G. K., Khan, S. A., Shrivastava, M., et al. (2021). Circular economy fertilization: Phycoremediated algal biomass as biofertilizers for sustainable crop production. *Journal of Environmental Management*, 287, 112295.

Singh, V., & Kumar, B. (2024). A review of agricultural microbial inoculants and their carriers in bioformulation. *Rhizosphere*, 29, 100843.

Świca, I., Kazimierowicz, J., & Dębowski, M. (2026). Prospects and Potential for the Use of Microalgae and Cyanobacteria Biomass in Agriculture. *Phycology*, 6(1), 19

LEGAL CHARACTERIZATION OF THE FAILURE TO REPATRIATE FOREIGN CURRENCY EXPORTED ABROAD: A COMPARATIVE ANALYSIS OF AZERBAIJANI AND TURKISH LAW

Gunay GUDRATLI

National Aviation Academy, Department of Law, Criminal Law and Criminology; Penal law

ORCID ID: https://orcid.org/0009-0006-8163-871X

ABSTRACT

In the context of globalizing economic relations, the regulation of capital movement plays a crucial role in ensuring the financial security of states. The failure to repatriate foreign currency funds exported abroad negatively affects both macroeconomic stability and the effectiveness of currency control mechanisms. In this regard, determining the legal nature of this obligation is of particular relevance. The main objective of this study is to identify the legal nature of the act of non-repatriation of foreign currency funds in the legal systems of Azerbaijan and Türkiye, and to comparatively analyze whether this act gives rise to administrative or criminal liability. In this study, the comparative legal method was adopted as the main methodological approach. The normative legal acts regulating currency control and currency regulation in the Republic of Azerbaijan, as well as the relevant legislation of the Republic of Türkiye, were systematically analyzed. Additionally, legal doctrine and existing academic literature were reviewed, and similarities and differences between various approaches were identified through comparative analysis. The analysis revealed that in both countries, the obligation to repatriate foreign currency funds holds significant legal importance and serves as a key element of currency control. However, the legal liability mechanisms for the violation of this obligation differ between the two countries. In Azerbaijan, stricter control mechanisms and more severe liability measures are established in this field. In contrast, the Turkish legal system regulates such liability through relatively more lenient measures and different legal approaches.

The obligation to repatriate foreign currency funds functions in both legal systems as an administrative legal obligation aimed at ensuring financial stability, regulating the currency market, and protecting public economic interests. Nevertheless, the legal approaches applied to the violation of this obligation differ. In Azerbaijan, both administrative and criminal liability are provided for by legislation for such acts, whereas in Türkiye, the issue is primarily regulated within the framework of administrative law.

In conclusion, it can be stated that the Azerbaijani legal system provides for stricter and more comprehensive liability mechanisms in this area.

Key Words: foreign currency, legal system, repatriation, administrative and criminal liability

INTRODUCTION

In today's globalized economic environment, the expansion of cross-border trade has made the issue of ensuring financial security of states particularly important. In this context, the regulation of capital movement and the repatriation of foreign currency funds obtained through foreign economic activity have significant macroeconomic importance.

From a legal perspective, the concept of repatriation of foreign currency funds refers to the obligation of residents to return foreign currency earnings - obtained through export operations, advance payments, or similar foreign economic activities - back to their home country's authorized bank accounts within the time limits and procedures established by law (Law of the Republic of Azerbaijan on Currency Regulation). This applies in cases where goods or services have not been received in return for the transferred funds. The violation of this obligation not only weakens the effectiveness of currency control mechanisms, but also leads to imbalances in the balance of payments, instability of the national currency exchange rate, and ultimately a decline in overall economic security. According to the general approach in legal doctrine, the criminalization or administrative sanctioning of economically related offences stems from the need to protect the financial sovereignty of the state. In this regard, determining the legal nature of the non-repatriation of foreign currency funds - whether it gives rise to administrative or criminal liability - is of both theoretical and practical importance. The main objective of this research is to comparatively analyze the liability mechanisms established in the legislation of the Republic of Azerbaijan and the Republic of Türkiye for the violation of the repatriation obligation, to clarify the legal nature of this act, and to evaluate the philosophy behind the sanctions applied in both legal systems from an academic perspective.

CONCEPTUAL FRAMEWORK

Legal regulation of the non-repatriation of foreign currency funds in the Republic of Azerbaijan

In the legal system of the Republic of Azerbaijan, a strict liability mechanism has been established for the non-repatriation of foreign currency funds transferred abroad (Law of the Republic of Azerbaijan on Currency Regulation). In order to protect the state's economic interests in this area, specific provisions are enshrined in both administrative and criminal legislation.

The type and severity of liability are directly determined by the amount of unrepatriated foreign currency funds. According to Article 483 of the Code of Administrative Offences of the Republic of Azerbaijan (Code of Administrative Offences of the Republic of Azerbaijan, Art. 483), administrative liability is provided for the non-repatriation of relatively small amounts of foreign currency - up to twenty thousand manats - that are required to be mandatorily transferred to accounts of authorized banks as a result of foreign economic activity. Such an act is punishable by a fine ranging from thirty to fifty percent of the value of the currency involved (Code of Administrative Offences of the Republic of Azerbaijan, Art. 483).

At the same time, Article 430.4 of the same Code establishes financial sanctions for cases where foreign currency funds are paid in advance but the corresponding goods are not imported or services are not provided within the prescribed time limits (Code of Administrative Offences of the Republic of Azerbaijan, Art. 430.4). In such cases, liability is applied to both officials and legal entities (Code of Administrative Offences of the Republic of Azerbaijan, Art. 430.4).

These legal provisions function as preventive measures aimed at safeguarding the country's foreign exchange reserves and ensuring financial discipline in external economic operations (Central Bank of the Republic of Azerbaijan, Rules on Operations in Foreign Currency by Residents of the Republic of Azerbaijan and Operations in National and Foreign Currency by Non-Residents).

When the amount of unrepatriated foreign currency funds exceeds twenty thousand manats, the degree of public danger of the act increases, and the matter falls within the scope of criminal law regulation. Article 208 of the Criminal Code of the Republic of Azerbaijan classifies the

failure to repatriate foreign currency funds as a crime in the category of economic activity-related offences (Criminal Code of the Republic of Azerbaijan, Art. 208). According to the disposition of the article, the failure to repatriate foreign currency funds obtained as a result of foreign economic activity and subject to mandatory transfer, in significant amounts (from twenty thousand to thirty thousand manats) or in large amounts (over thirty thousand manats), gives rise to criminal liability (Criminal Code of the Republic of Azerbaijan, Art. 208). For this offence, the legislator provides for a severe punishment of imprisonment for a term of three to five years (Criminal Code of the Republic of Azerbaijan, Art. 208). This approach of the Criminal Code demonstrates that, in Azerbaijan, the failure to return large volumes of capital transferred abroad is regarded not merely as a violation of financial discipline, but as a direct threat to the state's economic security and macroeconomic stability (Constitutional Court of the Republic of Azerbaijan, Plenum Decisions - on the complaint of H. Aslanov and the application of the Shaki Court of Appeal). The criminalization of large-scale non-repatriation of foreign currency funds can be interpreted as a manifestation of a preventive legal policy aimed at protecting foreign exchange reserves (World Bank, 2020).

Legal regulation of the non-repatriation of foreign currency funds in Türkiye

In the legal system of the Republic of Türkiye, the issue of repatriation of foreign currency funds is regulated through a different legal approach. The main normative act in this area is Law No. 1567 on the Protection of the Value of Turkish Currency, adopted in 1930 (Law No. 1567 on the Protection of the Value of Turkish Currency, 1930). This law grants the state broad powers to protect the value of the national currency and regulate capital movements (Law No. 1567 on the Protection of the Value of Turkish Currency, 1930).

To ensure the implementation of the law, Decree No. 32 and the Communiqué No. 2018-32/48 on Export Proceeds impose specific obligations on exporters (Decree No. 32 on the Protection of the Value of Turkish Currency; Communiqué No. 2018-32/48 on Export Proceeds, 2018). Under Turkish legislation, proceeds obtained from export transactions carried out by persons in Türkiye must be brought into the country and transferred to the relevant banks within a maximum of 180 days from the actual export date (Communiqué No. 2018-32/48 on Export Proceeds, 2018). Failure to repatriate the funds within this period is considered a violation of the law and results in legal liability (Law No. 1567 on the Protection of the Value of Turkish Currency, 1930, Art. 3).

In the Turkish legal system, the nature of liability for such non-compliance is clearly administrative. According to Article 3 of Law No. 1567 on the Protection of the Value of Turkish Currency (Law No. 1567 on the Protection of the Value of Turkish Currency, 1930, Art. 3), exporters who fail to bring back receivables arising from goods, services, or capital exports within the prescribed period are subject to an administrative fine amounting to 5% of the market value of the funds that should have been repatriated. The legislator has also introduced an incentive mechanism: if the exporter repatriates the funds before the administrative fine decision becomes final, the applicable penalty cannot exceed 2.5% of the amount required to be brought into the country (Law No. 1567 on the Protection of the Value of Turkish Currency, 1930, Art. 3).

If the account is not settled within the 90-day warning period issued by tax authorities, or if force majeure circumstances are not proven, the case is referred to the prosecutor's office, which then imposes the administrative sanction (Communiqué No. 2018-32/48 on Export Proceeds, 2018). In legal doctrine, this approach is explained by the decriminalization of economic violations and the application of purely administrative sanctions instead of criminal penalties.

Another notable feature of Turkish legislation concerns the subjects of liability. Article 3, paragraph 6 of Law No. 1567 on the Protection of the Value of Turkish Currency explicitly states that if such violations are committed for the benefit of a legal entity, the same administrative fine is also imposed on that legal entity (Law No. 1567 on the Protection of the Value of Turkish Currency, 1930, Art. 3(6)). This means that the Turkish legal system allows both the individual perpetrator (such as a company manager) and the legal entity to be fined simultaneously and in the same amount (Law No. 1567 on the Protection of the Value of Turkish Currency, 1930, Art. 3(6)). However, regardless of the amount involved, failure to repatriate export proceeds is not considered a criminal offence in Türkiye and does not result in imprisonment (Law No. 1567 on the Protection of the Value of Turkish Currency, 1930, Art. 3).

METHODOLOGY

In this research, I used a comparative legal approach as the main methodological framework. This method allowed me to systematically examine how two different legal systems regulate the same legal phenomenon, namely the obligation to repatriate foreign currency funds.

Now let us analyze the issues of liability for the act discussed in both countries.

The primary methodological approach of this research is grounded in the comparative legal method. Given its capacity to facilitate an analytical comparison of different legal systems, this method has been instrumental in identifying the similarities and differences in the legal regulatory mechanisms governing foreign currency control in the Republic of Azerbaijan and the Republic of Türkiye.

As a first step, the normative-legal analysis method was applied. Through this method, the principal legislative acts of both countries in the fields of currency regulation, currency control, and combating economic offences were systematically examined. These include the Code of Administrative Offences of the Republic of Azerbaijan (Articles 483 and 430.4) (Code of Administrative Offences of the Republic of Azerbaijan, Art. 483; Art. 430.4), the Criminal Code of the Republic of Azerbaijan (Article 208) (Criminal Code of the Republic of Azerbaijan, Art. 208), as well as the Republic of Türkiye's Law No. 1567 on the Protection of the Value of Turkish Currency (Law No. 1567 on the Protection of the Value of Turkish Currency, 1930), Decree No. 32, and Communiqué No. 2018-32/48 on Export Proceeds (Decree No. 32 on the Protection of the Value of Turkish Currency; Communiqué No. 2018-32/48 on Export Proceeds, 2018).

Within the framework of the systemic analysis method, the administrative and criminal law norms of both countries were examined in an interrelated manner - within the broader context of each legal system. Accordingly, the legal nature of liability for breach of the repatriation obligation was assessed not only through the lens of specific norms, but also in light of the overarching philosophy underpinning each legal system.

From a comparative legal perspective, the classification of non-repatriation of foreign currency funds as either an administrative or criminal offence reflects the broader legal philosophy and economic policy priorities of a given state (Organisation for Economic Co-operation and Development, 2017).

Model of the Research

This research is based on a comparative legal model, within the framework of which the normative legal acts, liability mechanisms of the Republic of Azerbaijan and the Republic of

Türkiye concerning foreign currency repatriation have been systematically examined, and their similarities and differences identified. The research model is grounded in the synthesis of normative analysis and systemic methods, enabling the evaluation of legal regulation not only from a comparative standpoint but also in terms of its internal logical coherence. Accordingly, the study is structured as a sequential and coherent scientific-analytical chain - from the formulation of the theoretical-legal foundation, through legislative comparison, to the articulation of conclusions.

CONCLUSION AND DISCUSSION

The comparative legal analysis conducted in this study demonstrates that the obligation to repatriate foreign currency funds constitutes a key legal instrument in both the Azerbaijani and Turkish legal systems, serving to protect financial stability, regulate the currency market, and safeguard public economic interests (Law of the Republic of Azerbaijan on Currency Regulation; Law No. 1567 on the Protection of the Value of Turkish Currency, 1930). Nevertheless, the liability mechanisms established for the violation of this obligation reveal significant conceptual divergences between the two countries.

First, the legislation of the Republic of Azerbaijan has established a dual liability system - encompassing both administrative and criminal liability. Articles 483 and 430.4 of the Code of Administrative Offences regulate violations of the repatriation obligation as administrative infractions, imposing financial sanctions for amounts up to twenty thousand manats (Code of Administrative Offences of the Republic of Azerbaijan, Art. 483; Art. 430.4). Article 208 of the Criminal Code, in turn, provides for criminal liability - including imprisonment for a term of three to five years - where the amount involved exceeds twenty thousand manats (Criminal Code of the Republic of Azerbaijan, Art. 208). This approach demonstrates that the Azerbaijani legislator regards a breach of the repatriation obligation not merely as a violation of financial discipline, but as a direct threat to the economic sovereignty of the state (Constitutional Court of the Republic of Azerbaijan, Plenum Decisions - on the complaint of H. Aslanov and the application of the Shaki Court of Appeal).

Second, the legal system of the Republic of Türkiye approaches the issue from an entirely different perspective. Under Law No. 1567 on the Protection of the Value of Turkish Currency, Decree No. 32, and Communiqué No. 2018-32/48 on Export Proceeds, export proceeds must be repatriated within 180 days (Communiqué No. 2018-32/48 on Export Proceeds, 2018; Decree No. 32 on the Protection of the Value of Turkish Currency). The sanctions applicable in the event of non-compliance are purely administrative in nature: an administrative fine amounting to 5% of the unrepatriated amount is imposed, which is reduced to 2.5% if payment is made prior to the finalization of the fine decision (Law No. 1567 on the Protection of the Value of Turkish Currency, 1930, Art. 3). This model clearly reflects the trend of decriminalization in economic offences - the substitution of criminal penalties with administrative sanctions.

Third, both legal systems characterize the repatriation of foreign currency as an administrative legal obligation (Law of the Republic of Azerbaijan on Currency Regulation; Law No. 1567 on the Protection of the Value of Turkish Currency, 1930). However, the legal responses to the breach of this obligation differ substantially - in terms of the type and severity of liability and the applicable procedural mechanisms (Code of Administrative Offences of the Republic of Azerbaijan, Art. 483; Art. 430.4; Criminal Code of the Republic of Azerbaijan, Art. 208; Law No. 1567 on the Protection of the Value of Turkish Currency, 1930, Art. 3). These differences are not merely technical or legal in nature; they also reflect the broader economic policies, state-business relations, and legal-philosophical orientations of each state.

In conclusion, in order to improve the regulatory framework governing the repatriation obligation, both countries should draw upon each other's legal experience. Such an approach would serve to safeguard both financial discipline and a conducive environment for economic development.

REFERENCES

Criminal Code of the Republic of Azerbaijan. (Art. 208).

Code of Administrative Offences of the Republic of Azerbaijan. (Art. 430.4, 483).

Constitutional Court of the Republic of Azerbaijan, Plenum Decisions (on the complaint of H. Aslanov and the application of the Shaki Court of Appeal).

Law No. 1567 on the Protection of the Value of Turkish Currency (Republic of Türkiye). (Art. 3).

Communiqué No. 2018-32/48 on Export Proceeds (Republic of Türkiye, Decree No. 32 on the Protection of the Value of Turkish Currency).

Central Bank of the Republic of Azerbaijan. Rules on Operations in Foreign Currency by Residents of the Republic of Azerbaijan and Operations in National and Foreign Currency by Non-Residents.

Law of the Republic of Azerbaijan on Currency Regulation.

World Bank. (2020). Global economic prospects. Washington, DC: World Bank.

Organisation for Economic Co-operation and Development. (2017). OECD economic outlook. Paris: OECD Publishing.

NARRATIVES OF THE DÜZCE EARTHQUAKE FROM A SPATIAL MEMORY PERSPECTIVE

MEKÂNSAL HAFIZA PERSPEKTİFİNDEN DÜZCE DEPREMİ ANLATILARI

Bu çalışma Mediha Yıldırım'ın Dr. Öğr. Üyesi Mehmet Karaaslan danışmanlığında yürüttüğü "Afet Folkloru Bağlamında Düzce ve Çevre İllerde Depremle İlgili İnanış ve Anlatılar" isimli tez çalışmasından üretilmiştir.

Yüksek Lisans Öğrencisi, Mediha YILDIRIM

Düzce Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Türk Dili ve Edebiyatı Bölümü, Halk Edebiyatı Ana Bilim Dalı

ORCID ID: 0009-0000-2556-3983

Dr. Öğr. Üyesi Mehmet KARAASLAN

Düzce Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Türk Dili ve Edebiyatı Bölümü, Halk Edebiyatı Ana Bilim Dalı

ORCID ID: 0000-0002-9162-3849

ABSTRACT

Introduction and Purpose: This study examines folk narratives that emerged after the August 17, 1999 Marmara Earthquake and the November 12, 1999 Düzce Earthquake from a spatial memory perspective. Earthquakes are not only events that cause physical destruction, but also experiences that leave deep traces in social memory. In this context, the main aim of the study is to reveal the relationship between post-disaster narratives and space, and to evaluate the role of these narratives in the formation of collective memory.

Materials and Methods: A qualitative method was adopted in the research. Oral narratives collected within the scope of field studies were analyzed within the framework of disaster folklore and spatial memory theory. The data were analyzed through the narratives of individuals who experienced the earthquake; focusing especially on memory spaces such as destruction areas, temporary living spaces, and memorial areas.

Results: The findings show that post-earthquake folk narratives largely exhibit a space-centered structure. Destroyed structures become symbolic spaces where feelings of loss, absence, and longing are intensified in the narratives. Tent and container cities stand out as spatial manifestations of solidarity and reconstruction processes, while cemeteries and memorial sites emerge as fundamental spaces for social mourning and collective remembrance. In this context, narratives function as important tools for carrying individual experiences into a framework of collective memory.

Discussion and Conclusion: This study reveals that the experience of disaster becomes permanent through space, and that space is a decisive element in the formation of narratives. These findings demonstrate that in disaster folklore studies, space is not a passive background but an active component at the center of meaning production. However, the study is still in its final stages, and a more comprehensive discussion and conclusions will be included in the full text of this paper.

Key Words: Spatial memory, disaster folklore, Düzce earthquake, collective memory, folk narratives.

ÖZET

Giriş ve Amaç: Bu çalışma, 17 Ağustos 1999 Marmara Depremi ve 12 Kasım 1999 Düzce Depremi'nin ardından ortaya çıkan halk anlatılarını mekânsal bellek perspektifinden incelemektedir. Depremler sadece fiziksel yıkıma neden olan olaylar değil, aynı zamanda toplumsal hafızada derin izler bırakan deneyimlerdir. Bu bağlamda, çalışmanın temel amacı afet sonrası anlatılar ile mekân arasındaki ilişkiyi ortaya koymak ve bu anlatıların kolektif hafızanın oluşumundaki rolünü değerlendirmektir.

Yöntem ve Materyaller: Araştırmada nitel bir yöntem benimsenmiştir. Saha çalışmaları kapsamında toplanan sözlü anlatılar, afet folkloru ve mekânsal bellek teorisi çerçevesinde analiz edilmiştir. Veriler, depremi yaşayan bireylerin anlatıları üzerinden analiz edilmiş; özellikle yıkım alanları, geçici yaşam alanları ve anma alanları gibi bellek mekânlarına odaklanılmıştır.

Bulgular: Bulgular, deprem sonrası halk anlatılarının büyük ölçüde mekân merkezli bir yapı sergilediğini göstermektedir. Yıkılan yapılar, anlatılarda kayıp, yokluk ve özlem duygularının yoğunlaştığı sembolik mekânlara dönüşmektedir. Çadır ve konteyner kentler, dayanışma ve yeniden inşa süreçlerinin mekânsal tezahürleri olarak öne çıkarken, mezarlıklar ve anma alanları ise toplumsal yas ve kolektif anma için temel mekânlar olarak ortaya çıkmaktadır. Bu bağlamda anlatılar, bireysel deneyimleri kolektif hafıza çerçevesine taşımak için önemli araçlar olarak işlev görmektedir.

Tartışma ve Sonuç: Bu çalışma, afet deneyiminin mekân aracılığıyla kalıcı hale geldiğini ve mekânın anlatıların oluşumunda belirleyici bir unsur olduğunu ortaya koymaktadır. Bu bulgular, afet folkloru çalışmalarında mekânın pasif bir arka plan değil, anlam üretiminin merkezinde yer alan aktif bir bileşen olduğunu göstermektedir. Ancak, çalışma halen son aşamalarında olup, daha kapsamlı bir tartışma ve sonuçlar bu makalenin tam metnine dahil edilecektir.

Anahtar Kelimeler: Mekânsal bellek, afet folkloru, Düzce depremi, kolektif bellek, halk anlatıları.

Giriş

Doğal afetler, yalnızca maddi yıkım ve can kaybıyla açıklanamayacak kadar geniş toplumsal etkiler doğuran olaylardır. İnsanlar, yaşamlarını sürdürdükleri mekânları fiziksel çevreler olarak ele aldıkları gibi duygusal, kültürel ve toplumsal yaşantıların birikim yeri olarak da algılarlar (Tuan, 1997; Lefebvre, 1991). Mekânsal hafıza kavramı, bireylerin ve toplumların yaşadıkları mekânları tecrübe ve hatıralarıyla birlikte anlamlandıran önemli bir araçtır (Halbwachs, 1992). Mekân, bireylerin kimliklerini, toplumsal ilişkilerini ve geçmişteki izlenimlerini yeniden oluşturdukları yerdir.

Mekânsal hafıza, bireyin yaşadığı deneyimler ile toplumun ortak hafızası arasında bağlantı kuran bir aracı rol üstlenir. Bireyler, yaşadıkları mekânları anımsarken mekânda deneyimledikleri duyguları, kayıpları ve toplumsal etkileşimleri de hatırlarlar (Nora, 1989). Örneğin, deprem sonrası yıkılan bir ev, sadece bir barınma alanı değildir. Kaybın, korkunun ve dayanışmanın somutlaştığı bir mekân olarak bireylerin hafızasında yer edinir. Bu yönüyle

mekânsal hafıza, afetlerin sosyal ve psikolojik etkilerini anlamaya yönelik çözümleyici bir bakış sunmaktadır (Erikson,1976; Assmann, 2011).

Afet sonrasında ortaya çıkan yeniden yerleşim ve mekânı yeniden anlamlandırma süreci, bireylerin aidiyet ve kimlik duygularını tekrar kurmalarında önemli bir etkendir. Bu süreç toplumsal dayanışmanın görünür hâle geldiği bir alan yaratır. Geçici yaşam alanları ile yıkımın izlerinin görüldüğü yerler, insanların barınma ihtiyacını karşılar. Ortak hatıraların, paylaşılan acıların ve birlikte yeniden ayağa kalkma iradesinin şekillendiği toplumsal mekânlar olarak da değerlendirilebilir (Erll,2011).

Araştırma, bireylerin deprem deneyimlerini nasıl anlamlandırdığını, mekânla olan ilişkilerinin nasıl değiştiğini ve bu değişimin toplumsal belleğe etkilerini ele almaktadır. Nitel bir fenomenolojik yaklaşım benimsenmiş olup, katılımcılarla derinlemesine görüşmeler gerçekleştirilmiş ve elde edilen veriler, mekânsal hafıza ve toplumsal bellek bağlamında analiz edilmiştir (Creswell, 2013). Böylece, deprem sonrası mekânın hem bireysel hem de toplumsal düzeyde travma, kayıp ve yeniden inşa süreçlerinde oynadığı merkezi rol, ayrıntılı biçimde ortaya konacaktır.

Kavramsal Çerçeve

Deprem, sarsıcı bir yıkım olayı olmakla birlikte bireylerin ve toplulukların yaşadıkları yerle kurdukları anlam ilişkilerinde köklü bir kopuş yaratan bir deneyim olarak ele alınmalıdır. Bu kopuş, gündelik hayatın sürekliliğini kesintiye uğratırken, mekânın yalnızca barınma ve kullanım işleviyle sınırlı olmayan anlam katmanlarını görünür hâle getirir. Böylece afet sonrası ortaya çıkan mekânsal yeniden yapılandırma, fiziksel çevre ile toplumsal kimliğin ve aidiyet duygusunun yeniden şekillenmesini içeren çok boyutlu bir dönüşüm süreci olarak değerlendirilebilir (de Certeau, 1984).

Bu çalışma kapsamında mekân, sadece sabit bir zemin olarak alınmamalıdır. Toplumsal ilişkilerin üretildiği, deneyimlerin biriktiği ve hafızanın şekillendiği canlı bir yapı olarak ele alınmaktadır. Mekânın bu niteliği, bireysel yaşantıların toplumsal düzeyde nasıl anlam kazandığını açıklamak açısından merkezi bir önem taşır. Özellikle afet gibi kırılma anları sonrasında, mekânın geçmişle kurulan bağın sürdürülmesinde etkin bir rol üstlendiği görülmektedir (Lefebvre, 1991).

Kollektif bellek kuramı, hafızanın bireysel sınırların ötesinde, sosyal çevre içinde kurulan ve sürdürülen bir yapı olduğunu ortaya koyar. Bu yaklaşım çerçevesinde hatırlama, bireyin zihinsel bir faaliyetinin ötesinde, içinde bulunduğu toplumsal bağlam tarafından yönlendirilen bir süreçtir. Dolayısıyla bireyler, geçmiş yaşantılarını yeniden kurarken yalnızca kişisel anılarına başvurmazlar. Aynı zamanda ait oldukları grubun sunduğu anlam ilişkilerine de başvururlar (Halbwachs, 1992). Bu durum, hafızanın sosyal ilişkilerden ayrı düşünülemeyeceğini göstermektedir.

Genel olarak değerlendirildiğinde, deprem sonrası anlatıların belirli mekânlar etrafında şekillendiği görülmektedir. Yıkımın yaşandığı alanlar, geçici barınma yerleri ve hatırlamaya konu olan mekânlar, anlatıların kurulmasında belirleyici rol oynar. Bu durum, mekânın anlatı üretiminde pasif bir unsur olmadığını, deneyimin aktarılmasını, anlamlandırılmasını ve paylaşılmasını sağlayan kurucu bir bileşen olduğunu ortaya koyar.

Sonuç olarak mekân, afet sonrasında yaşananların geçtiği bir sahne değildir. Hafızanın biçimlendiği, kimliğin yeniden kurulduğu ve toplumsal anlamın üretildiği temel bir yapı olarak değerlendirilmelidir. Bu yönüyle mekânsal hafıza yaklaşımı, bireysel deneyim ile kolektif bellek arasındaki ilişkiyi açıklamada güçlü bir kuramsal zemin sunmaktadır.

Metodoloji

Çalışmada, deprem deneyiminin bireyler tarafından nasıl anlamlandırıldığını ortaya koymak amacıyla nitel araştırma yaklaşımı benimsenmiştir. Bireylerin yaşadıkları deneyimleri kendi bakış açılarıyla ifade etmelerine olanak tanıyan fenomenolojik desen çerçevesinde kurgulanmıştır (Creswell, 2013). Bu yaklaşım, katılımcıların deprem sürecine ilişkin öznel deneyimlerini, algılarını ve bu deneyimlere yükledikleri anlamları derinlemesine incelemektedir.

Araştırma boyunca toplanan veriler, katılımcı anlatılarında belirginleşen anlam bütünlükleri dikkate alınarak tematik bir çerçevede ele alınmıştır. Bu süreçte görüşme içerikleri baştan sona incelenmiş; tekrar eden söyleyişler ile anlam bakımından öne çıkan anlatı bölümleri seçilerek değerlendirmeye dahil edilmiştir.

Tematik analiz süreci yüzeydeki anlamların ortaya çıkarılmasıyla sınırlı tutulmamıştır. Katılımcıların deneyimlerinin arka planında yer alan duygusal, kültürel ve toplumsal boyutlar da dikkate alınmıştır. Böylece deprem deneyiminin mekânla ilişkili olarak nasıl yapılandırıldığı, hangi mekânsal yapılar üzerinden hatırlandığı ve bu hatırlama süreçlerinin nasıl ortaklaştığı ortaya konulmuştur. Bu yöntem, hem bireysel deneyimlerin çeşitliliğini ortaya koymakta hem de bu deneyimlerin kolektif bir hafıza çerçevesinde nasıl bütünleştiğini anlamaya imkân tanımaktadır.

Veri Toplama Süreci

Veri toplama süreci, üç ana aşamadan oluşmaktadır: katılımcı seçimi, saha çalışmaları ve veri kaydı ile etik uygulamalar.

Katılımcılar, Düzce Depremi'ni yaşamış ve deneyimlerini hatırlayabilen yetişkin bireyler arasından seçilmiştir. Araştırmanın amacı, farklı sosyal, ekonomik ve demografik arka planlara sahip bireylerin mekân algısı ve hafıza deneyimlerini karşılaştırmak olduğundan, yaş, cinsiyet, meslek ve ikamet edilen mahalle gibi çeşitliliği sağlayacak kriterler belirlenmiştir.

Seçilen katılımcılar, amaçlı örnekleme (purposive sampling) yöntemi ile belirlenmiştir. Bu yöntem, özellikle araştırmanın odaklandığı fenomeni derinlemesine anlamaya olanak tanıyan bilgiye sahip bireylerin seçilmesini sağlar. Araştırmada toplam 11 katılımcı ile derinlemesine görüşmeler gerçekleştirilmiştir. Katılımcıların her biri, deprem öncesi ve sonrası mekânsal deneyimlerini hatırlayabilen ve anlatabilen kişiler olarak özenle belirlenmiştir.

Saha çalışmaları öncesinde araştırmacı, katılımcılarla ilk iletişimi telefon yoluyla kurmuş, araştırmanın amacı, süresi ve veri kullanımı hakkında ayrıntılı bilgi vermiştir. Katılımcılar, gönüllülük esasına dayalı olarak çalışmaya dâhil edilmiştir. Görüşmelerin gerçekleştirileceği mekânlar, katılımcıların kendilerini rahat hissedeceği, dikkat dağıtıcı unsurlardan uzak alanlar olarak seçilmiştir.

Veri toplama sürecinde**,** görüşmelerin doğal ve samimi bir ortamda gerçekleşmesi için açık uçlu sorular ve yönlendirici olmayan ifadeler kullanılmıştır. Araştırmacı, katılımcının anlatımını kesmeden dinlemeye, gerektiğinde açıklayıcı sorular sorarak derinlemesine bilgi elde etmeye özen göstermiştir. Bu süreçte, katılımcıların mekânı hatırlarken kullandıkları anlatım tarzı, sözcük seçimleri ve duygusal tepkiler de not edilerek veri zenginleştirilmiştir.

Görüşmeler, katılımcıların izniyle ses kaydı cihazları ile kaydedilmiştir. Ayrıca, görüşmeler sırasında gözlemsel notlar alınmış; mekân betimlemeleri, jest ve mimikler, katılımcının duygusal ifadeleri sistematik şekilde not edilmiştir. Ses kayıtları ve gözlemsel notlar, daha sonra tematik analize uygun şekilde çözümleme için transkribe edilmiştir.

Transkripsiyon sürecinde, katılımcı ifadelerinin özgünlüğü korunmuş, anlatımın duygusal ve mekânsal bağlamı da metne aktarılmıştır. Bu sayede, mekânın fiziksel ve duygusal boyutları arasında doğrudan bir ilişki kurulması mümkün olmuştur

Araştırmanın her aşamasında etik standartlara uyulmuştur. Katılımcılara araştırmanın amacı, veri kullanımı, anonimlik ve gizlilik hakları ayrıntılı olarak açıklanmıştır. Katılımcıların isimleri ve kişisel bilgileri gizli tutulmuş, analizlerde kodlar kullanılmıştır. Ayrıca, deprem gibi travmatik bir deneyim üzerine veri toplandığı için, görüşmeler sırasında katılımcıların psikolojik güvenliği ön planda tutulmuş ve ihtiyaç halinde dinlenme ve destek sağlanmıştır.

Bulgular ve Analiz

Yıkım Mekânları: Travmanın Mekânsal Temsili

Yıkım mekânları, fiziksel olarak zarar görmüş ya da dönüşüm geçirmiş alanların, bireysel ve toplumsal travmaların izlerini taşıyan ve bu yaşantıları görünür kılan anlatı düzeyleri olarak ele alınmasını ifade eder (Lefebvre, 1991). Bu yaklaşım, mekânı yalnızca coğrafi ya da mimari bir unsur olmadığını, geçmişte yaşanan kırılmaların, kayıpların ve şiddet deneyimlerinin biriktiği bir hafıza alanı olarak ele alır (Caruth, 1996).

Bu çerçevede yıkım mekânları, savaş, afet, zorunlu yer değiştirme ya da toplumsal gerilimler sonucunda biçim ve işlev kaybına uğrayan alanların, travmatik tecrübeleri simgesel ve duygusal birikimle üzerinde taşıdığı fikrine dayanır. Fiziksel olarak zarar gören mekân ile insan belleğinde oluşan izler birbirini besleyen bir ilişki içinde ilerler. Bu nedenle bu tür yerler, geçmişi hatırlamanın yanı sıra yaşananlarla yüzleşmenin de gerçekleştiği alanlar haline gelir.

Katılımcı anlatıları, deprem deneyiminin belirli mekânlar üzerinden hatırlandığını açık biçimde dile getirmiştir. Özellikle ev, apartman ve mahalle gibi gündelik yaşamın merkezinde yer alan alanlar, deprem sonrasında travmatik hafızanın taşıyıcıları hâline gelmiştir.

Bu noktada görüşme yapılan katılımcı, depremi evin farklı bölümleri üzerinden somutlaştırarak anlatmıştır. Depreme mutfakta yakalanması, kaçış alanı olan merdivenlerin çökmesi, eşinin bulunduğu oturma odasında yangın çıkması ve kendisinin kiriş altında sıkışması, mekânların güvenli alanlar olmaktan çıkıp yıkım ve kayıp yerlerine dönüştüğünü gösterir. Ayrıca üst katta annesinin enkaz altında kalması ve bina çevresindeki kurtarma çabaları, travmanın evin her katına yayıldığını ortaya koyar. Bu anlatımda ev, sadece bir yaşam alanı değil; acı, çaresizlik ve kayıpların hafızada yer ettiği bir travma mekânı haline gelmiştir (K3).

K1 ve K2'nin yaşadıkları apartmanı "mezar" metaforuyla tanımlamaları, mekânın anlamının köklü bir dönüşüm geçirdiğini ortaya koymaktadır. Benzer şekilde K3'ün, yıkılan evinin bulunduğu alanı "kaybın açık bir şekilde görüldüğü yer" olarak ifade etmesi, fiziksel mekânın duygusal ve sembolik bir yük kazandığını göstermektedir.

K11'in anlatısında ise deprem öncesinde gündelik yaşamın sürdüğü bir kahvehane, ani bir yıkımla göçük altında kalınan ve ölümle yüz yüze gelinen kapalı bir enkaz alanına dönüşmüştür. "Üstümüzü caraskalla açtılar, hava aldık" ve "boğulmak üzereydik" ifadeleri, mekânın bir tehlike alanına dönüştüğünü gösterir. Yıkımın ardından ulaşılan hastane ve geçici barınma alanları ise travmanın sürdüğü ve ölümün görünür olduğu geçiş mekânları hâline gelmektedir.

Bu durum, mekânın olayların gerçekleştiği basit bir zemin olarak ele alınamayacağını göstermektedir. Travmatik deneyimin yeniden üretildiği ve hatırlama aşamalarının merkezinde yer alan etkin bir yapı olduğunu yansıtmaktadır. Maurice Halbwachs'ın yaklaşımına göre hafıza, bireysel bir olgu olmaktan ziyade toplumsal ilişkiler ve ortak anlam çerçeveleri içinde inşa edilmektedir (Halbwachs, 1992). Bu açıdan bakıldığında yıkıma uğramış mekânların, kolektif acının somutlaştığı ve toplumsal hafızanın dayanak noktalarını oluşturan mekânsal referans alanlarına dönüştüğü ifade edilebilir.

Geçici Yaşam Alanları: Güvenliğin Mekânsal Yeniden İnşası

Deprem sonrasında ortaya çıkan çadır kentler, konteyner yerleşimleri ve açık alanlar, katılımcı anlatılarında belirgin biçimde "güvenli mekânlar" olarak öne çıkmaktadır. Bu alanlar, yıkım sonrasında insanların yeniden buluştuğu; birlikte hareket etme, dayanışma gösterme ve kaybolan güven duygusunu yeniden kurma imkânı bulduğu yerlerdir (Aldrich, 2012).

Bu durumu kaynak kişi, deprem sonrası güvenliğin yeniden kurulmasının birlikte var olunan mekânlar üzerinden gerçekleştiğini ifade etmektedir (K9). Evin yıkılmasıyla birlikte güven duygusu kaybolmuştur. Bunun yerine çadırlar, açık alanlar ve geçici barınaklar hem kendilerini güvende hissetme hem de dayanışma alanına dönüşmüştür. Birden fazla ailenin birlikte yaşaması, ortak ihtiyaçların paylaşılması ve özellikle ibadetlerin çadırda sürdürülmesi, manevi ve sosyal açıdan güven üreten yerler haline geldiğini göstermektedir. Bu süreçte geçici yaşam alanları, travma sonrası hayata tutunmanın ve güveni yeniden inşa etmenin temel mekânları olmuştur.

K4 ve K5'in, günlerce kaldıkları boş arazileri "yaşamın devam ettiği mekân" olarak ifade etmeleri, bu alanların barınma noktası olmaktan çıkıp duygusal bir anlam yüklendiğini ortaya koymaktadır. K6'nın kapalı mekânlardan kaçınarak açık alanlarda kendini daha güvende hissettiğini ifade etmesi ise mekânsal hafızanın bireylerin davranışlarını nasıl yönlendirdiğini göstermektedir.

Deprem sonrasında komşularla birlikte hareket edilmesi, herkesin birbirine yiyecek ve destek sağladığı ve geceleri ateş etrafında toplanarak zaman geçirdikleri bu durum bazı yerlerde aylarca, bazı yerlerde ise bir-iki yıl boyunca devam ettiği görülmektedir. Bu açıdan bakıldığında mekân, geçmişte yaşananların izlerini barındırdığı gibi geleceğe dair güven hissinin oluşturulduğu bir ortam olarak anlam kazanmaktadır. Bu da afetin ardından insanların mekânla kurduğu ilişkinin değiştiğine ve bu yeni yaşantının kendilerini güvende hissedip hissetmemelerinde belirleyici bir rol oynadığına işaret etmektedir.

Bir anlatıda ise, geçici yaşam alanının hayatın önemli dönüm noktasına da sahne olduğu ifade edilmiştir. Özellikle çadır ve sera ortamında, evliliğe giden bir süreçlerin başlandığını, söz ve isteme gibi geleneksel ritüellerin bu geçici ortamlar içinde gerçekleştiği de anlatılmıştır. Bu anlatı, geçici yaşam alanlarının kişisel hayatın sürdüğü ve şekillendiği bir durum olduğunu göstermektedir.

Ayrıca bu alanlarda kurulan sosyal ilişkiler, afet folkloru bağlamında değerlendirildiğinde, anlatıların üretildiği ve paylaşıldığı önemli sosyal ortamlar olarak da öne çıkmaktadır. Bu yönüyle geçici yaşam alanları hem fiziksel hem de kültürel hayatın yeniden şekil aldığı yerler olarak önem kazanmaktadır.

Hatıra Mekânları: Kolektif Belleğin Somutlaşması

Hatıra mekânları, deprem gibi yıkıcı olayların ardından toplumun yaşadığı kaybı, acıyı ve dayanışmayı açık bir şekilde hatırlamak ve gelecek kuşaklara aktarmak için oluşturulan yerlerdir (Nora, 1989).

Bireylerin depremle ilgili yaşantılarını kendi anlatıları üzerinden aktarması, hatıra mekânlarının yaşanmışlıklar, inançlar ve duygusal birikimler üzerinden kurulan anlamlarla şekillendiğini gösterir. Örneğin bir kaynak kişi bu durumu şu şekilde ifade etmektedir: "Deprem müzelerimiz var. Bu müzeler benim için sadece ziyaret yeri değil, yaşananları yeniden hatırladığım ve kaybettiklerimi anımsadığım yerlerdir." (K10). Bu ifade, deprem müzelerinin sergileme alanı olmasıyla birlikte bireysel ve toplumsal hafızayı harekete geçiren hatıra mekânları olduğunu göstermektedir.

Müzeler, geçmişte yaşanan afetin belgelerini sunmaktadır. Duygusal, mekânsal ve toplumun yaşadığı yıkıcı etkiyi de ziyaretçilere aktarmaktadır. Müze içerisinde yer alan sergiler, fotoğraf galerileri ve simülasyon alanı deprem yaşantısının yeniden kurgulandığını gösterir. Yıkım, kayıp ve belirsizlik duyguları; görseller ve mekânın deprem anını andıran yapısal özellikleri üzerinden görünür hâle gelmektedir. Özellikle "Bizim Gerçeğimiz, Unutmadık" temalı fotoğraf sergileri, toplumsal belleği canlı tutmayı amaçlayan güçlü bir anlatı sunmakta ve deprem gerçeğinin unutulmaması gerektiği vurgulanmaktadır.

Müzelerin içerisinde yer alan kristal anıt ve anı duvarı gibi bölümler sembolik hatıra alanları olarak öne çıkmaktadır. Bu yapılar, depremde hayatını kaybeden bireyleri görünür kılarak yasın ve hatırlamanın mekânsal karşılık bulduğu yerlerdir. Bu yönüyle müzeler, toplumsal bellekte mekânların belirgin hâle getirildiği, geçmişin belgeler ve deneyimsel olarak yeniden oluşturulduğu bir hatıra mekânı olarak toplumsal hafızada yaşatılmasını sağlamaktadır.

Deprem sonrasında gelişen davranış biçimleri; evlerin yeniden düzenlenmesi, güvenli alanların oluşturulması ve gündelik yaşamın güvenlik ihtiyacı doğrultusunda yeniden oluşması, hafızanın mekân üzerinden yeniden anlam kazandığını göstermektedir. Bu aşamada evler, sadece barınma alanı olmaktan çıkarak, geçmiş yaşantıların izlerini taşıyan ve ileriye dönük korunma yöntemlerinin oluştuğu hatıra mekânları hâline gelir. Bununla birlikte anma törenleri, dualar ve kayıplar için geliştirilen söylemler de belirli mekânlarda yoğunlaşır. Toplumun ortak yasının görünür hâle getirilmesine aracılık eder. Dolayısıyla kişisel deneyimler, paylaşılan ritüeller ve anlatılar yoluyla toplumsal hafızada karşılık bulur. Bu nedenle deprem hem fiziksel mekânda hem de insanların zihinsel algılarında kalıcı bir etki bırakır.

K7'nin her yıl belirli alanlarda gerçekleştirilen anma etkinliklerine katıldığını ifade etmesi ve bu mekânları "ziyaret edilmesi gereken yerler" olarak belirtmesi, söz konusu alanların toplumsal hafızadaki yerini göstermektedir. K8'in, anma törenlerinin belirli mekânlarda yapılmasının bu alanlara kalıcı bir anlam yüklediğini aktarması da bu süreci pekiştirmektedir.

Bu araştırma sonuçları, Pierre Nora'nın "hafıza mekânları" kavramı ile doğrudan örtüşmektedir. Nora'ya göre bu tür mekânlar, geçmişin izlerini yansıtan ve ortak hafızanın biçimlendiği özel alanlardır (Nora, 1989).

Deprem sonrası ortaya çıkan mezarlıklar, anıt alanları ve yıkım bölgeleri hem fiziksel çevreler hem de toplumsal hatırlamanın devam ettiği sembolik mekânlar olarak değerlendirilmektedir. Bu mekânlar aracılığıyla bireyler, yaşadıkları kayıpları anlamlandırmakta ve toplumsal düzeyde ortak bir hafıza üretmektedir.

Mekânın Duygusal Olarak Anlamlandırılması: Bireysel Hafıza Düzeyleri

Katılımcı anlatıları, mekânların duygusal yoğunluklarıyla hatırlandığını ifade etmektedir. Aynı mekân, farklı bireyler tarafından farklı duygusal anlamlar taşır. Bazılarına göre ev, korku ve kaybın sembolü haline gelirken bazıları için geçmişe duyulan özlem ve aidiyet duygusunu göstermektedir. Bu durum, mekânsal hafızanın öznel ve yaşananlara bağlı yapısını açıkça yansıtmaktadır.

K11'in anlatısında, deprem öncesine ilişkin olağan dışı hava koşulları, gizemli karşılaşmalar ve rüya anlatıları, bireysel hafızada mekâna yüklenen anlamı güçlendirirken; deprem anında yaşanan enkaz altında kalma, kurtarılma ve hayatta kalma mücadelesi bu mekânları yoğun duygusal izler barındıran hafızaya dönüştürmektedir. Özellikle yıkılan evin yıllar sonra bile uzaktan izlenmesi, mekânın artık duygusal bir bağın ve yaşanmışlıkların taşıyıcısı olarak geçmişi yeniden hissettiren bir alana dönüştürmüştür. Anlatıcı bu durumu ise şu ifadelerle dile

getirmektedir: “Deprem anında enkaz altındaydım. Evimin içinde yangın çıktı ve ben sağ kurtulabildim ama eşim… Evimizin yıkılmış hâlini yıllar sonra bile uzaktan izliyorum.”

Jan Assmann’ın kültürel bellek yaklaşımı, bu durumu açıklamada önemli bir çerçeve oluşturmaktadır. Assmann’a göre hafıza, bireysel bir süreçle birlikte kültürel ve sembolik yapılar aracılığıyla şekillenen bir olgudur (Assmann, 2011). Bu bağlamda mekânlar, bireylerin duygusal deneyimlerini anlamlandırdıkları ve bu deneyimleri kültürel bağlamda yeniden inşa ettikleri alanlar olarak değerlendirilebilir. Mekânsal hafıza, duyguların, deneyimlerin ve anlamların iç içe geçtiği çok boyutlu bir yapı olarak karşımıza çıkmaktadır.

Mekân ve Kimlik: Aidiyetin Kırılması ve Yeniden Kurulması

Deprem sonrası mekân kaybı, kimlik oluşumu bağlamında önemli etkiler yaratmıştır. Mekânsal bağın kopması, bireylerin kendilerini tanımlama biçimlerinde de değişimlere yol açmaktadır.

K3’ün “ait olduğum yerle bağımı kaybetmiş gibi hissettim” ifadesi, mekânın bireysel kimlik üzerindeki belirleyici rolünü açıkça ortaya koymaktadır. Bu durum, mekânın sadece fiziksel bir alan olmanın ötesinde, bireyin aidiyet duygusunu ve kimliğini şekillendiren temel bir unsur olduğunu göstermektedir (de Certeau, 1984).

Buna benzer başka bir kaynak kişi ise deprem sonrasında yaşadığı yerle kurduğu bağın ciddi şekilde sarsıldığını dolaylı olarak ifade etmektedir. Özellikle “Düzce ile ilgili gözümüz başka hiçbir şey görmedi, bir tek yıkıntı vardı” şeklinde anlatımı, yaşadığı çevrenin artık eski anlamını yitirdiğini ve mekânın zihninde yıkım olarak kaldığını göstermektedir (K7). Bu durum, mekânsal aidiyetin kırıldığını yansıtmaktadır.

Benzer şekilde, “Hiçbir şeyden tat alamadığımız bir dünyamız oldu” ifadesi, o çevreyle kurulan duygusal bağın zayıfladığını göstermektedir. Kaynak kişi burada yalnızca bir yer kaybını değil, o yere ait hissetmenin kaybını da dile getirmektedir (K9). Deprem sonrasında başka bir yerde eve taşınma, yeni düzene uyum sağlama, hayatın yeniden kurulmaya çalışıldığını açıkça göstermektedir.

Deprem sonrası yaşanan yer değiştirme, ev kaybı ve sosyal çevrenin dağılması gibi süreçler, bireylerin mekânsal aidiyet duygusunu zayıflatmakta ve kimlik düzeyinde kırılmalara neden olmaktadır. Bununla birlikte, yeni yerleşim alanlarında kurulan ilişkiler ve yeniden oluşturulan mekânsal bağlar, bu kimliğin zamanla yeniden inşa edilmesine de olanak tanımaktadır.

Bu bağlamda mekânsal hafıza, geçmişin hatırlanmasını ve kimliğin yeniden kurulmasını sağlayan dinamik bir süreç olarak yorumlanabilmektedir.

Mekânın Anlatı Üretimindeki Kurucu Rolü

Elde edilen tüm anlatılar birlikte değerlendirildiğinde, afet sonrası anlatıların güçlü bir biçimde mekân merkezli bir yapı sergilediği görülmektedir. Özellikle Düzce depremine ilişkin sözlü anlatılar, mekânın anlatı üretimindeki kurucu rolünü açık biçimde ortaya koymaktadır. Anlatıda ev, başlangıçta güvenli bir yaşam alanı olarak yer alırken, deprem anıyla birlikte ölüm tehdidinin merkezine dönüşmektedir. Enkaz altında kalma yaşantısı, mekânın fiziksel yapısının (kolonlar, katlar, odalar) anlatının ana unsurlarına dönüşmesine neden olur. Kolonların beden üzerine çökmesi, odaların dağılması ve katların üst üste yığılması gibi detaylar, anlatının mekânsal olarak kurulmasına katkı sağlar. Bu durum, mekânın yalnızca bir arka planda kalmadığını doğrudan taşıyıcısı olduğunu gösterir.

Anlatılarda dikkat çeken bir diğer unsur, mekânın yönlendirici etkisidir. Enkaz altındayken makine seslerinin durdurulması, insan gücüyle kazı yapılmasının talep edilmesi gibi davranışlar, bireylerin daha önce edindiği mekânsal bilgiyle ilişkilidir. Bu açıdan mekân, yalnızca deneyimlenen değil; aynı zamanda bilgi ve hayatta kalma stratejilerinin üretildiği bir

alan haline gelir. Bu durum, anlatının yaşananları ve mekânla kurulan bilinçli ilişkiyi içerdiğini gösterir. Depremden sonraki dönemde, yaşanılan yerlerin değişmesi ve yeniden düzenlenmesi, anlatının bir başka boyutunu göstermektedir. Yıkılan evin yerine bakma eylemi, bireyin hafızasında mekânın sabit bir belirleyici unsur olarak varlığını sürdürdüğünü gösterir. Anlatıcının uzun süre evinin bulunduğu yere bakmaya devam etmesi, mekânın yokluğuna rağmen anlatı içinde varlığını koruduğunu ortaya koyar. Bu durum, mekânın kolektif ve bireysel hafızadaki sürekliliğini destekler (Maurice Halbwachs, 1992).

Sonuç olarak, Düzce depremine ilişkin saha anlatıları, mekânın anlatı üretimindeki kurucu etkisini şu düzeyde ortaya koymaktadır: (1) travmanın doğrudan yaşandığı fiziksel alan olarak mekân, (2) hayatta kalma biçimlerini belirleyen mekân. Bu yapı, anlatının bireysel bir deneyim aktarımı olmadığını, mekân aracılığıyla şekillenen bir anlam üretim süreci olduğunu göstermektedir. Bu nedenle mekânlar bireysel deneyimlerin toplumsal belleğe dönüşmesinde kritik bir aracı rol üstlenmektedir. Afet sonrası anlatıların anlaşılmasında güçlü bir analitik çerçeve sunmaktadır.

Sonuç ve Tartışma

Araştırma, Düzce Depremi örneği üzerinden, afet sonrası anlatıların mekânsal hafıza çerçevesinde nasıl şekil aldığını, bireysel ile toplumsal hafıza süreçleri arasındaki etkileşimi ortaya koymayı amaçlamıştır. Elde edilen bulgular, depremin bireysel bir acı deneyim olmakla birlikte mekân aracılığıyla yapılandırılan çok yönlü bir hatırlama olarak yaşandığını göstermektedir.

Katılımcıların depremi çoğunlukla belirli yerler üzerinden hatırladığı görülmektedir. Ev, mahalle ve yıkım alanları gibi günlük yaşamın geçtiği yerler, travmatik yaşantının odak noktası hâline gelmekte ve zamanla bireysel yaşantıları taşıyan sembolik alanlar hâlini almaktadır.

Deprem sonrası oluşan geçici yaşam alanları ise yalnızca barınma işlevi görmemekte, aynı zamanda toplumsal dayanışmanın ve güven duygusunun yeniden inşa edildiği alanlar olarak öne çıkmaktadır. Bireyler, bu mekânlarda yeniden bir araya gelmekte, deneyimlerini paylaşmakta ve ortak anlamlar üretmektedir. Böylece mekân, sosyal ilişkilerin ve kolektif deneyimin yeniden kurulduğu dinamik bir yapı olarak işlev görmektedir (Lefebvre, 1991).

Bazı mekânlar, zamanla bireysel hatıraların ötesine geçerek kolektif belleğin somutlaştığı alanlara dönüşmektedir. Anma alanları, mezarlıklar ve yıkım bölgeleri, toplumsal hatırlamanın merkezinde yer almakta ve geçmişin sürekliliğini sağlamaktadır. Bu bulgu, Pierre Nora'nın "hafıza mekânları" kavramıyla paralellik göstermektedir. Mekân, toplumsal bellek ve kültürel süreklilik için merkezi bir odak noktasıdır (Nora, 1989).

Ayrıca mekânsal hafızanın bireysel düzeyde de farklılaştığı ve öznel anlamlar taşıdığı görülmektedir. Aynı mekân, farklı bireyler tarafından farklı duygusal içeriklerle hatırlanmaktadır. Bu durum, hafızanın deneyime dayalı ve çok katmanlı doğasını ortaya koymakta ve Jan Assmann'ın kültürel bellek yaklaşımıyla desteklenmektedir (Assmann, 2011).

Çalışma ayrıca mekân ile kimlik arasındaki güçlü ilişkiyi de gözler önüne sermektedir. Deprem sonrası yaşanan mekân kaybı ve yerinden edilme süreçleri, bireylerin aidiyet duygusunu zedelemekte ve kimlik algısında kırılmalara yol açmaktadır. Ancak zamanla yeni mekânsal bağların kurulması, bireylerin kimlik yapılarını yeniden inşa etmelerine olanak tanımaktadır. Bu, mekânsal hafıza geçmişe ilişkin bir hatırlama sürecidir. Kimliğin yeniden inşasında önemli ve hareketli bir rol oynadığını ortaya koymaktadır (Caruth, 1996).

Sonuç olarak, mekânsal hafıza yaklaşımı, afet folkloru ve toplumsal bellek çalışmalarında güçlü bir analitik çerçeve sunmaktadır. Bu yaklaşım, afetlerin yalnızca fiziksel yıkım boyutunu değil, aynı zamanda kültürel, toplumsal ve psikolojik etkilerini anlamlandırmaya imkân tanımaktadır.

Düzce Depremi örneği, mekân, hafıza ve anlatı arasındaki çok yönlü ilişkiyi somut biçimde ortaya koyarak, afet sonrası toplumsal bellek çalışmalarına hem kuramsal hem de uygulamalı katkılar sağlamaktadır.

Kaynak Kişiler (Saha Derlemesi)

Kod	Yaş	Cinsiyet	Meslek / Durum	Görüş Tarihi
K1	65	Erkek	Emekli / Esnaf	02.03.2025
K2	43	Kadın	Ev hanımı	22.05.2025
K3	71	Erkek	Emekli	08.07.2025
K4	40	Kadın	Öğretmen	24.07.2025
K5	65	Kadın	Emekli	12.08.2025
K6	38	Erkek	Serbest meslek	11.01.2026
K7	36	Kadın	Hemşire	23.02.2026
K8	47	Erkek	Esnaf	28.02.2026
K9	55	Kadın	Ev hanımı	01.03.2026
K10	35	Kadın	Öğretmen	04.03.2026
K11	43	Erkek	PVC doğrama ustası	11.03.2026

KAYNAKÇA

Adapazarı Deprem ve Kültür Müzesi. (2004). Adapazarı Deprem ve Kültür Müzesi hakkında bilgiler. Sakarya: Adapazarı Belediyesi Yayınları.

Assmann, J. (2011). *Cultural memory and Western civilization: Functions, media, archives*. Cambridge University Press.

Caruth, C. (1996). *Unclaimed experience: Trauma, narrative, and history*. Johns Hopkins University Press.

Connerton, P. (1989). How societies remember. Cambridge; New York. Cambridge University Press.

Creswell, J. W. (2013). *Qualitative inquiry & research design: Choosing among five approaches* (3rd ed.). Sage Publications.

De Certeau, M. (1984). The practice of everyday life. (Steven Rendall, Trans.). London: University of Calıfornia press.

Erikson, K. (1976). Everything in its path: Desruction of community in th Buffalo Creek flood. New York: Simon ve Schuster.

Erll, A. (2011). *Memory in culture*. London: Palgrave Macmillan.

Halbwachs, M. (1992). *On Collective Memory* (L. A. Coser, Trans.). Chicago: University of Chicago Press.

Lefebvre, H. (1991).Production of space. Cambridge: Blackwell.

Nora, P. (1989). Between memory and history: *Les lieux de mémoire*. *Representations*, (26), 7–24.

Tuan, Y.-F. (1977). Space and place: The perspective of experience. London: Universty of Minnesota Press

INFLUENCE OF PLANT MATERIALS ON SOIL SATURATED HYDRAULIC CONDUCTIVITY, BULK DENSITY AND MAIZE YIELD IN A RAINFOREST AGRO ECOLOGICAL ZONE OF NIGERIA

Ijiyokun, A. O.

Department of Agricultural Education, Federal College of Education(Technical), Akoka, P. O. Box. 269,

Fasanu, O.

Department of Agricultural Education, Federal College of Education(Technical), Akoka, P. O. Box. 269,

Komolehin, F.

Department of Agricultural Education, Federal College of Education(Technical), Akoka, P. O. Box. 269,

ABSTRACT

Maize is an important staple food globally. The yield of maize is influenced by soil physical properties. Incorporation of plant materials into the soil is known to influence soil physical properties in which saturated hydraulic conductivity (Ks) and bulk density (BD) are parts and has effects on maize yield. Saturated hydraulic conductivity (Ks) and bulk density (BD) are mostly used to indicate soil's physical quality which did not only determine the germination rate on the field but also determine the biological activities since the pore system is the habitation for micro-organism. An experiment was conducted in wet season and designed using Randomized complete block. The experiment involved application of three different plant materials into the soil, the plant materials are Guinea grass (Megathyrsus maximum), Siam weed (Chromoleana odorata) and Banana leaf (Musa acuminate) at 10 tons /ha. While the Control is without any plant material. The experiment was replicated thrice. Prior to the experiment, soil samples was taken at depth of 0-20cm for initial soil routine analysis and after harvesting. The Ks and BD were determined. There were positive significant effects of the application of the three plant materials on Ks and yields but the effect on BD was not significant. The Ks values were 16.7%, 43.3% and 16.2% higher than the control while BD values were 3.0%, 4.2% and 1.9% lower than the control for banana leaves, control, siam weed and guinea grass respectively. The yield showed percentage increase of 10.5%, 9.2% and 2.8% for banana leaves, siam weed and guinea grass respectively. Banana gave the highest increase percentage change in maize yield followed by siam weed while the lease percentage change was recorded in guinea grass. This may be as a result of mineralization.

Keywords: Saturated hydraulic conductivity, bulk density, siam weed, guinea grass, banana leaves.

INTRODUCTION

Saturated hydraulic conductivity (Ks) is the rate at which water moves through soil under saturated conditions (Klute and Dirksen, 1986). This parameter is fundamental in soil hydrology because it regulates infiltration, runoff generation, groundwater recharge, and transport of dissolved nutrients. Knowledge of Ks supports effective land-management decisions such as irrigation planning, drainage design, erosion prevention, and flood mitigation. Drainage status is critical for plant growth. Poor drainage restricts oxygen supply to roots, impairing development or causing plant death, whereas excessively drained soils may not retain adequate moisture during dry periods. Therefore, K is the soil's ability to supply water to roots while removing excess water from the root zone (Topp et al., 1997). Values between 5×10^{-4} and 5×10^{-3} cm s^{-1} (1.8–18 cm h^{-1}) are generally optimal because they permit rapid infiltration, minimize runoff and erosion, and allow effective drainage (Reynolds et al., 2003). Higher values increase the risk of nutrient and pesticide leaching, while lower values promote ponding, erosion, trafficability problems, and aeration stress. A critical lower threshold of Ks = 1.0×10^{-4} cm s^{-1} has been proposed for fine-textured agricultural soils (De Witt and McQueen, 1992; McQueen and Shepherd, 2002). Below this level, root-zone aeration becomes insufficient and crop productivity declines. For this reason, Ksat is widely used as an indicator of soil sustainability and contaminant transport potential (West et al., 2008).

Bulk density represents dry soil mass per unit volume and is inversely related to saturated hydraulic conductivity. High values indicate compaction that restricts root growth and water movement. Influencing factors include tillage, texture and organic matter content. Reduced tillage can lower density and increase saturated hydraulic conductivity (Six et al., 2000). Bulk density determines carbon and nutrient storage (Walter et al., 2016), while soil carbon is an indicator of land degradation under SDG 15.3.1 (Sims et al., 2020). Compaction reduces porosity and disrupts biogeochemical processes (Nawaz et al., 2013). Compaction commonly results from human activities such as machinery movement and construction operations (Randrup, 1998; Lichter and Lindsay, 1994). Increased density reduces aeration, permeability and water-holding capacity while promoting runoff and erosion. Dry bulk density is frequently used as a soil quality indicator (Carter, 1988, 1990; Reynolds et al., 2003; Drewry, 2006). Optimal density for fine-textured soils ranges between 0.9 and 1.2 Mg m^{-3} (Olness et al., 1998; Drewry et al., 2001; Reynolds et al., 2003; Drewry and Paton, 2005). Lower values reduce plant anchorage, whereas higher values restrict root growth (Jones, 1993; Olness et al., 1998; Reynolds et al., 2003; Drewry and Paton, 2005; Drewry, 2006). Organic amendments reduce bulk density. Examples include sewage sludge incorporation (Epstein et al., 1976), cattle manure application (Schjonning et al., 1994), municipal solid waste addition (Mylavarapu and Zinati, 2009), composted waste treatments (Aggelides and Londra, 2000), and sludge compost amendments (Tester, 1990). Changes in density also alter air capacity and water storage characteristics (Reynolds et al., 2007).

Maize, commonly known as corn (Zea mays L.), represents a significant annual cereal crop cultivated globally and belongs to the Poaceae family. In Kenya, maize (Zea mays) constitutes a crucial food crop central to national food security, with an annual per capita consumption of 103 kg (Pingali, 2001). Smallholder farmers in the central highlands rely heavily on maize as their primary staple food; however, production levels remain low, typically ranging from 0.5 to 1.5 tons per hectare annually (Ouma et al., 2002). The principal cause of these suboptimal yields is soil nutrient depletion evidenced by negative nutrient balances. Kenya experiences one of Africa's highest rates of soil nutrient loss, averaging 42 kg of nitrogen (N), 3 kg of phosphorus (P), and 29 kg of potassium (K) per hectare annually (Smaling et al., 1997). Studies conducted in Kenya's central highlands revealed that manure serves as the most widely utilized organic fertilizer among approximately 80% of households (Kihanda, 1996).

The purpose of this research is to evaluate the effects of three different plant materials namely Siam weed (Chromoleana odorata), Guinea grass (Panicum maximum) and Banana leaf (Musa acuminate) as organic fertilizer on soil saturated hydraulic conductivity, soil bulk density and maize yield of a loamy sand soil in a rainforest agro-ecological zone of Nigeria.

MATERIALS AND METHODS

Description of experimental location

This experiment was carried out at Federal College of Education (Technical) Akoka, Lagos. The area lies approximately between latitude 6.583^{o}N and longitude of 3.750^{o}N and 2 m above the sea level. It is located in coaster region of Nigeria with annual rainfall over 2,000mm. The annual temperature range is 22 ^{O}C and 38 ^{O}C with relative humidity above 85%.

Management Practices and Experimental design

The experiment was fitted into a Randomized Complete Block Design (RCBD). The treatments applied were three (3) plant materials: Siam weed (Chromolaena odorata), Guinea grass (Panicum maximum), Banana clippings (Musa acuminate) at 0 t/ha and 10 t/ha. The treatments were replicated three times. Each sub-plots size was 3 m by 4 m. The experiment was conducted using maize as the test crops. The land was tilled and the plant material were chopped, spread on the bed and mixed with the top soil two weeks before planting.

Soil sampling and data collection

Before the incorporation of plant materials, a composite soil sample (0 -20 cm depth) was taken for initial soil analysis. The soil sample was air-dried, sieved using 2.0 mm sieve in preparation for soil routine chemical analysis. Samples were also collected using core samplers (at 0-20 cm depth) on each plot to determine saturated hydraulic conductivity and bulk density. This was done after harvesting crops on each plot.

Saturated hydraulic conductivity (Ks) was determined by the constant – head soil core method of Reynolds (1993) adapted from Elrick et al., (1981), that is by transposed Darcy's equation for vertical flow of liquid:

$$Ks = \{V (\Delta Z)\} / \{A (\Delta t) (\Delta H)\} \quad (1)$$

Bulk density (BD) was determined by core method (Black and Hartge, 1986), using

$$\text{Bulk density } (\rho_b) \text{ in } gcm^{-3} = m_s / v_b \quad (2)$$

The grain yield in kg/ha was calculated using the formula:

$$\text{Grain Yield (kg/ha)} = \{(SP \times DW) / (100 \times PA)\} \times 10{,}000 \quad (3)$$

Where:

SP – Shelling Percentage

DW – Dry weight of cobs

PA – Area of the total land used (Williams, 2010)

Ten plants per plot were randomly selected and labeled in each of the experimental plots for the total grains yield in tons/ha after harvesting.

Data analysis

ANOVA was used for the data analysis and the result was represented in graph. LSD was used for mean separation.

RESULTS AND DISCUSSION

Some Properties of the organic amendment sources incorporated to the soils

Panicum had the highest organic carbon followed by banana leaves while chromoleana recorded the least. Available phosphorus, sodium and magnesium also followed the same trend with organic carbon (Table 1). Panicum had the least amount of potassium while banana had the highest. Panicum had the highest total nitrogen (12.8 g/kg) followed by chromoleana (11.3 g/kg) while banana had the least (11.1 g/kg) as shown in table 1.

Table 1: Properties of the Plant biomass incorporated to the soils

Properties	Chromolena odorata	Panicum maximum	Musa acuminata
OC (g/kg)	87.2	96	90.2
TN (g/kg)	11.3	12.8	11.1
C:N ratio	7.72	7.5	8.13
Available Phosphorus (mg/kg)	32.4	41.8	39.1
Ca (g/kg)	0.42	0.42	0.42
Mg (g/kg)	0.63	0.69	0.63
K (g/kg)	0.33	0.27	0.36
Na (g/kg)	0.63	0.86	0.8

Effects of different plant biomass on saturated hydraulic conductivity, bulk density and grain yield of maize

The application of the plant materials significantly ($p \leq 0.05$) increased saturated hydraulic conductivity (Ks) with CO having the highest Ks (19.65 cm/h) followed by BA (10.87 cm/h) and PM (10.77 cm/h) while control was least (7.76 cm/h). CO was 36.4 % higher than the control, BA and PM were 16.7 % and 16.2 % respectively higher than the control in Ks, showing that these plant materials help in modifying soil quality (Figure 1). Mulamba and Lal (2008) documented positive effects on soil porosity, available water content, soil aggregation, and bulk density following the application of wheat straw mulch.

The plant material application had significant effect on BD ($p \leq 0.05$), it reduced BD with CO having the highest percentage of reduction in BD which is 8.0 % followed by BA with 5.8 % reduction and PM with 3.6 % reduction in BD compared to control (1.37 g/cm^3) with respective values of 1.26 g/cm³, 1.29 g/cm³, and 1.32 g/cm³ as shown in Figure 2. Aggelides and Londra (2000) noted that in loamy and clay soils amended with composted municipal solid waste, the highest reductions in bulk density were 19.7% and 16.7%, respectively, at an addition rate of 300 Mg m^{-3} ha^{-1}. Tester (1990) reported that amendment of loamy sand soil with sewage sludge compost significantly reduced bulk density by 45% at a compost application rate of 240 Mg ha^{-1}.

Saturated hydraulic conductivity (Ks) exhibits positive correlations with water content, porosity, and water-holding capacity, while displaying a strong negative correlation with bulk density—indicating that as Ks increases, bulk density decreases. This inverse relationship aligns with findings reported by other researchers.

Application of plant biomass had significant effect on grain yield. Biomass significantly increase the grain yield, BA had the highest yield with the value 1331 kg / ha followed by CO which was slightly different from BA with the value 1274 kg / ha and then PM with the value 1139 kg / ha, control had the least grain yield value of 1077 kg / ha (Figure 3). Ojeniyi and Adetoro (1993) investigated the effect of Chromolaena mulch on soil physical conditions and

the performance of three successive okra crops. The mulch significantly increased soil moisture content, root length, crop growth, and pod yield of okra, leading to the conclusion that farmers could substantially improve okra yield through the use of Chromolaena mulch.

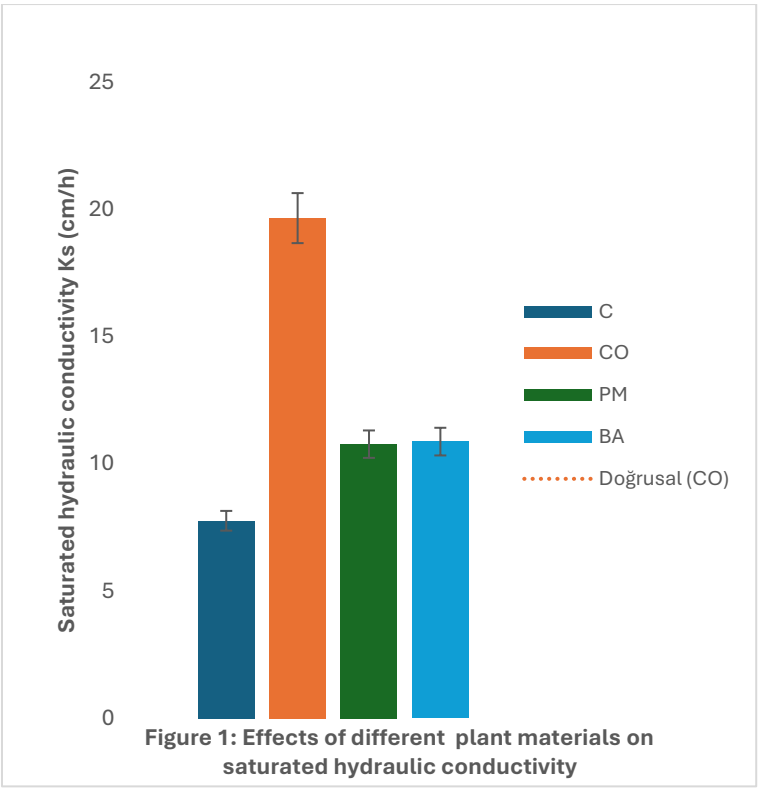


Figure 1: Effects of different plant materials on saturated hydraulic conductivity

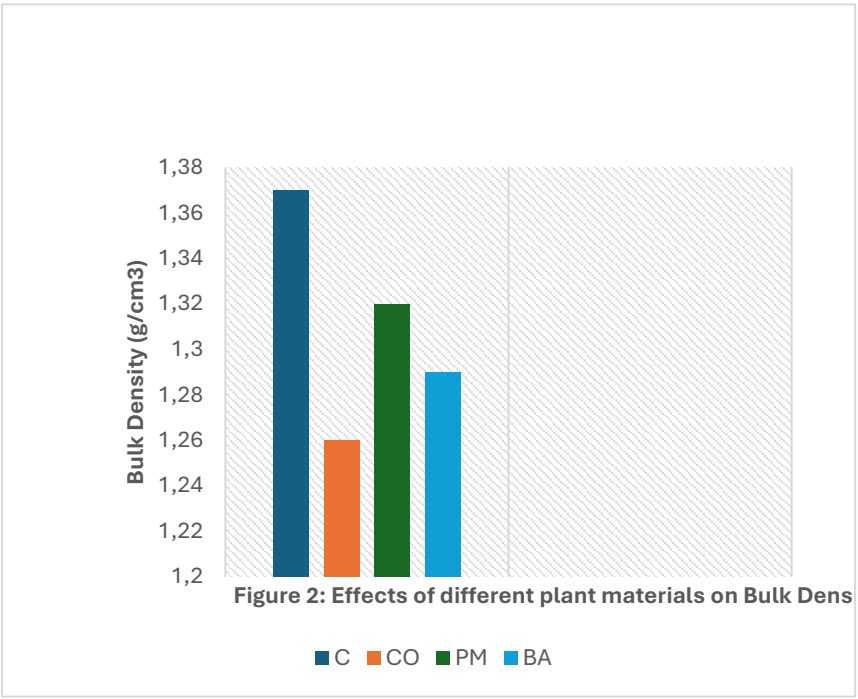
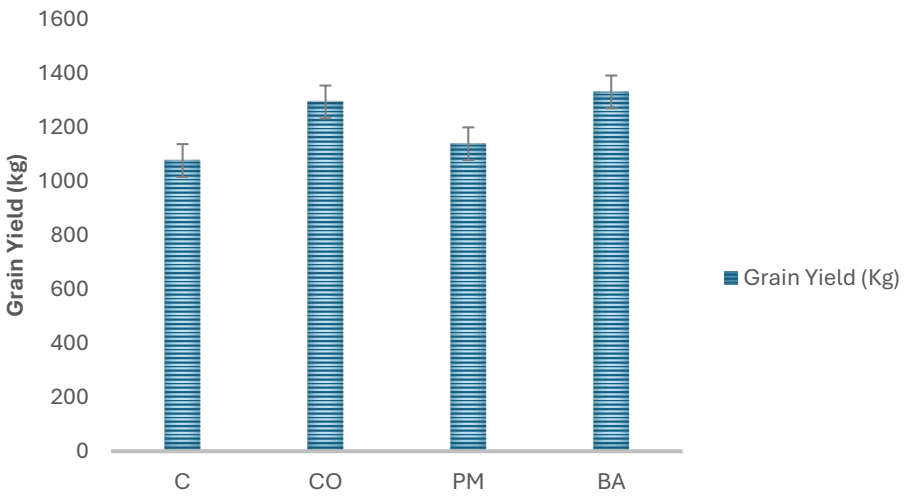


Figure 2: Effects of different plant materials on Bulk Dens



Fiure 3: Effects of different pant materials on grain yield of maize

CONCLUSION AND RECOMMENDATION

The experiment showed that there were significant differences in the effects of the three plant materials used on Ks, BD and grain yield of maize at $P<0.05$. Siam Weed (Chromoleana) had the best result showing that CO has high rate of mineralization within the soil. All the Plant residues added to the soil had positive effects on Ks, BD and grain yield of maize but chromoleana stood out to be the best.

Based on the foregoing, Chromoleana is recommended for soil saturated hydraulic conductivity, bulk density and grain yield of maize improvement. These plant materials are not sold, they were counted as weeds but it is a good source of manure to improve the soil fertility. It is therefore recommended that it can be used as soil amendment.

REFERENCES

Aggelides, S.M., Londra, P.A., 2000. Effects of compost produced from town waste and sewage sludge on the physical properties of loamy and clay soil. Bioresour. Technol. 71, 253-259.

Carter, M. R., 1988. Temporal variability of soil macroporosity in fine sandy loam under mouldboard ploughing and direct drilling. Soil Tillage Res. 12, 37-51.

Carter, M. R., 1990. Relative measures of soil bulk density to characterize compaction in tillage studies on fine sandy loams. Can. J., Soil Sci. 70, 425-433.

De Witt, N. M. M., McQueen, D. J., 1992. Compactibility of Materials for land Rehabilitation. DSIR Land Resources Scientific Report 7.

Drewry, J.J., 2006. Natural recovery of soil physical properties from treating damage of pastoral soil in New Zealand and Australia: a review. Agric. Ecosyst. Environ. 144. 159 – 169.

Drewry, J. J., Paton, R. J., 2005. Soil physical quality under cattle grazing of a winter-fed brassica crop. Aust. J. Soil Res. 43, 525-531.

Drewry, J. J., Cameron, K. C., Buchan, G. D., 2001. Effect of simulated dairy cow treading on soil physical properties and ryegrass pasture yield. N. Z. J. Agric. Res. 44, 181 – 190.

Jones, C. A., 1973. Effect of soil texture on critical bulk densities for root growth. Soil Sci. Soc. Am. J. 47, 1208-1211.

Kihanda, F. M. (1996). The role of farmyard manure in improving maize production in the sub-humid central highlands of Central Kenya. PhD Thesis, University of Reading, Reading, United Kingdom.

Klute, A., and Dirksen, C. (1986). Laboratory methods. In A. Klute (Eds.), Methods of Soil Analysis, Part 1: Physical and Mineralogical Methods (2nd ed., pp.687-734). Madison, WI:Siol Science Society of America.

Lichter, J. M., and Lindsay, P. A. (1994). The use of surface treatments for the prevention of soil compaction during the site construction. Journal of Arboriculture, 20(40 205-209.)

McQueen, D. J., Shepherd, T. G., 2002. Physical changes and compaction sensitivity of a fine textured, poorly drained soil (Typoc Endoaquipt) under varying durations of cropping, manawatu Region. N. Z. Soil.

Mulumba, L. N., and Lal, R. (2008). Mulching effect on selected soil physical properties. Soil and Tillage Research, 98(1), 106=111.https://doi.org/10.1016/j.still.2007.10.011

Mylavarapu, R.S., Zinati, G.M., 2009. Improvement of soil properties using compost for optimum parsley production in sandy soils. Scientia Horti. 120, 426-430.

Novara, A., Gristina, L., Saladino, S. S., Santoro, A., and Cerda, A. (2013). Soil erosion assessment on tillage and alternative soil managements in a Sicilian vineyard. Soil and Tillage Research, 117, 140- 147.

Ojeniyi, S.O., Dexter, A.R., 1979. Soil factor affecting the macrostructures produced by tillage. Trans. Am. Soc. Agric. Eng. 22, 339-343.

Ouma, E., Mrema, J. P., andMtakwa, P. W.(2002). Soil fertility management and crop productivity in smallholder farming systems of Kenya. Nairobi: Kenya Agricultural Reseach Institute (KARI).

Pingali, P. L. (2001). Milestones in impact assessment research in the CGIAR, 1970-1999: Mexico City, Mexico: Technical Advisory Committee, Standing Panel on Impact Assessment, Consultative Group on International Agricultural Research (CGIAR).

Randrup, T. B. (1998). Soil compaction on construction sites. In D. Neely and G. W. Watson (Eds.). The Landscape Below Ground II: Proceedings of the Second International Workshop on Tree Root Development in Urban Soils (pp. 146-153). International Society of Arboriculture, Champaign, IL.

Reynolds, (W.D).2007. Saturated hydraulic properties: laboratory methods. In: Cater, M.R. Gregorich, E. (Eds). Soil sampling and methods of Analysis Second, ed. Canadian society of soil science / Taylor and Francis, LLC, Boca Raton, FL, pp. 1013-1024.

Schjonning, P., Christensen, B.T., Carstensen, B., 1994. Physical and chemical properties of a sandy loam receiving animal manure, mineral fertilizer or no fertilizer for 90 years, Eur. J. Soil Sci. 257-268

Sims, N. C., Barger, N. N., Metternicht, G. I. and England, J. R. A land degradation interpretation matrix for reporting on UN SDG indicator 15.3.1 and land degradation neutrality. Environ. Sci. Policy 114, 1–6 (2020).

Six, J. Ogle, S.M. Jay Breidt, F. Conant, R.T. Mosier, A.R. Paustian, K. (2004). The potential to mitigate global warming with no-tillage management is only realized when practised in the long term, Global Change Biol. 10 (2) 155–160. https://doi.org/10.1111/j.1529-8817.2003.00730.x.

Smaling, E. M. A., Nanda, S. M., and Jassen, B.H. (1997). Soil fertility in Africa is at stake. In R.J. Buresh, P.A. Sanchez, and F. Calhoun (Eds.) , Replenishing Soil Fertility in Africa (pp.47-61). Madison, Wl: Soil Science Society of America and American Society of Agronomy.

Tester, C.F., 1990. Organic amendment effects on physical and chemical properties of a sandy soil. Soil Sci. Am. J. 54, 827-831

Topp, G.C. Reynolds, W.D., Cook, F.J., Kirby, J.M., Carter. M.R., 1997. Physical attributes of soil quality. In: Gregorich, E.G., Carter, M.R.(Eds), Soil Quality for Crop Production and Ecosystem Health. Developments in Soil Science, Vol. 25. Elsevier, New York, NY; Pp. 21-58.

Walter, K., Don, A., Tiemeyer, B. and Freibauer, A. (2016). Determining soil bulk density for carbon stock calculations: A systematic method comparison. Soil Sci. Soc. Am. J. 80, 579–591

West, L.T., Abreu, M.A., Bishop, J.P., 2008. Saturated Hydraulic Conductivity of Soils in Southern Piedmont of Georgia, USA: Field evaluation and relation to horizon and landscape properties.

PRELIMINARY ASSESSMENT OF BENTONITE QUARRY WASTES AS A RAW MATERIAL FOR WATER-BASED DRILLING MUDS

BENTONİT OCAK ATIKLARININ SU BAZLI SONDAJ ÇAMURLARI İÇİN HAMMADDE OLARAK ÖN DEĞERLENDİRİLMESİ

Gökhan KÜLEKÇİ

[1]Departman Of Mining Engineering, Faculty Of Engineering And Natural Sciences, Gümüşhane University, Gümüşhane, TURKEY

ORCID: 0000-0002-2971-4045

Savaş KOÇ

[2]BENTAŞ Bentonit, Fatsa OSB, 101. Sokak No:20/2, Fatsa, Ordu, TURKEY

ORCID: 0009-0006-3614-9458

Özet

Su bazlı sondaj çamurları, soğutma, yağlama, kırıntıların taşınması, kuyu stabilizasyonu ve filtrasyon kontrolü gibi işlevleri nedeniyle sondaj operasyonlarında yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu bağlamda bentonit, su bazlı sondaj akışkanlarında kullanılan en önemli kil minerallerinden biridir. Ancak bentonit açık ocak işletmelerinde önemli miktarda ince taneli, kilce zengin atık oluşmakta ve genellikle yeterince değerlendirilememektedir.

Çalışma kapsamında, bentonit açık ocak madenlerinin su içeren zonlarında biriken ince taneli, kilce zengin atık malzemeler örneklenmiş ve incelenmiştir. Bentonit içeren birimlerin jeolojik ortamı, sondaj çamuru uygulamalarına uygun kil minerallerinin oluşumu ile ilişkisi açısından değerlendirilmiştir. Toplanan atık örneklerine tane boyu dağılım analizi ve temel fiziksel karakterizasyon uygulanmıştır. Ayrıca, kil içeriği, ince fraksiyon dağılımı ve süspansiyon ile reolojik performansı kontrol eden fiziksel davranışların karşılaştırmalı değerlendirilmesi yoluyla, sondaj çamuru hammaddesi gereksinimleri ile mineralojik uyumlulukları incelenmiştir. Ocak atıklarından elde edilen sonuçlar, su bazlı sondaj çamuru sistemlerinde kullanılan bentonitten beklenen genel gereksinimler çerçevesinde yorumlanmıştır.

Çalışma, bentonit ocak atıklarının su bazlı sondaj çamuru formülasyonlarında alternatif bir hammadde olarak değerlendirilebilmesi için yeterince ince tane boyu aralığına, kilce zengin mineralojik bileşime ve karşılaştırılabilir fiziksel özelliklere sahip olup olmadığını belirlemeyi amaçlamaktadır. Karşılaştırmalı değerlendirme, granülometrik dağılım, mineralojik uygunluk ve fiziksel açıdan önemli özellikler bakımından ocak kökenli atık malzemeler ile geleneksel bentonit esaslı sondaj çamuru hammaddeleri arasındaki benzerlik derecesine odaklanmaktadır. Bu çerçevede bulguların, söz konusu atıkların yeniden kullanım potansiyelini ortaya koyması ve varsa doğrudan veya modifiye kullanımdaki sınırlılıklarını tanımlaması beklenmektedir.

Bentonit ocak atıklarının sondaj çamuru uygulamalarında yeniden kullanımı, atık birikimini azaltarak ve kaynak verimliliğini artırarak hem çevresel hem de ekonomik avantajlar sağlayabilir. Çalışmanın bilimsel önemi, ocak kökenli bentonit atıkların su bazlı sondaj çamurlarının ön hammadde gereksinimlerini karşılayıp karşılayamayacağını jeolojik,

mineralojik ve granülometrik yaklaşımları bütüncül bir şekilde değerlendirerek ortaya koyma çabasından kaynaklanmaktadır.

Önerilen metodolojinin, bu tür atıkların ön değerlendirilmesi için rasyonel bir temel sunduğu ve reolojik, filtrasyon ve performans temelli sondaj akışkanı testlerini içeren ileri deneysel çalışmalar için önemli bir ilk adım oluşturabileceği sonucuna varılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Bentonit ocak atığı; su bazlı sondaj çamuru; atık geri kazanımı; tane boyu analizi; mineralojik uyumluluk; ön uygunluk

ABSTRACT

Water-based drilling muds are widely used in drilling operations due to their cooling, lubricating, cuttings transport, wellbore stabilization, and filtration control functions. In this context, bentonite is one of the most important clay minerals used in water-based drilling fluids. However, significant amounts of fine-grained clay-rich waste are generated in bentonite open-pit operations and generally remain underutilized.

Within the scope of the study, fine-grained clay-rich waste materials accumulated in water-bearing zones of bentonite open-pit mines were sampled and examined. The geological setting of the bentonite-bearing units was assessed in terms of its relevance to the formation of clay minerals suitable for drilling mud applications. The collected waste samples were subjected to particle size distribution analysis and basic physical characterization. In addition, their mineralogical compatibility with drilling mud raw material requirements was evaluated through comparative assessment of clay content, fine fraction distribution, and physical behavior controlling suspension and rheological performance. The results obtained from the quarry waste samples were interpreted in relation to the general requirements expected from bentonite used in water-based drilling mud systems.

The study is designed to determine whether bentonite quarry wastes possess a sufficiently fine particle size range, clay-rich mineralogical composition, and comparable physical characteristics to be considered as an alternative raw material in water-based drilling mud formulations. The comparative evaluation focuses on the degree of similarity between quarry-derived waste materials and conventional bentonite-based drilling mud feedstocks in terms of granulometric distribution, mineralogical suitability, and physically relevant properties. In this framework, the findings are expected to reveal the reuse potential of these wastes and to define their limitations, if any, in direct or modified use.

Discussion and Conclusion: The reuse of bentonite quarry wastes in drilling mud applications may provide both environmental and economic advantages by reducing waste accumulation and increasing resource efficiency. The scientific significance of the study lies in its attempt to assess whether quarry-derived bentonitic wastes can meet the preliminary raw material requirements of water-based drilling muds through an integrated geological, mineralogical, and granulometric approach. It is concluded that the proposed methodology offers a rational basis for the preliminary evaluation of such wastes and may constitute an important first step for further experimental studies involving rheological, filtration, and performance-based drilling fluid tests.

Keywords: Bentonite quarry waste; water-based drilling mud; waste recovery; particle size analysis; mineralogical compatibility; preliminary suitability

Giriş

Sondaj çamuru, sondaj operasyonlarının güvenli ve verimli bir şekilde yürütülmesinde temel bir rol oynayan mühendislik akışkanıdır (Şekil 1) (Külekçi & Koç 2026). Sondaj sırasında kuyuya pompalanan bu akışkan; genellikle su, kil mineralleri ve çeşitli kimyasal katkı maddelerinden oluşur. Sondaj çamurunun temel amacı, kuyunun ilerlemesi sırasında oluşan fiziksel ve mekanik sorunları kontrol altına almak ve operasyonun sürekliliğini sağlamaktır (Caenn, Darley & Gray, 2011).

Sondaj çamurunun en önemli işlevlerinden biri, matkap tarafından kesilen formasyon parçacıklarının (kırıntıların) yüzeye taşınmasıdır. Sondaj sırasında oluşan bu kırıntılar, çamurun dolaşımı sayesinde kuyu dışına çıkarılır. Bu sayede kuyunun tıkanması önlenir ve delme işlemi kesintisiz şekilde devam eder. Aynı zamanda sondaj çamuru, matkap ucunun ve sondaj ekipmanlarının soğutulması ve yağlanmasını sağlayarak aşınmayı azaltır ve takım ömrünü uzatır (Bourgoyne et al. 1986).

Sondaj çamurunun bir diğer önemli fonksiyonu, kuyu stabilitesinin sağlanmasıdır. Çamur, kuyu duvarlarında ince bir filtre keki oluşturarak formasyonun dağılmasını ve çökmesini engeller. Bu durum özellikle zayıf ve gevşek formasyonlarda kritik öneme sahiptir. Ayrıca çamurun oluşturduğu hidrostatik basınç, formasyon basınçlarını dengeleyerek kuyu kontrolünü sağlar ve ani basınç boşalmaları riskini azaltır (Amanullah & Al-Arfaj, 2018).

Bunun yanında sondaj çamuru, filtrasyon kontrolü sağlayarak sıvı fazın formasyona geçişini sınırlar. Bu özellik, hem çamur kaybını azaltmakta hem de formasyon hasarını önlemektedir. Aynı zamanda çamurun uygun reolojik özelliklere sahip olması, sondaj durduğunda dahi kırıntıların askıda tutulmasını sağlar ve kuyu içinde çökelmeyi engeller (Mitchell & Miska, 2011).

Bu özelliklerin büyük bir kısmı, çamur bileşiminde yer alan bentonitin şişme kapasitesi, kolloidal yapısı ve viskozite oluşturma yeteneği ile doğrudan ilişkilidir. Bu nedenle bentonit, su bazlı sondaj çamurlarının en önemli bileşenlerinden biri olarak kabul edilmektedir (API, 2010).

Su bazlı sondaj çamurlarının performansını belirleyen en önemli bileşenlerden biri kil mineralleridir. Özellikle bentonit, yüksek şişme kapasitesi, kolloidal stabilitesi ve viskozite geliştirme yeteneği sayesinde bu sistemlerde yaygın olarak tercih edilmektedir. Ancak bentonit üretimi sırasında, özellikle açık ocak işletmelerinde önemli miktarda ince taneli ve kilce zengin atık malzeme oluşmaktadır. Bu atıklar çoğunlukla ekonomik değeri düşük olduğu gerekçesiyle sahada depolanmakta ve etkin şekilde değerlendirilememektedir.

Son yıllarda, madencilik atıklarının yeniden kullanımı hem çevresel sürdürülebilirlik hem de kaynak verimliliği açısından önem kazanmıştır. Bu bağlamda bentonit ocak atıklarının alternatif bir hammadde olarak değerlendirilmesi, atık yönetimi sorunlarının azaltılması ve ekonomik katkı sağlanması açısından potansiyel taşımaktadır.

Bu çalışmanın amacı, bentonit ocak atıklarının su bazlı sondaj çamurları için hammadde olarak kullanılabilirliğini; jeolojik özellikleri, mineralojik yapısı, tane boyu dağılımı ve temel fiziksel özellikleri açısından ön değerlendirmeye tabi tutmaktır.



Şekil 1. Sondaj çamuru

Su bazlı sondaj çamurlarının performansını belirleyen en önemli bileşenlerden biri kil mineralleridir. Bu mineraller arasında bentonit, özellikle içerdiği smektit grubu mineraller (başlıca montmorillonit) sayesinde üstün özellikler sergilemekte ve sondaj akışkanlarının temel bileşeni olarak yaygın şekilde kullanılmaktadır. Bentonitin kristal yapısının su ile etkileşimi sonucu meydana gelen yüksek şişme kapasitesi, çamurun viskozite geliştirme yeteneğini artırmakta ve böylece kesilen formasyon parçacıklarının etkin bir şekilde askıda tutulmasını sağlamaktadır. Aynı zamanda bentonitin kolloidal stabilitesi, çamurun homojen yapısını koruyarak çökme eğilimini azaltmakta ve sistemin sürekliliğine katkı sağlamaktadır (Caenn, Darley & Gray, 2011; Mitchell & Miska, 2011).

Bentonitin bir diğer önemli özelliği ise kuyu duvarlarında düşük geçirgenliğe sahip ince bir filtre keki oluşturabilmesidir. Bu özellik sayesinde çamur filtratının formasyona geçişi sınırlandırılmakta, sıvı kaybı kontrol altına alınmakta ve kuyu stabilitesi artırılmaktadır. Bu bağlamda bentonit, yalnızca reolojik özellikleri düzenleyen bir katkı maddesi değil, aynı zamanda kuyu güvenliği açısından kritik bir bileşen olarak değerlendirilmektedir (API, 2010).

Bununla birlikte, bentonit üretimi sırasında özellikle açık ocak işletmelerinde önemli miktarda ince taneli ve kilce zengin atık malzeme oluşmaktadır. Üretim sürecinde ekonomik değeri yüksek olan belirli kalite ve özelliklere sahip bentonitler ayrılırken, geri kalan ince fraksiyonlar çoğunlukla atık olarak sınıflandırılmakta ve sahada depolanmaktadır. Bu durum, hem çevresel açıdan atık birikimine yol açmakta hem de potansiyel olarak değerlendirilebilir bir hammaddenin kullanılmadan kaybedilmesine neden olmaktadır (Murray, 2007).

Son yıllarda artan çevresel farkındalık ve sürdürülebilir madencilik yaklaşımları doğrultusunda, bu tür atık malzemelerin yeniden değerlendirilmesine yönelik çalışmalar önem kazanmıştır. Bentonit ocak atıklarının mineralojik bileşimi ve tane boyu dağılımı incelendiğinde, bu malzemelerin önemli bir kısmının halen kil mineralleri bakımından zengin olduğu ve uygun işlemlerle sondaj çamuru hammaddesi olarak kullanılabileceği değerlendirilmektedir. Özellikle ince taneli fraksiyonların yüksek yüzey alanı ve reaktif özellikleri, bu malzemelerin reolojik performans açısından potansiyel taşıdığını göstermektedir (Harvey & Lagaly, 2013).

Madencilik faaliyetleri yalnızca ekonomik açıdan değil, aynı zamanda çevresel etkiler, iş sağlığı ve güvenliği ile sürdürülebilirlik boyutları açısından da çok yönlü olarak değerlendirilmesi gereken süreçlerdir. Açık ve yeraltı madenciliğinde oluşan atıkların yönetimi, su kaynakları ile etkileşimleri ve çevresel etkileri önemli araştırma konuları arasında yer

almaktadır (Külekçi & Vural, 2021). Özellikle üretim süreçlerinde ortaya çıkan toz emisyonları, hem çevre hem de çalışan sağlığı üzerinde olumsuz etkiler yaratmakta ve bu durum madencilik faaliyetlerinde kontrol edilmesi gereken temel unsurlardan biri olarak öne çıkmaktadır (Külekçi, 2022). Kayaçların kazılabilirlik özellikleri, sertlik parametreleri ve patlatma tasarımı gibi mühendislik kriterleri ise üretim verimliliği ile birlikte maliyet ve çevresel etkiyi doğrudan etkilemektedir (Külekçi et al., 2022; Külekçi, 2022; Külekçi & Aygün, 2025; Külekçi & Merttürk, 2025). Bununla birlikte, madencilik faaliyetlerinde meydana gelen iş kazaları ve iş sağlığı güvenliği problemleri, sektörün sürdürülebilirliği açısından kritik bir unsur olarak değerlendirilmektedir (Külekçi, 2023; Külekçi & Ramazan, 2024). Son yıllarda sürdürülebilir madencilik anlayışı çerçevesinde, çevresel etki değerlendirme süreçlerinin önemi artmış ve atık yönetimi ile geri kazanım uygulamaları ön plana çıkmıştır (Külekçi, 2024; Külekçi & Güvendi, 2023). Bu kapsamda, madencilik atıklarının yeniden değerlendirilmesine yönelik yaklaşımlar, hem doğal kaynakların daha verimli kullanılması hem de çevresel yüklerin azaltılması açısından önemli bir çözüm yolu olarak görülmektedir.

Materyal ve Yöntem

Çalışma alanı ve numune alımı

Türkiye'deki bentonit sahaları, büyük ölçüde volkanik kökenli kayaçların alterasyonu sonucu oluşmuş olup jeolojik olarak Neojen yaşlı birimlerle yakından ilişkilidir. Bentonit oluşumu genellikle tüf, tüfit ve volkanik kül seviyelerinin hidrotermal ve diyajenetik süreçler altında değişime uğramasıyla gerçekleşmektedir. Bu süreçte özellikle camsı volkanik materyalin kimyasal ayrışması sonucu smektit grubu kil mineralleri (özellikle montmorillonit) gelişmektedir (MTA, 2011)

Türkiye'de bentonit yatakları yaygın olarak İç Anadolu, Ege ve Doğu Anadolu bölgelerinde bulunmaktadır. Başlıca sahalar arasında Çankırı, Ankara (özellikle Kalecik civarı), Kütahya, Balıkesir, Ordu ve Tokat çevresindeki oluşumlar sayılabilir. Bu sahalarda bentonitler çoğunlukla karasal gölsel (lakustrin) ortamlarda çökelmiş volkanik materyalin alterasyonu ile oluşmuştur.

Jeolojik olarak bentonitler genellikle:

- Tüf ve tüfit seviyeleri içerisinde mercekler veya tabakalar halinde,
- Kiltaşı ve marn birimleri ile ardalanmalı olarak,
- Yer yer kalınlıkları birkaç metreden onlarca metreye ulaşan zonlar şeklinde bulunur.

Mineralojik açıdan Türkiye bentonitleri çoğunlukla sodyum (Na) ve kalsiyum (Ca) bentonit karakterindedir. Na-bentonitler daha yüksek şişme kapasitesi ve reolojik özellikleri nedeniyle sondaj çamurlarında tercih edilirken, Ca-bentonitler genellikle aktivasyon işlemleri sonrası kullanılmaktadır (Murray, 2007).

Numunemiz Ordu ili Fatsa bölgesinden alınmıştır (Şekil 2). Numune alımı sırasında ocak içerisinde atık olarak isimlendirilen safsızlığı yüksek ve su içinde çözülmüş örnek üzerinde çalışılmıştır.



Şekil 2. Yer buldur haritası

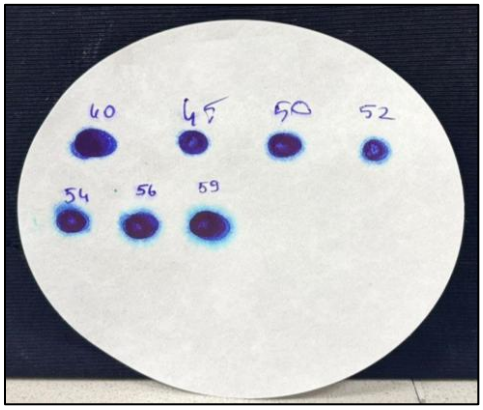
Alınan numune ocak içindeki yağmur suyunda birikmiş malzemenin farklı bölgelerinden homojen olarak alınmıştır ve karıştırılmıştır (Şekil 3).



Şekil 3. Numune alım yerleri

Metilen mavisi ve şişme (swell) testleri, özellikle ince taneli zeminlerin ve kil minerallerinin mühendislik özelliklerini belirlemek amacıyla yaygın olarak kullanılan laboratuvar deneyleridir. Metilen mavisi deneyi, zemindeki aktif kil minerallerinin miktarını ve yüzey alanını belirlemeye yönelik olup, belirli bir konsantrasyondaki metilen mavisi çözeltisinin numuneye kademeli olarak ilave edilmesi ve adsorpsiyonun tamamlandığı noktanın gözlemlenmesi esasına dayanır. Deney sırasında numune ile boya arasındaki reaksiyon, filtre kağıdı üzerinde oluşan halo (mavi leke) yardımıyla kontrol edilir ve bu sayede metilen mavisi değeri (MBV) hesaplanır. Bu test genellikle Avrupa standardı EN 933-9 veya benzeri ulusal standartlara göre yürütülmektedir. Şişme testi ise kil içeren zeminlerin su ile temas ettiğinde hacimsel değişim potansiyelini belirlemek amacıyla yapılır. Deneyde, belirli bir başlangıç yüksekliği ve yoğunluğa sahip numune suya maruz bırakılır ve zamanla meydana gelen hacim artışı ölçülür. Bu kapsamda serbest şişme yüzdesi veya şişme basıncı gibi parametreler elde edilir. Şişme deneyleri ASTM D4546 gibi standartlara uygun olarak gerçekleştirilmekte olup, özellikle temel tasarımı ve zemin stabilitesi açısından kritik veriler sağlamaktadır. Her iki deney de zeminlerin mühendislik davranışının değerlendirilmesinde önemli rol oynar ve uygulama öncesinde dikkatli numune hazırlığı ile standart prosedürlere uygunluk gerektirir.

Numunenin temel fiziksel özellikleri belirlenmiş ve sondaj çamuru performansını etkileyen parametreler açısından incelenmiştir. Bu kapsamda; Metilen mavisi testi, Şişme davranışı testi yapılmış ve bu özellikleri sondaj çamuru açısından dikkate alınmıştır (Şekil 4).





Şekil 4. Metilen mavisi ve Şişme testi

3. Bulgular ve Tartışma

Bu bölümde, incelenen ham bentonit numunesine ait fiziksel, kimyasal ve reolojik analiz sonuçları tablo halinde sunulmuştur (Tablo 1). Elde edilen veriler, sondaj çamurlarında yaygın olarak kabul gören API standartları ile karşılaştırmalı olarak değerlendirilmiştir.

Tablolar aracılığıyla, numunenin tane boyu dağılımı, saflık derecesi ve reolojik performansına ilişkin temel parametreler açık bir şekilde ortaya konulmuş ve katkısız kullanım uygunluğu analiz edilmiştir. Ayrıca reolojik özelliklerin zamana bağlı değişimi de ayrı bir tabloda verilerek numunenin stabilite davranışı incelenmiştir.

Tablo 1. Analiz sonuçları

Parametre	**Ölçülen değer**	**Referans**
Ph	8,75	8,5-10,5
75 µ altı (%)	%94,40	≥90
Metilen mavisi	59	≥70 (iyi kalite)
Safsızlık (%)	18	≤5-10
Nem (%)	6,28	≤10-12
Vizkozite (300 rpm)	3-4	-
Vizkozite (600 rpm)	6-7	≥30
Şişme	7	≥10-20 (orta kalite)

Bu çalışma kapsamında incelenen numunenin sondaj çamuru uygulamalarına uygunluğu, elde edilen fiziksel ve kimyasal analiz sonuçları çerçevesinde değerlendirilmiştir. Bulgular, numunenin bazı temel özellikler açısından kabul edilebilir seviyede olduğunu, ancak performans belirleyici parametrelerde belirgin yetersizlikler içerdiğini ortaya koymaktadır.

Numunenin pH değerinin uygun aralıkta olması ve tane boyutunun büyük ölçüde 75 mikron altına inmesi, malzemenin kimyasal stabilitesi ve fiziksel hazırlığı açısından olumlu bir başlangıç sunduğunu göstermektedir. Benzer şekilde nem içeriğinin düşük olması, depolama ve işlenebilirlik açısından avantaj sağlamaktadır. Bununla birlikte bu parametreler, tek başına sondaj çamuru performansını belirlemek için yeterli değildir.

Tartışılması gereken temel bulgular, metilen mavisi kapasitesi, safsızlık oranı, viskozite ve şişme değerleri etrafında yoğunlaşmaktadır. Metilen mavisi değerinin düşük olması, numunedeki aktif kil minerali içeriğinin sınırlı olduğuna işaret etmektedir. Bu durum, özellikle montmorillonit miktarının yetersizliği ile ilişkilidir ve doğrudan şişme ve reolojik özelliklerin

zayıf kalmasına neden olmaktadır. Nitekim ölçülen düşük şişme değeri, bu çıkarımı destekler niteliktedir.

Safsızlık oranının yüksek olması, yalnızca aktif fazın seyrelmesine neden olmakla kalmayıp aynı zamanda sistemin genel performansını da olumsuz etkilemektedir. Bu tür safsızlıklar, su ile etkileşime girmeyen inert fazlar oluşturarak çamurun viskozite geliştirme kapasitesini sınırlandırmaktadır. Bu etkinin en açık göstergesi, ölçülen viskozite değerlerinin sondaj uygulamaları için gerekli minimum seviyelerin oldukça altında kalmasıdır. Düşük viskozite, kesinti taşıma kapasitesinin yetersiz olacağına ve kuyu stabilitesinin sağlanmasında sorunlar yaşanabileceğine işaret etmektedir.

Elde edilen veriler birlikte değerlendirildiğinde, numunenin mevcut haliyle sondaj çamuru uygulamalarında kullanılmasının uygun olmadığı sonucuna varılmaktadır. Ancak bu durum, malzemenin tamamen kullanılamaz olduğu anlamına gelmemektedir. Özellikle safsızlıkların azaltılmasına yönelik zenginleştirme işlemleri ve sodyum aktivasyonu gibi yöntemler ile malzemenin performansında önemli iyileşmeler sağlanabilir. Bu tür işlemler, kil minerallerinin su ile etkileşimini artırarak şişme ve viskozite değerlerinin yükselmesine katkıda bulunacaktır.

Sonuçlar

Bu çalışma kapsamında incelenen atık malzemenin, mevcut (saflaştırılmamış) haliyle sondaj çamuru uygulamaları açısından sınırlı performans gösterdiği ortaya konulmuştur. Elde edilen bulgular, özellikle düşük aktif kil içeriği, yüksek safsızlık oranı ve yetersiz reolojik özellikler nedeniyle malzemenin doğrudan kullanımının uygun olmadığını göstermektedir. Bununla birlikte, çalışmanın sonuçları bu tür atık malzemelerin tamamen değerlendirme dışı bırakılmaması gerektiğine de işaret etmektedir.

Nitekim analizler, malzemenin uygun zenginleştirme ve aktivasyon yöntemleri uygulanmadan önce dahi belirli bir potansiyele sahip olduğunu göstermektedir. Bu durum, atık malzemenin saflaştırılması ve modifiye edilmesi halinde performansının önemli ölçüde iyileştirilebileceğini düşündürmektedir. Özellikle safsızlıkların giderilmesi, tane boyutu dağılımının optimize edilmesi ve kimyasal aktivasyon işlemleri ile malzemenin şişme ve viskozite özelliklerinin geliştirilmesi mümkün görünmektedir.

Bu doğrultuda, gelecekte yapılacak çalışmaların atık malzemenin saflaştırılmış formu üzerine odaklanması planlanmaktadır. Söz konusu yeni çalışmalarda, farklı zenginleştirme tekniklerinin (örneğin fiziksel ayırma ve sınıflandırma yöntemleri) ve kimyasal aktivasyon süreçlerinin etkisi sistematik olarak incelenecektir. Ayrıca elde edilen ürünün sondaj çamuru performansı, standart test yöntemleri ile yeniden değerlendirilerek iyileştirme düzeyi ortaya konulacaktır.

Sonuç olarak, bu çalışma atık bir malzemenin mevcut haliyle sınırlı kullanım potansiyeline sahip olduğunu ortaya koyarken, aynı malzemenin saflaştırılmış ve modifiye edilmiş formunun çok daha yüksek katma değerli uygulamalarda değerlendirilebileceğini göstermektedir. Bu bağlamda, önerilen ileri çalışmaların hem teknik performansın artırılması hem de atıkların ekonomiye kazandırılması açısından önemli katkılar sağlayacağı düşünülmektedir.

Kaynakça

API. (2010). *Specification for drilling fluids materials (API Spec 13A)*. American Petroleum Institute.

Amanullah, M., & Al-Arfaj, M. K. (2018). *Drilling fluid technology: Performance and environmental considerations*.
Bourgoyne, A. T., Millheim, K. K., Chenevert, M. E., & Young, F. S. (1986). *Applied drilling engineering*. Society of Petroleum Engineers.
Caenn, R., Darley, H. C. H., & Gray, G. R. (2011). *Composition and properties of drilling and completion fluids*. Gulf Professional Publishing.
Harvey, C. C., & Lagaly, G. (2013). *Handbook of clay science*. Elsevier.
Mitchell, R. F., & Miska, S. Z. (2011). *Fundamentals of drilling engineering*. Society of Petroleum Engineers.
Murray, H. H. (2007). *Applied clay mineralogy*. Elsevier.
MTA. (2011). *Türkiye endüstriyel hammaddeler envanteri: Bentonit*. Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü.
Yalçın, H. (2007). *Kil mineralleri ve jeokimyası*.
Külekçi, G., & Koç, S. (2026). Kil minerallerinin enerji ve çevre teknolojilerindeki stratejik rolü. *International Science and Art Research Center,* 309-317
Külekçi, G., & Vural, A. (2021). Analysis and classification of water occurring naturally in a metallic underground mine. *International Haliç Congress on Multidisciplinary Scientific Research*, 308–316.
Külekçi, G. (2022). Madencilik işlemlerinde toz oluşumu ve insan sağlığına etkisi üzerine örnek çalışma: Bir taş ocağı toz emisyonu miktarı hesaplanması örneği. *Göbeklitepe Medical Science Journal*, 5(8), 1–11.
Külekçi, G., Vural, A., & Aliyazıcıoğlu, Ş. (2022). Assessment of excavability classification in a limestone quarry: A case study from Bayburt, Turkey. *Iranian Journal of Earth Sciences*, 14(4), 241–251.
Külekçi, G. (2022). Determination of hardness with Schmidt hammer in clay quarries: The case of Bayburt-Gümüşhane, Turkey. *4th International Conference on Applied Engineering and Natural Sciences*, 917–920.
Külekçi, G. (2023). Dünyada ve Türkiye'deki maden kazalarının iş sağlığı ve güvenliği açısından incelenmesi. *Ejons International Journal on Mathematics, Engineering and Natural Sciences*.
Külekçi, G., & Güvendi, A. (2023). Waste management and recycling programs empowering environmental sustainability: The case of Gümüşhane. *Atlas Journal*, 9(52), 57–66.
Külekçi, G. (2023). İş sağlığı ve güvenliğinin evrimi: Dünya ülkelerinde tarihsel süreç ve madencilikte uygulama yöntemleri. *Icontech International Journal*, 7(4), 8–15.
Külekçi, G., & Ramazan, Ş. (2024). Bir yeraltı altın madeninde üretim sürecinde karşılaşılabilecek İSG problemleri ve örnek kazalar. *3rd International Conference on Frontiers in Academic Research*, 1242–1251.
Külekçi, G. (2024). Sürdürülebilir madencilikte ÇED raporu çıkarılmasının önemi ve pratikte yaşanan zorluklar. *4th International Conference on Frontiers in Academic Research*, 469–474.
Külekçi, G., & Aygün, M. (2025). Bir bakır madeni açık ocak işletmesinde delik çapının patlatma maliyeti üzerine etkisi. *2nd International Mardin Scientific Research and Innovation Congress*, 349–360.
Külekçi, G., & Merttürk, Y. (2025). Kayaç yapısının ve patlayıcı miktarının titreşim parametrelerine etkisi. *2nd International Mardin Scientific Research and Innovation Congress*, 337–348.

THE EFFECT OF THE SELECTIVE ANDROGEN RECEPTOR MODULATOR OSTARINE ON PENTYLENETETRAZOLE-INDUCED EXPERIMENTAL EPILEPSY IN RATS

Medical Student Burak TÜĞMEN

Ondokuz Mayıs University, Faculty of Medicine, Samsun, Türkiye

Research Assistant Dr. Büşra OKUYUCU

Ondokuz Mayıs University, Faculty of Medicine, Department of Physiology, Samsun, Türkiye

Research Assistant Elif Türkdönmez AK

Ordu University, Faculty of Medicine, Department of Physiology, Ordu, Türkiye

Prof. Dr. Gökhan ARSLAN

Ondokuz Mayıs University, Faculty of Medicine, Department of Physiology, Samsun, Türkiye

ABSTRACT

Background: Androgens have been reported to influence seizure susceptibility, anxiety-like behavior, and cognitive functions; however, their therapeutic use is limited by adverse anabolic and androgenic effects. Selective androgen receptor modulators (SARMs), including ostarine, may offer tissue-selective androgen receptor activity with a more favorable safety profile.

Objective: This study evaluated the effects of ostarine on epileptogenesis, seizure-related parameters, anxiety-like behavior, and spatial working memory in a pentylenetetrazole (PTZ)-induced experimental epilepsy model in rats.

Methods: Thirty adult male Wistar rats were allocated into three groups (n=10/group). PTZ kindling was induced by repeated intraperitoneal PTZ administration, and ostarine was administered subcutaneously at 0.4 mg/kg. Seizure stage, latency to first myoclonic jerk, generalized seizure duration, and the number of PTZ injections required for kindling were assessed. After kindling, acute single-dose and long-term ostarine protocols were evaluated in kindled animals. Anxiety-like behavior and spatial working memory were assessed using the elevated plus maze and Y-maze, respectively.

Results: Ostarine reduced generalized seizure duration during the kindling phase compared with the saline and vehicle groups. However, seizure stage, latency to first myoclonic jerk, and the number of PTZ injections required to achieve kindling were not significantly altered. In kindled rats, acute and long-term ostarine administration did not produce consistent antiseizure effects. In behavioral testing, ostarine increased time spent in the open arms of the elevated plus maze, suggesting an anxiolytic-like effect, whereas Y-maze spontaneous alternation behavior was unchanged.

Conclusion: Under the present experimental conditions, ostarine showed a limited antiseizure effect, mainly reflected by reduced generalized seizure duration during epileptogenesis, and a modest anxiolytic-like behavioral effect. These findings support further mechanistic studies including molecular, histological, and sex-comparative endpoints.

Keywords: Pentylenetetrazole; Ostarine; Anxiety-like behavior; Learning and memory.

INTRODUCTION

Epilepsy is a chronic neurological disorder characterized by recurrent seizures arising from abnormal and excessive neuronal activity. Although several antiseizure medications are available, a substantial proportion of patients continue to experience inadequate seizure control, highlighting the need for novel therapeutic strategies that target not only neuronal hyperexcitability but also the broader molecular and inflammatory mechanisms underlying epileptogenesis. In this context, selective androgen receptor modulators (SARMs) have attracted increasing attention because of their tissue-selective androgen receptor activity and potentially more favorable safety profile compared with conventional androgens. Emerging evidence suggests that SARMs such as ostarine may exert neuroprotective effects through intracellular signaling pathways, including mitogen-activated protein kinase (MAPK)-related mechanisms, while avoiding some androgen-associated peripheral effects, such as prostate stimulation.[1,2]

The PTZ-induced seizure model is one of the most widely used experimental paradigms for investigating seizure mechanisms and evaluating candidate anticonvulsant agents. PTZ acts primarily as a non-competitive antagonist of gamma-aminobutyric acid type A (GABA_A) receptors, thereby reducing inhibitory neurotransmission and promoting neuronal hyperexcitability. This mechanism reproduces key pathophysiological features of epilepsy, including disruption of the GABA-glutamate balance, glutamatergic excitotoxicity, and seizure propagation.[3-6]

The PTZ kindling paradigm is particularly useful because it models progressive seizure susceptibility, behavioral alterations, and neuronal plasticity that resemble important aspects of human epileptogenesis. Therefore, it provides a valuable preclinical platform for studying cellular and molecular mechanisms of epilepsy and for screening potential antiseizure interventions.[7-9]

PTZ-induced epileptogenesis involves a complex interaction between impaired inhibitory signaling, excessive excitatory neurotransmission, ionic dysregulation, and neuroinflammatory responses. GABAergic-glutamatergic imbalance promotes increased influx of cations such as sodium and calcium, contributing to neuronal hyperexcitability and seizure initiation. In parallel, glutamate receptor remodeling, including AMPA receptor-related synaptic alterations, may further enhance excitatory network activity before and during seizures. Status epilepticus and recurrent seizures can also trigger excessive glutamate release, astrocytic aquaporin-4 dysregulation, and disruption of brain fluid-solute homeostasis, all of which may contribute to epileptogenesis.[10-12]

Beyond neurotransmitter imbalance, neuroinflammation is increasingly recognized as a central component of seizure progression and epilepsy-related neuronal injury. Astrocytic and microglial activation, astrogliosis, and synaptic reorganization may create self-sustaining excitatory circuits that lower seizure threshold and facilitate recurrent seizures. These mechanisms suggest that candidate therapies should not be limited to restoring neurotransmitter balance but should also address inflammatory and glial contributions to epilepsy chronicity.[13-16]

Sex hormones and endogenous neurosteroids may influence seizure susceptibility through effects on synaptic transmission, neuronal excitability, GABAergic signaling, and neuroinflammatory pathways. Although sex-related biological variability is important in preclinical epilepsy research, the present study was conducted in male rats to reduce hormonal-cycle-related variability. Future studies should determine whether ostarine produces sex-specific effects in female animals or across different hormonal states.[17-22]

Ostarine, a nonsteroidal SARM, may represent a promising candidate for epilepsy-related research because of its potential to modulate neuroprotective signaling, neuroinflammatory cascades, and GABAergic/glutamatergic homeostasis. However, evidence regarding its central nervous system effects, particularly in experimental epilepsy models, remains limited. Therefore, the present experimental study aimed to evaluate the effects of ostarine on epileptogenesis, seizure-related parameters, anxiety-like behavior, and spatial working memory in a PTZ-induced kindling model in rats.[23]

METHODOLOGY

Data collection and examination of ethical principles

All experimental procedures were approved by the Ondokuz Mayıs University Institutional Animal Care and Use Committee (approval no. 2023/69). The sample size was determined based on previous PTZ-kindling studies using comparable behavioral seizure outcomes and was constrained by ethical principles aimed at minimizing animal use. Thirty adult male Wistar rats weighing 332 ± 26 g were randomly allocated into three groups (n = 10/group), and seizure scoring and behavioral analyses were performed by an observer blinded to treatment allocation. Animals were housed under standard laboratory conditions with ad libitum access to standard chow and tap water under a 12-h light/dark cycle at controlled temperature and humidity. All procedures were conducted in accordance with the ARRIVE guidelines and the Guide for the Care and Use of Laboratory Animals.

Drugs and administration

PTZ was dissolved in sterile physiological saline and administered intraperitoneally at 35 mg/kg24. Ostarine was dissolved in dimethyl sulfoxide/corn oil (1:9). The dose of 0.4 mg/kg was selected based on previous preclinical studies reporting biological activity of ostarine/SARMs with acceptable tolerability25. All injections were administered at a volume of 1 mL/kg. Vehicle-treated animals received the corresponding DMSO/corn oil solution.

PTZ kindling and experimental design

For PTZ kindling, rats received repeated PTZ injections three times weekly for up to 20 injections. After each PTZ injection, animals were observed for seizure behavior, and seizure stage, latency to first myoclonic jerk, latency to generalized seizure when applicable, and generalized seizure duration were recorded. Animals were considered kindled after repeated stage 3 or higher seizures according to the behavioral seizure scoring criteria used in the protocol. After a 7-day drug-free interval, a PTZ challenge injection was used to verify the kindled state.

The study included three main experimental arms during the epileptogenesis phase: saline + PTZ, vehicle + PTZ, and ostarine + PTZ. The ostarine + PTZ group was used to evaluate the effect of ostarine during the development of PTZ kindling. In kindled rats, acute single-dose and long-term ostarine administration protocols were additionally assessed to determine whether ostarine altered seizure expression after chronic epilepsy had been established.

Behavioral tests

Anxiety-like behavior was assessed using the elevated plus maze. During a 5-min test session, the number of entries into the open and closed arms and the time spent in each arm were recorded. Increased time spent in the open arms was interpreted as reduced anxiety-like behavior 26. Because open-arm time may be influenced by locomotor activity, total arm entries should be considered when interpreting the anxiolytic-like effect.

Spatial working memory was assessed using the Y-maze. Rats were allowed to explore the maze for 5 min, and spontaneous alternation behavior was calculated according to the standard formula based on the sequence of arm entries 27.

Statistical analysis

Data distribution was assessed before inferential analysis. Normally distributed variables were analyzed using Student's t-test when two groups were compared, whereas non-normally distributed variables were analyzed using the Mann–Whitney U test. Comparisons among three groups were performed using one-way ANOVA or Kruskal–Wallis test according to data distribution. When appropriate, post hoc multiple comparison analyses were applied. Time-course data obtained across repeated PTZ injections were analyzed using two-way repeated-measures ANOVA. Data are presented as mean ± standard error of the mean unless otherwise indicated. A p value < 0.05 was considered statistically significant.

RESULTS

During the PTZ kindling phase, ostarine did not produce a significant change in seizure stage over repeated injections, and the overall progression of seizure scores was comparable to the vehicle and saline control groups (Figure 1-a). Similarly, the number of PTZ injections required to reach kindling did not differ significantly among groups (Figure 1-b).

Latency to first myoclonic jerk gradually decreased throughout repeated PTZ administrations in all groups, but no significant between-group difference was detected during epileptogenesis (Figure 2). In contrast, generalized seizure duration was significantly shortened in the ostarine-treated group compared with both the saline and vehicle groups during the kindling process (Figure 3). This was the main seizure-related parameter showing a favorable effect of ostarine during epileptogenesis.

When kindled animals were evaluated after acute single-dose and long-term treatment, no significant differences were observed among groups in seizure stage, latency to first myoclonic jerk, or generalized seizure duration (Figure 4). Thus, the apparent effect observed during epileptogenesis was not maintained once chronic epilepsy had been established.

Behavioral analysis showed that ostarine increased the time spent in the open arms of the elevated plus maze compared with the PTZ-kindled vehicle group, suggesting an anxiolytic-like effect. No consistent improvement was observed in the other elevated plus maze entry parameters (Figure 5). In the Y-maze, spontaneous alternation behavior did not differ significantly between the PTZ-kindled vehicle and PTZ-kindled ostarine groups, indicating that ostarine did not improve spatial working memory under the present experimental conditions (Figure 6).

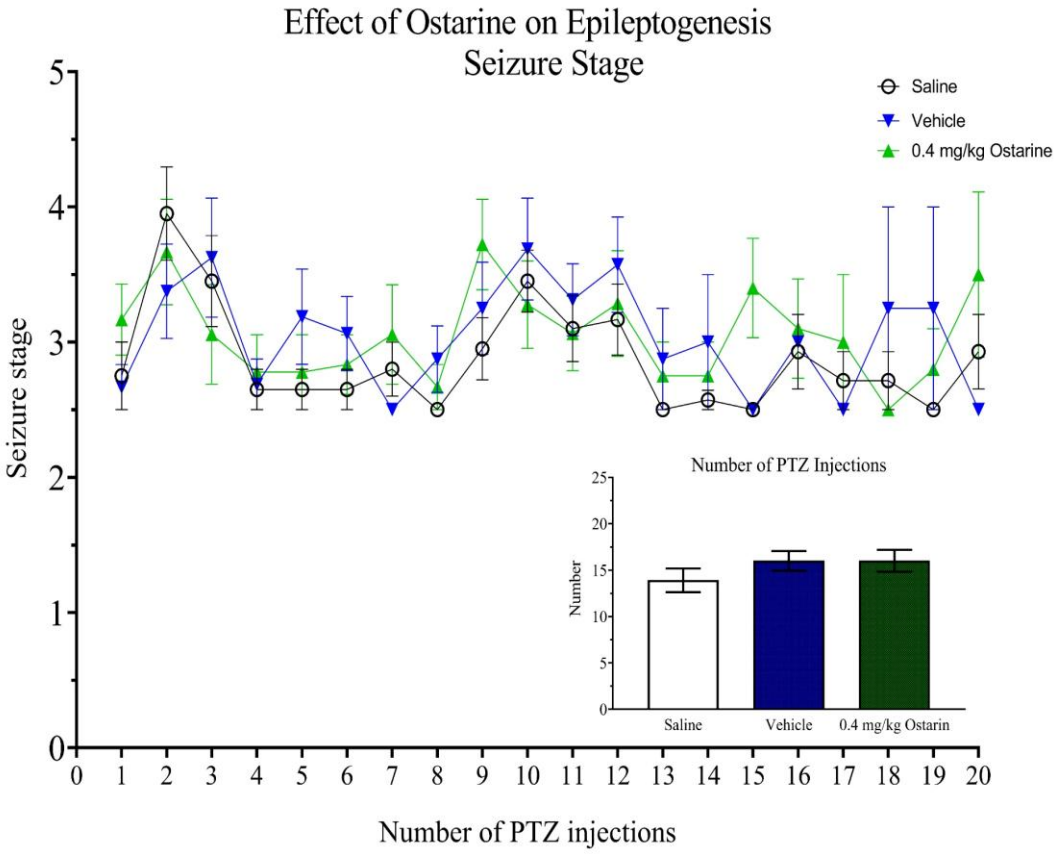


Figure 1-a. Effect of ostarine on epileptogenesis: seizure stage throughout repeated PTZ injections.

Seizure stage was recorded after each PTZ injection during the kindling period in saline-, vehicle-, and ostarine-treated rats. Data are presented as mean ± SEM; n = 10 animals per group. Time-course data were analyzed using two-way repeated-measures ANOVA. No significant group effect was observed among saline, vehicle, and 0.4 mg/kg ostarine groups across repeated PTZ injections ($p > 0.05$).

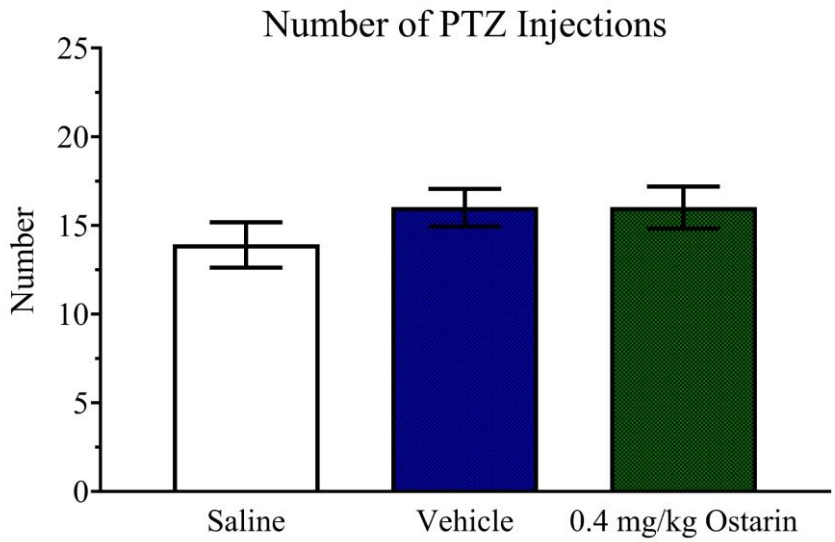


Figure 1-b. **Number of PTZ injections required to achieve kindling.**

The number of PTZ injections required to reach the kindled state was compared among saline-, vehicle-, and ostarine-treated rats. Data are presented as mean ± SEM; n = 10 animals per group. Groups were compared using one-way ANOVA or Kruskal–Wallis test according to data distribution. No significant difference was observed among groups ($p > 0.05$).

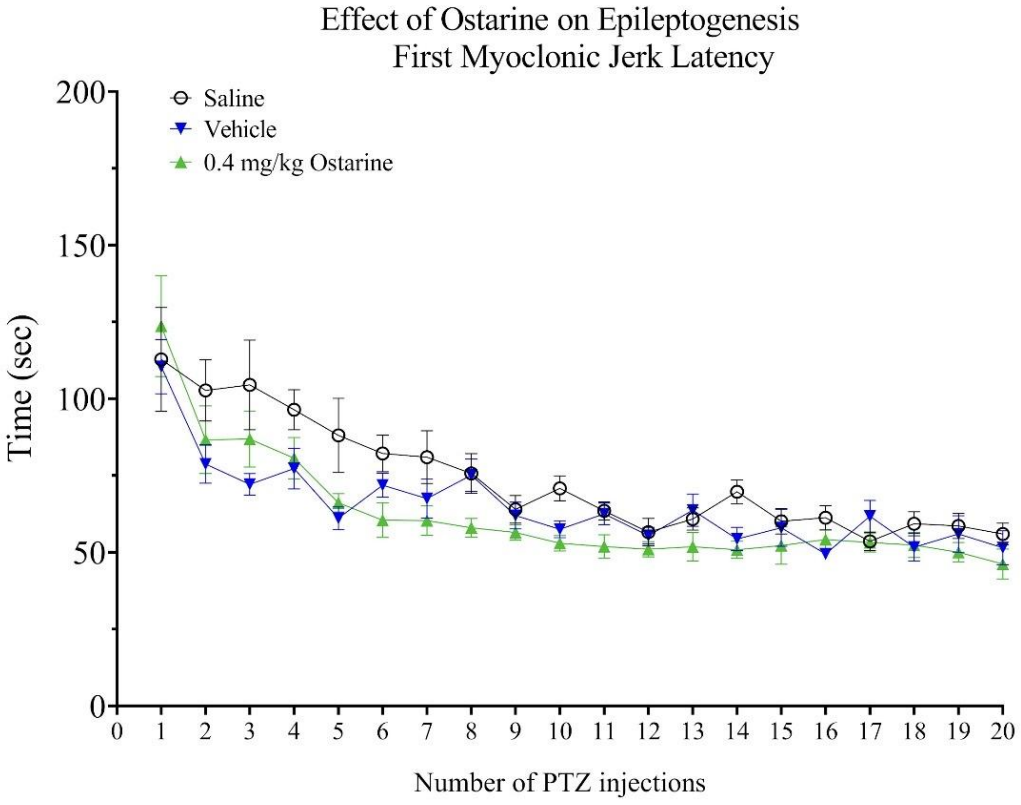


Figure 3. **Effect of ostarine on epileptogenesis: latency to first myoclonic jerk.**

Latency to the first myoclonic jerk was measured after each PTZ injection during the kindling period. Data are presented as mean ± SEM; n = 10 animals per group. Time-course data were analyzed using two-way repeated-measures ANOVA. Although latency decreased progressively across repeated PTZ administrations, no significant between-group difference was detected among saline, vehicle, and 0.4 mg/kg ostarine groups ($p > 0.05$).

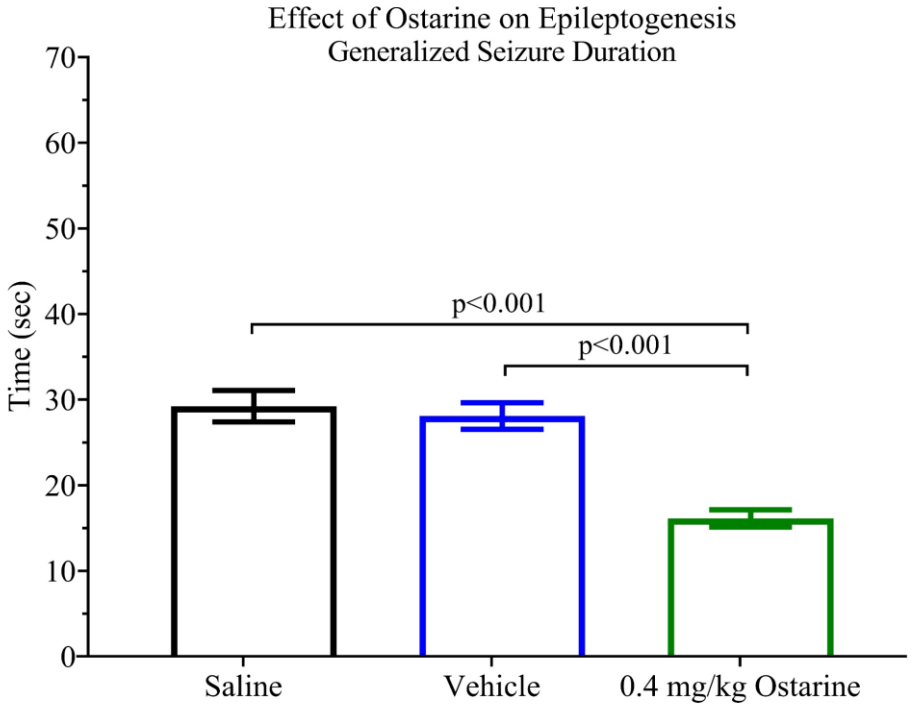


Figure 4. **Effect of ostarine on epileptogenesis: generalized seizure duration.**

Generalized seizure duration was compared among saline-, vehicle-, and ostarine-treated rats during PTZ-induced epileptogenesis. Data are presented as mean ± SEM; n = 10 animals per group. Groups were compared using one-way ANOVA followed by post hoc multiple comparison analysis, or Kruskal–Wallis test followed by appropriate post hoc testing according to data distribution. Ostarine treatment significantly reduced generalized seizure duration compared with both saline and vehicle groups ($p < 0.001$).

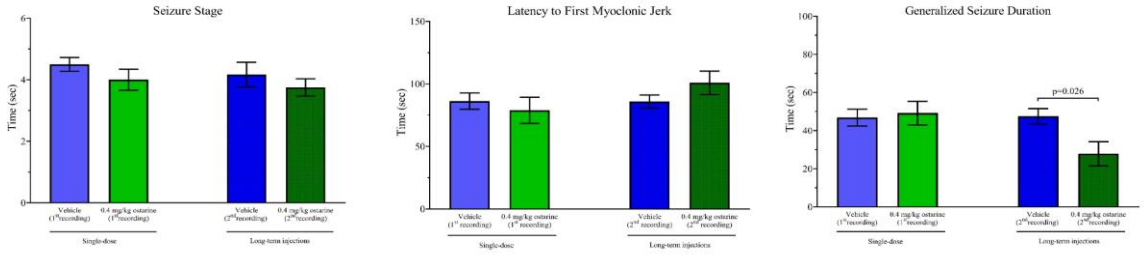


Figure 5. **Acute single-dose and long-term ostarine administration in kindled rats: seizure stage, latency to first myoclonic jerk, and generalized seizure duration.**

Seizure stage, latency to first myoclonic jerk, and generalized seizure duration were evaluated after acute single-dose and long-term ostarine administration in PTZ-kindled rats. Data are presented as mean ± SEM; n = 10 animals per group. Comparisons between vehicle- and

ostarine-treated kindled rats were performed using Student's t-test or Mann–Whitney U test according to data distribution. No significant differences were detected in seizure stage, latency to first myoclonic jerk, or generalized seizure duration after acute or long-term ostarine administration ($p > 0.05$).

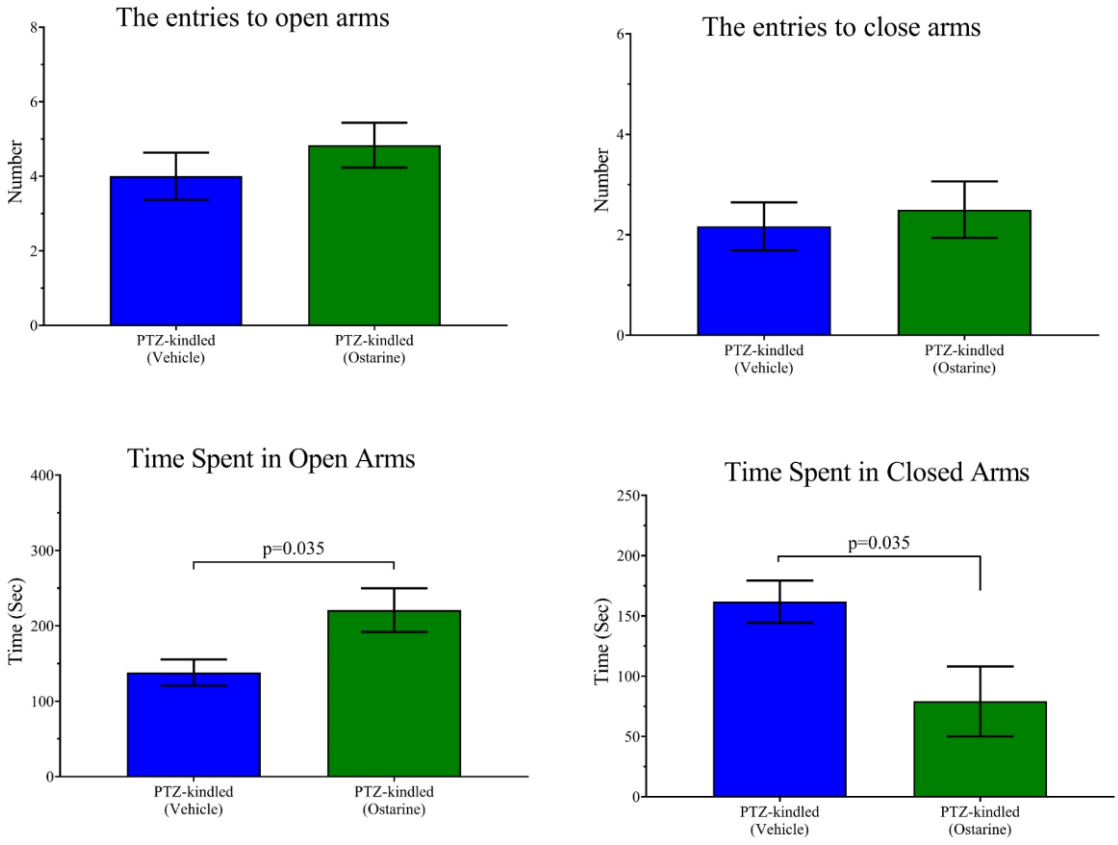


Figure 6. Elevated plus maze parameters in PTZ-kindled rats treated with vehicle or ostarine.

Anxiety-like behavior was assessed using the elevated plus maze in PTZ-kindled rats treated with vehicle or ostarine. Time spent in the open arms, open-arm entries, closed-arm entries, and related exploratory parameters were evaluated. Data are presented as mean ± SEM; n = 10 animals per group. Groups were compared using Student's t-test or Mann–Whitney U test according to data distribution. Ostarine-treated rats spent significantly more time in the open arms compared with vehicle-treated kindled rats, suggesting an anxiolytic-like effect ($p < 0.05$). Other elevated plus maze parameters did not show consistent significant differences between

groups (p > 0.05).

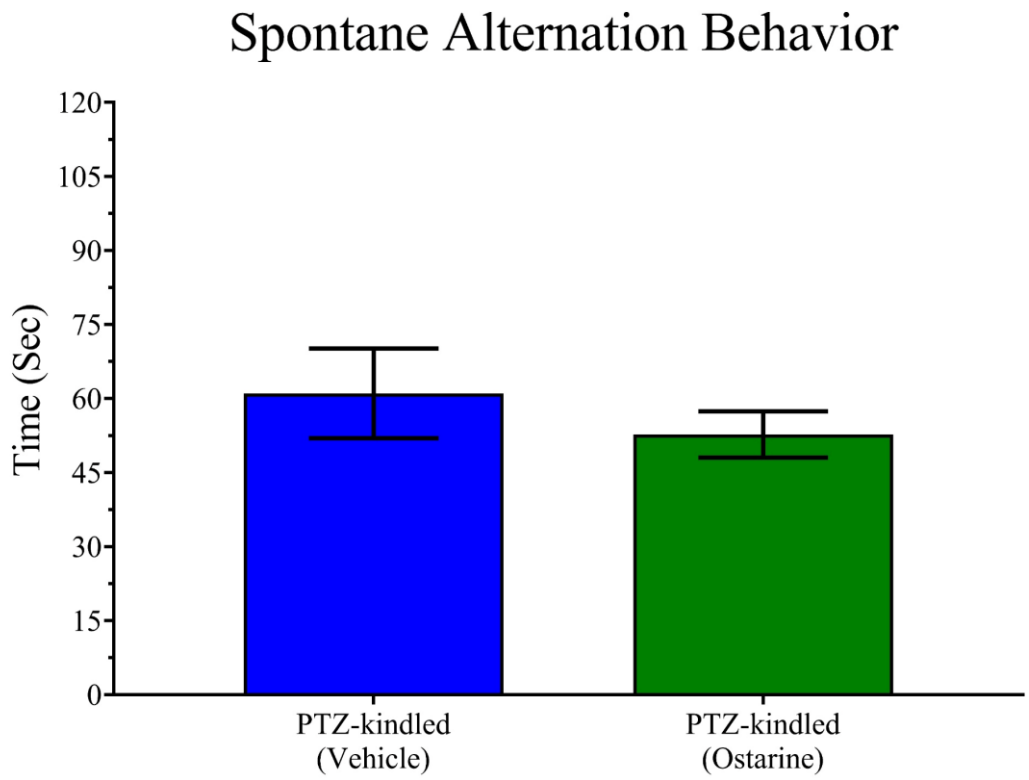


Figure 7. **Y-maze spontaneous alternation behavior in PTZ-kindled rats treated with vehicle or ostarine.**

Spatial working memory was evaluated using spontaneous alternation behavior in the Y-maze. Data are presented as mean ± SEM; n = 10 animals per group. Groups were compared using Student's t-test or Mann–Whitney U test according to data distribution. No significant difference was observed between vehicle- and ostarine-treated PTZ-kindled rats in spontaneous alternation percentage ($p > 0.05$), indicating no detectable improvement in spatial working memory under the present experimental conditions.

DISCUSSION

The present study evaluated the effects of the selective androgen receptor modulator ostarine in a PTZ-induced experimental epilepsy model. The principal finding was that ostarine shortened generalized seizure duration during the kindling phase, whereas seizure stage, latency to first myoclonic jerk, and the number of PTZ injections required for kindling were not significantly changed. These findings suggest that ostarine exerted a limited effect on seizure expression rather than a broad suppression of epileptogenesis.

The selective reduction in generalized seizure duration may indicate that ostarine influences mechanisms involved in seizure maintenance or termination rather than seizure initiation. This interpretation is supported by the absence of significant changes in latency to first myoclonic jerk and seizure stage. Therefore, under the present protocol, ostarine should not be interpreted as having a strong anticonvulsant profile; rather, its effect appears restricted to a specific component of generalized seizure activity.

The lack of significant antiseizure effects after acute single-dose and long-term ostarine administration in kindled rats further suggests that ostarine may be less effective once chronic

epileptic network remodeling has been established. PTZ kindling is associated with progressive changes in excitatory-inhibitory balance, synaptic plasticity, and inflammatory signaling. Although these molecular and glial mechanisms were not directly measured in the present study, they provide a plausible framework for understanding why an intervention may show modest effects during epileptogenesis but limited efficacy after the kindled state has developed.

A clearer behavioral effect was observed in the elevated plus maze, where ostarine increased time spent in the open arms. This result is compatible with an anxiolytic-like effect and is consistent with the broader literature suggesting that androgen-related signaling can influence emotional behavior. Importantly, this behavioral benefit occurred despite the absence of robust antiseizure effects in established kindled animals, indicating that ostarine may modulate anxiety-like behavior through mechanisms that are at least partly independent of seizure suppression.

In contrast, ostarine did not improve spontaneous alternation behavior in the Y-maze. This finding suggests that the tested dose and treatment schedule were insufficient to enhance spatial working memory in this model, or that PTZ-induced cognitive alterations require mechanisms not substantially affected by ostarine. Future studies should include additional cognitive tasks, dose-response designs, and molecular endpoints related to synaptic plasticity and neuroinflammation. Although molecular endpoints were not measured, these pathways may provide plausible hypotheses for future studies rather than direct mechanistic evidence.

LIMITATIONS

This study has several limitations. First, only male rats were used; therefore, sex-specific effects of ostarine could not be evaluated. Second, a single ostarine dose was tested, and dose–response relationships remain unknown. Third, seizure outcomes were based on behavioral scoring without electrophysiological confirmation. Fourth, molecular and histological endpoints were not assessed; thus, the mechanisms underlying the reduction in generalized seizure duration remain speculative. Finally, long-term safety and pharmacokinetic parameters were not evaluated.

CONCLUSION

Ostarine produced a limited effect on seizure-related outcomes in PTZ-induced experimental epilepsy, mainly by shortening generalized seizure duration during the kindling phase. It did not significantly alter seizure stage, latency to first myoclonic jerk, or spontaneous alternation behavior in the Y-maze. However, it reduced anxiety-like behavior, as reflected by increased time spent in the open arms of the elevated plus maze. Under the present experimental conditions, ostarine appears to offer modest neurobehavioral benefit, whereas its antiseizure efficacy remains limited. These findings support further mechanistic investigation of ostarine using molecular, histopathological, electrophysiological, and sex-comparative approaches. Overall, ostarine should be considered an exploratory candidate with limited seizure-modifying effects under the present protocol, warranting further dose-response, electrophysiological, molecular, histological, and sex-comparative studies.

ETHICS APPROVAL AND FUNDING

All experimental procedures were approved by the Ondokuz Mayıs University Institutional Animal Care and Use Committee (2023/69). This study was supported by the Ondokuz Mayıs

University Scientific Research Projects Coordination Unit under project number BAP11-2024-5382.

REFERENCES

1. Jayaraman A, Christensen A, Moser VA, et al. Selective androgen receptor modulator RAD140 is neuroprotective in cultured neurons and kainate-lesioned male rats. Endocrinology. 2014;155(4):1398-1406. doi:10.1210/en.2013-1725

2. Reddy DS, Jian K. Testosterone-derived neurosteroid androstanediol is a positive allosteric modulator of GABA_A receptors. J Pharmacol Exp Ther. 2010;334(3):1031-1041. doi:10.1124/jpet.110.169854

3. Ahmed H, Khan MA, Zaidi SAA, Muhammad S. In silico and in vivo: evaluating the therapeutic potential of kaempferol, quercetin, and catechin to treat chronic epilepsy in a rat model. Front Bioeng Biotechnol. 2021;9:754952. doi:10.3389/fbioe.2021.754952

4. Chen W, Man X, Zhang Y, Yao G, Chen J. Medial prefrontal cortex oxytocin alleviates traumatic brain injury-induced epilepsy and cognitive impairment by reducing neuroinflammation in mice. Sci Rep. 2023;13(1). doi:10.1038/s41598-023-32351-8

5. Monteiro AB, Alves AF, Portela ACR, et al. Pentylenetetrazole: a review. Neurochem Int. 2024;180:105841. doi:10.1016/j.neuint.2024.105841

6. Saadi A, Sandouka S, Taiwo RO, Sheeni Y, Shekh-Ahmad T. Modified pentylenetetrazole model for acute seizure induction in rats. Biomedicines. 2025;13(11):2642. doi:10.3390/biomedicines13112642

7. Faheem M, Althobaiti YS, Khan AW, Ullah A, Ali SH, Ilyas U. Investigation of a 1,3,4-oxadiazole derivative in PTZ-induced neurodegeneration: a simulation and molecular approach. J Inflamm Res. 2021;14:5659-5671. doi:10.2147/JIR.S328609

8. Nieoczym D, Socała K, Zelek-Molik A, et al. Anticonvulsant effect of pterostilbene and its influence on anxiety- and depression-like behavior in pentylenetetrazole-kindled mice: behavioral, biochemical, and molecular studies. Psychopharmacology (Berl). 2021;238(11):3167-3181. doi:10.1007/s00213-021-05933-5

9. Venkata RB, Prasanth DSNBK, Pasala PK, et al. Effective use of bioactive andrographolide and nanocarrier-based evaluation of Andrographis paniculata leaves and roots: anti-inflammatory and antioxidant activities through in silico and in vivo studies. Front Nutr. 2023;10:1185236. doi:10.3389/fnut.2023.1185236

10. Kumral ZNO, Akgün T, Haşim C, et al. Intracerebroventricular administration of exercise hormone irisin or acute intense exercise alleviates epileptic seizure-induced neuroinflammation and improves memory impairment in rats. BMC Neurosci. 2024;25(1). doi:10.1186/s12868-024-00884-x

11. Mousavi SMM, Alipour F, Noorbakhsh F, et al. Clinical correlation of altered molecular signatures in epileptic human hippocampus and amygdala. Mol Neurobiol. 2023;61(2):725-750. doi:10.1007/s12035-023-03583-6

12. Sun Q, Peng S, Xu Q, et al. Enhancement of glymphatic fluid transport by pan-adrenergic inhibition suppresses epileptogenesis in male mice. Nat Commun. 2024;15(1):9600. doi:10.1038/s41467-024-53430-y

13. Zeng M, Cheng J, Kong S, et al. Inhibition of transient receptor potential vanilloid 4 alleviates seizures. Neurotherapeutics. 2022;19(2):660-674. doi:10.1007/s13311-022-01198-8

14. Arias-Carrión O, Ita DJRD, Yu P. Innate immune signaling, neuroinflammation, and network plasticity in temporal lobe epilepsy. Front Pharmacol. 2026;17:1770964. doi:10.3389/fphar.2026.1770964

15. Balaha M, Alamer AA, Abdel-Kader MS, Alharthy KM. Ameliorative potential of (-)-pseudosemiglabrin in pilocarpine-induced epileptic mice: antioxidant, anti-inflammatory, anti-apoptotic, and neurotransmission modulation. Int J Mol Sci. 2023;24(13):10773. doi:10.3390/ijms241310773

16. Onat F, Andersson M, Carcak N. The role of glial cells in the pathophysiology of epilepsy. Cells. 2025;14(2):94. doi:10.3390/cells14020094

17. Alameen AAM, Al-kuraishy HM, Al-Maiahy TJ, et al. Metformin as a neuroendocrine modulator in catamenial epilepsy: interaction with sex hormones and neurosteroids. Mol Neurobiol. 2025;63(1):224. doi:10.1007/s12035-025-05303-8

18. Dahalia M, Majid H, Khan MJ, et al. In vitro and in vivo investigation of physostigmine analogues to understand mechanistic crosstalk between klotho and epilepsy targets. Front Pharmacol. 2025;16:1580943. doi:10.3389/fphar.2025.1580943

19. Rao N, Putra M, Meyer C, Almanza A, Thippeswamy T. Effects of the Src tyrosine kinase inhibitor saracatinib on markers of epileptogenesis in a mixed-sex cohort of adult rats in the kainic acid model of epilepsy. Front Mol Neurosci. 2023;16:1294514. doi:10.3389/fnmol.2023.1294514

20. Chindo BA, Howes MR, Abuhamdah S, et al. Novel findings on the anticonvulsant effects of Melissa officinalis L. (lemon balm) essential oil. Front Pharmacol. 2021;12:760674. doi:10.3389/fphar.2021.760674

21. Tiwari D, Rajathi V, Rymer JK, et al. Estradiol- and progesterone-associated changes in microRNA-induced silencing and reduced anticonvulsant efficacy of an antagomir in female mice. eNeuro. 2023;10(7). doi:10.1523/ENEURO.0047-22.2023

22. Hammer MF, Krzyzaniak CT, Bahramnejad E, et al. Sex differences in the physiological response to increased neuronal excitability in a genetically modified mouse model of childhood epilepsy. Clin Sci (Lond). 2024;138(4):205-222. doi:10.1042/CS20231572

23. Marques FVBS, Kawamura LR de SM, Quintanilha MVT, et al. Pharmacological perspectives and mechanisms involved in epileptogenesis. Beni-Suef Univ J Basic Appl Sci. 2022;11(1). doi:10.1186/s43088-022-00278-0

24. Dhir, A. (2012). Pentylenetetrazol (PTZ) kindling model of epilepsy. *Current protocols in neuroscience*, *58*(1), 9-37. doi.org/10.1002/0471142301.ns0937s58Digital Object Identifier (DOI)

25. Marina, K., Furtwängler, J., Hoffmann, D. B., Lehmann, W., Schilling, A. F., & Stephan, S. (2020). The selective androgen receptor modulator ostarine improves bone healing in ovariectomized rats. *Calcified tissue international*, *106*(2), 147-157. doı:10.1007/s00223-019-00613-1

26. Pellow, S., Chopin, P., File, S. E., & Briley, M. (1985). Validation of open: closed arm entries in an elevated plus-maze as a measure of anxiety in the rat. *Journal of neuroscience methods*, *14*(3), 149-167. doi.org/10.1016/0165-0270(85)90031-7

27. Conrad, C. D., Galea, L. A., Kuroda, Y., & McEwen, B. S. (1996). Chronic stress impairs rat spatial memory on the Y maze, and this effect is blocked by tianeptine pretreatment. *Behavioral neuroscience*, *110*(6), 1321–1334. https://doi.org/10.1037//0735-7044.110.6.1321

SPORTS IN THE CONTEXT OF GLOBALIZATION, GROBALIZATION, AND GLOCALIZATION

KÜRESELLEŞME, KÜREYELLEŞME VE KÜYERELLEŞME EKSENİNDE SPOR

Doç. Dr. Murat YÜKSEL

Ordu Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Sosyoloji Bölümü, Ordu, Türkiye

ORCID ID: https://orcid.org/0000-0003-4448-4062

ÖZET

Bu çalışmanın amacı küreselleşme, küreyelleşme (kültürel çakışma) ve küyerelleşme (kültürel melezleşme) kuramlarını spor üzerinden incelemektir. Çalışma literatür analizine dayalı olarak yapılmıştır. Bu kapsamda yapılan ampirik araştırmalar değerlendirilmiş ve konuyla ilgili kitap, makale, bildiri gibi kaynaklardan yararlanılmıştır. Spor küresel, küreyel ve küyerel kavramları/kuramları ekseninde değerlendirilebilecek bir olgudur. Bugün sporun evrensel olan kuralları ve dil, din, ırk, etnisite, cinsiyet, yönetim şekli ve ideolojisi fark etmeksizin bütün ülkelerde kendine yer bulan kültürel yaygınlığı sporun ne derece küresel bir olgu olduğunu açıkça göstermektedir. Spor günümüzde başta futbol olmak üzere tenis, basketbol gibi çeşitli branşlar örneğinde olduğu gibi küresel bir olgudur. Birçok sporcu küresel dünyada hareket hâlindedir. Sporun FIFA ve IOC gibi küresel yapıları ortaya çıkmıştır. Spor küreyelleşme ekseninde tartışılabilecek bir olgudur. Örneğin kriket İngilizler, beyzbol Amerikalılar tarafından küreyelleştirilmiştir. Bir diğer ifadeyle bu ülkeler tarafından yaygınlaştırılmıştır. Ayrıca uluslararası spor kuruluşları ve şampiyonaları, çokuluslu şirketler ve başta televizyon olmak üzere kitle iletişim araçları sporun küreyelleşmesinde önemli bir rol oynamışlardır. Bu durum aynı zamanda homojenleşmeyi de beraberinde getirmektedir. Spor aynı zamanda küyerel bir pratiktir. Örneğin kriket ya da beyzbol her ne kadar İngilizler ve Amerikalılar tarafından yaygınlaştırılmış olsa da Hintliler kriketi Japonlar beyzbolu dönüştürmüş ve kendilerine ait kılmışlardır. Burada spor artık küyerelleşmiştir. Küresel olan ile yerel olanın birleşmesinin sonucunda heterojen bir yapıya bürünmüştür. Sonuç olarak spor, bu kavramlar/kuramlar ekseninde incelenmesi özellikle elverişli bir konudur. Çok önemli bir kültürel olgudur, büyük ölçüde küreselleşmektedir ve melezleşme (küyerelleşme) ile çakışma (küreyelleşme) teorileri arasındaki ilişkinin incelenebileceği önemli bir alandır. Ancak diğer bütün kültürel biçimler gibi spor da -kriket ve beysbol örneğinde olduğu gibi- küreyelleşmeye ya da küyerelleşmeye indirgenemez. Günümüz dünyasında bütün kültürel biçimler bunların hepsine ait unsurları içerir.

Anahtar Kelimeler: Spor, kültür, küreselleşme, küreyelleşme, küyerelleşme

ABSTRACT

The aim of this study is to examine the theories of globalization, grobalization (cultural imposition), and glocalization (cultural hybridization) through the lens of sport. The study is based on a literature review, drawing on empirical studies as well as relevant books, articles, and conference papers. Sport can be analyzed as a phenomenon situated at the intersection of global, grobal, and glocal processes. Today, the universal rules of sport and its widespread presence across different cultures -regardless of language, religion, ethnicity, gender, political systems, or ideologies- demonstrate its strong global character. Sports such as football, tennis,

and basketball have become global phenomena, supported by the mobility of athletes and the emergence of international organizations such as FIFA and the IOC. At the same time, sport can be discussed within the framework of grobalization. For instance, cricket and baseball were spread globally by the British and Americans, respectively. International sports organizations, global competitions, multinational corporations, and mass media -especially television- have played a significant role in this process, often contributing to cultural homogenization. However, sport is also a glocal practice. Although cricket and baseball were initially disseminated by specific nations, they have been transformed and localized by other societies. For example, cricket in India and baseball in Japan have evolved into culturally distinct forms. In this sense, sport reflects a hybrid structure shaped by the interaction between global and local dynamics. In conclusion, sport is a particularly suitable field for examining these theoretical perspectives. While it is a global cultural phenomenon, it cannot be reduced solely to grobalization or glocalization. Like other cultural forms, sport embodies elements of all these processes simultaneously.

Key Words: Sports, culture, globalization, grobalization, glocalization

GİRİŞ

Küreselleşme, en genel anlamıyla ekonomik, siyasi, kültürel ve sosyal ilişkilerin ulusal sınırları aşarak dünya genelinde yoğunlaşması ve derinleşmesi süreci olarak tanımlanabilir (Giddens, 1990). Bu süreç yalnızca ekonomik yapıları değil, aynı zamanda kültürel üretim biçimlerini, kimlik oluşumlarını ve gündelik pratikleri de dönüştürmektedir (Tomlinson, 1999). Spor ise bu dönüşümün en görünür alanlarından biri olarak öne çıkmakta; küreselleşmenin hem taşıyıcısı hem de sonucu haline gelmektedir (Maguire, 1999).

Günümüz dünyasında spor, yalnızca fiziksel bir etkinlik ya da rekabet alanı olmanın çok ötesine geçmiş; ekonomik, siyasi, kültürel ve sosyal boyutlarıyla birlikte küresel ölçekte ele alınması gereken karmaşık bir olgu hâline gelmiştir. Özellikle 20. yüzyılın ikinci yarısından itibaren iletişim teknolojilerinin hızla gelişmesi, ulaşım olanaklarının yaygınlaşması ve sermaye hareketlerinin serbestleşmesi, sporun ulusal sınırları aşarak küresel bir endüstriye dönüşmesine zemin hazırlamıştır. Bu süreçte küreselleşme kavramı, sporun dönüşümünü anlamlandırmada temel bir analitik çerçeve sunmaktadır.

Ancak küreselleşme yalnızca homojenleşme yaratmaz; aynı zamanda yerel unsurların yeniden üretildiği karmaşık süreçleri de içerir. Bu bağlamda küyerelleşme (glocalization) ve küreyelleşme (grobalization) kavramları, sporun küresel ve yerel dinamikler arasındaki etkileşim içinde şekillendiğini ortaya koymaktadır (Robertson, 1995).

Küreselleşme tek boyutlu bir süreç değildir. Roland Robertson'ın (1995) öne sürdüğü "küyerelleşme" (glocalization) kavramı ve buna ek olarak literatürde tartışılan "küreyelleşme" (grobalization) kavramı, küresel dinamiklerin yerel pratiklerle nasıl iç içe geçtiğini ya da yerel kültürleri nasıl dönüştürdüğünü açıklamaya çalışmaktadır. Spor bu üç kavramın kesişim noktasında son derece verimli bir inceleme alanı sunmaktadır. Futbolun, basketbolun, tenisin ya da Olimpiyat Oyunları'nın küresel yayılımı; beysbolun Japonya'da kazandığı özgün kültürel anlam (Kelly, 2007); kriketin sömürgeci geçmişten günümüze taşıdığı kültürel yük ve dönüşüm serüveni (Appadurai, 1996); yerel geleneklerin, kültürel pratiklerin ve ulusal kimliklerin sporla olan ilişkisi; çok uluslu spor şirketlerinin yerel pazarlara nüfuz etmesi gibi olgular, söz konusu kavramların somut yansımalarıdır.

Spor küresel, küreyel ve küyerel kavramları/kuramları ekseninde değerlendirilebilecek bir olgudur. Bugün sporun evrensel olan kuralları ve dil, din, ırk, etnisite, cinsiyet, yönetim şekli ve ideolojisi fark etmeksizin bütün ülkelerde kendine yer bulan kültürel yaygınlığı sporun ne

derece küresel bir olgu olduğunu açıkça göstermektedir. Spor günümüzde başta futbol olmak üzere tenis, basketbol gibi çeşitli branşlar örneğinde olduğu gibi küresel bir olgudur. Birçok sporcu küresel dünyada hareket hâlindedir. Sporun FIFA ve IOC gibi küresel yapıları ortaya çıkmıştır.

Spor küreyelleşme ekseninde tartışılabilecek bir olgudur. Örneğin kriket İngilizler, beyzbol Amerikalılar tarafından küreyelleştirilmiştir. Bir diğer ifadeyle bu ülkeler tarafından yaygınlaştırılmıştır. Ayrıca uluslararası spor kuruluşları ve şampiyonaları, çokuluslu şirketler ve başta televizyon olmak üzere kitle iletişim araçları sporun küreyelleşmesinde önemli bir rol oynamışlardır. Bu durum aynı zamanda homojenleşmeyi de beraberinde getirmektedir.

Spor aynı zamanda küyerel bir pratiktir. Örneğin kriket ya da beyzbol her ne kadar İngilizler ve Amerikalılar tarafından yaygınlaştırılmış olsa da Hintliler kriketi Japonlar beyzbolu dönüştürmüş ve kendilerine ait kılmışlardır. Burada spor artık küyerelleşmiştir. Küresel olan ile yerel olanın birleşmesinin sonucunda heterojen bir yapıya bürünmüştür.

Bu çalışmanın temel problemi sporun küreselleşme, küreyelleşme (kültürel çakışma) ve küyerelleşme (kültürel melezleşme) kuramlarının incelenmesi için elverişli bir olgu olmasıdır. Dolayısıyla bu çalışma, küreselleşme, küreyelleşme ve küyerelleşme kavramlarını kuramsal düzeyde ele alarak bu kavramların spor alanındaki yansımalarını tartışmayı amaçlamaktadır. Çalışmada öncelikle her üç kavramın kuramsal çerçevesi ortaya konulacak, ardından bu çerçeveler spor olgusuna uygulanarak somut örneklerle desteklenecektir. Çalışma literatür analizine dayalı olarak yapılmıştır. Bu kapsamda yapılan ampirik araştırmalar değerlendirilmiş ve konuyla ilgili kitap, makale, bildiri gibi kaynaklardan yararlanılmıştır. Çalışma konuya genel bir giriş ile başlamıştır. Sonra spor olgusu üzerinden küreselleşme, küreyelleşme, küyerelleşme kuramları ele alınmıştır. Çalışma tartışma ve sonuç bölümü ile bitirilmiştir.

KÜRESELLEŞME VE SPOR

Spor sosyolojisi açısından küreselleşme, sporun meta haline gelmesi, spor organizasyonlarının uluslararasılaşması ve spor tüketiminin küresel ölçekte yaygınlaşması gibi olgularla somutlaşmaktadır (Maguire, 1999). Joseph Maguire, spor küreselleşmesini incelerken beş temel sürecin altını çizmektedir: ekonomik süreçler, siyasi süreçler, göç süreçleri, medya ile iletişim süreçleri ve ideolojik süreçler. Bu süreçlerin bir arada işlemesi, sporu küreselleşmenin hem bir ürünü hem de bir aracı konumuna getirmektedir.

Modern sporun kökeni büyük ölçüde Avrupa'ya dayanmakta ve zamanla küresel ölçekte yayılmıştır. Bu yayılım, sporun evrensel bir kültürel form haline gelmesine katkı sağlamıştır (Andreff, 2024). Günümüzde futbol, basketbol ve olimpik sporlar küresel ölçekte en yaygın spor dalları olarak öne çıkmaktadır.

Futbol, küreselleşmenin spor alanındaki en çarpıcı örneğini sunmaktadır. Dünya Kupası, tarihsel olarak en geniş televizyon izleyici kitlesine ulaşan spor organizasyonu olma özelliğini korumaktadır. FIFA'nın verilerine göre 2022 Katar Dünya Kupası, yaklaşık 5 milyar izleyiciye ulaşmıştır (FIFA, 2022). Bu rakam, futbolun küresel ölçekte ne denli güçlü bir popülere sahip olduğunu açıkça ortaya koymaktadır.

Uluslararası spor organizasyonları (örneğin FIFA ve IOC), sporun küresel ölçekte yaygınlaşmasında kritik rol oynamaktadır. Bu organizasyonlar, sporun yalnızca bir rekabet alanı değil, aynı zamanda küresel bir sistemin parçası haline gelmesine katkı sağlamaktadır (Maguire, 1999).

Küreselleşmenin spor üzerindeki en önemli etkilerinden biri sporun endüstrileşmesidir. Spor artık yalnızca fiziksel bir etkinlik değil, aynı zamanda küresel bir ekonomik sektör haline

gelmiştir (Andreff, 2024). Sponsorluk anlaşmaları, yayın hakları ve spor turizmi bu dönüşümün temel bileşenleridir.

Büyük spor organizasyonlarının ev sahibi kentlerde ekonomik büyümeyi teşvik ettiği ve altyapı yatırımlarını artırdığı görülmektedir (Abukalloub & Kutluay Tutar, 2025). Ayrıca profesyonel sporcuların finansal varlık olarak değerlendirilmesi, sporun finansallaşmasının önemli bir göstergesidir (Andreff, 2024).

Bu süreç, sporun yalnızca fiziksel bir etkinlik olmaktan çıkıp küresel bir kültürel deneyime dönüşmesine yol açmaktadır (Tomlinson, 1999).

KÜREYELLEŞME VE SPOR

"Küreyelleşme" kavramı, Amerikalı sosyolog George Ritzer tarafından geliştirilen ve küreselleşmenin homojenleştirici, standartlaştırıcı boyutunu vurgulayan bir kavramdır (Ritzer, 2003). Ritzer, bu kavramla küresel ekonomik ve kültürel güçlerin -özellikle büyük şirketlerin ve medya kuruluşlarının- yerel kültürler üzerindeki baskısına dikkat çekmektedir. Küreyelleşme, yerel farklılıkları törpüleyen, benzer tüketim kalıpları ve kültürel pratikler yaratan bir süreç olarak betimlenmektedir.

Küreselleşme sürecinde spor kültürü belirli ölçüde homojenleşmekte, küresel sporlar yerel sporların önüne geçebilmektedir (Aydın & Orhan, 2023). Bu durum, kültürel çeşitliliğin azalmasına yol açabileceği yönünde eleştirilmektedir.

Küreyelleşme perspektifinden bakıldığında, büyük spor organizasyonları -FIFA, NBA, NFL, Uluslararası Olimpiyat Komitesi (IOC)- küresel piyasada egemenlik kuran yapılar olarak değerlendirilebilir. Bu yapılar, kendi kurallarını, değerlerini ve ticari mantığını yerel spor kültürlerine dayatmakta; böylece yerel farklılıkların zamanla silinmesine yol açmaktadır (Andrews ve Ritzer, 2007). Örneğin NBA'nin küresel pazarlama stratejileri, basketbolun yerel versiyonlarını ve geleneklerini geri plana iterek "Amerikan tarzı" bir oyun anlayışını standart kabul ettirmeye çalışmaktadır.

Küreyelleşme perspektifinden bakıldığında, medyanın sporu standartlaştırma işlevi özellikle dikkat çekicidir. Yayıncı kuruluşların talepleri doğrultusunda maç saatlerinin düzenlenmesi, stadyum tasarımının kameralar için optimize edilmesi ve hatta oyun kurallarının daha "izlenebilir" kılınması amacıyla değiştirilmesi, medya mantığının spor alanını nasıl yeniden biçimlendirdiğini gözler önüne sermektedir (Rowe, 2004).

Bu bağlamda spor, yalnızca kültürel bir pratik değil, aynı zamanda kültürel hegemonya aracı olarak da değerlendirilmektedir. Batı merkezli spor kültürünün küresel ölçekte baskın hale gelmesi, bu eleştirilerin temelini oluşturmaktadır (Maguire, 1999).

KÜYERELLEŞME VE SPOR

Küyerelleşme kavramı, İngiliz sosyolog Roland Robertson tarafından 1990'lı yıllarda kavramsallaştırılmıştır (Robertson, 1992, 1995). Robertson'a göre küresel ile yerel birbirinden bağımsız ve karşıt süreçler değil, birbirini besleyen ve dönüştüren dinamiklerdir. Küyerelleşme, küresel süreçlerin yerel bağlamlarda yeniden yorumlanmasını, uyarlanmasını ve yerel pratiklerle harmanlanmasını ifade etmektedir.

Spor bağlamında küyerelleşme, küresel sporların yerel kültürel kodlarla yeniden üretilmesi anlamına gelmektedir (Giulianotti & Robertson, 2007). Bir diğer ifadeyle, spor bağlamında küyerelleşme, sporcuların, kulüplerin ve taraftarların küresel spor kültürünü kendi yerel kimlik ve değerleriyle sentezleme süreçlerine karşılık gelmektedir. Bir Brezilyalı futbolcunun oyun

tarzının dünya futbolunu etkilemesi ya da Japonya'da beysbolun Amerika'dan ithal edildikten sonra özgün bir Japon kültürel pratiğine dönüşmesi, küyerelleşmenin spordaki tipik örnekleri arasında gösterilebilir (Maguire, 1999). Bu bağlamda beysbol ve kriket, küyerelleşmenin en çarpıcı örneklerini sunan spor dalları olarak öne çıkmaktadır. Amerika Birleşik Devletleri'nden Japonya'ya taşınan beysbolu Japonların nasıl "kendi oyunları" haline getirdiği (Kelly, 2007) ve İngiliz sömürgeciliğinin bir aracı olarak Hindistan'a yerleştirilen kriketin zamanla Hint kültürel kimliğinin en güçlü ifadelerinden birine dönüşmesi (Appadurai, 1996), küyerelleşme kavramının spor alanındaki en güçlü kanıtlarını oluşturmaktadır.

Futbol gibi küresel sporlar, farklı toplumlarda farklı anlamlar kazanmakta ve yerel kimliklerle yeniden şekillenmektedir (Giulianotti & Robertson, 2007). Örneğin taraftarlık pratikleri, semboller ve ritüeller ülkeden ülkeye değişmektedir. Bu durum, sporun yalnızca küresel bir fenomen olmadığını; aynı zamanda yerel toplumsal ilişkilerin bir ürünü olduğunu göstermektedir. Küyerelleşme sürecinde spor, kimlik ve aidiyet üretiminin önemli bir aracı haline gelmektedir.

Spor, bireylerin hem yerel hem de küresel kimlikler arasında bağ kurmasına olanak sağlayarak çok katmanlı kimlik oluşumlarına katkıda bulunmaktadır (Appadurai, 1996).

TARTIŞMA VE SONUÇ

Küreselleşme, sporun yapısını köklü bir şekilde dönüştürmüş ve onu küresel bir endüstri haline getirmiştir. Ancak bu süreç tek yönlü değildir. Küyerelleşme ve küreyelleşme kavramları, sporun hem küresel hem de yerel dinamiklerle şekillendiğini göstermektedir

Bu çalışmada küreselleşme, küreyelleşme ve küyerelleşme kavramları spor alanı ekseninde ele alınmış; söz konusu kavramların spor olgusunu anlamlandırmada birbirini tamamlayan analitik çerçeveler sunduğu ileri sürülmüştür. Futbol ve Olimpiyat Oyunları gibi tartışmalı örneklerin yanı sıra Kelly'nin (2007) Japon beysbolu analizi ve Appadurai'nin (1996) Hindistan kriketi üzerine yaptığı çözümleme, bu çerçevelerin somut olgulara nasıl uygulanabileceğini güçlü biçimde ortaya koymuştur.

Küreselleşme, sporun ulusal sınırları aşarak dünya genelinde yayılan bir kültürel ve ekonomik alan haline gelmesini açıklamaktadır. Futbol, basketbol, tenis ve Olimpiyat Oyunları gibi küresel spor fenomenleri, bu sürecin en çarpıcı örneklerini oluşturmaktadır. Küreyelleşme ise küresel spor endüstrisinin standartlaştırıcı ve homojenleştirici yönünü öne çıkarmakta; çok uluslu spor markalarının, medya kuruluşlarının ve uluslararası spor federasyonlarının yerel spor kültürleri üzerindeki dönüştürücü etkisini tanımlamaktadır. Küyerelleşme ise bu sürecin tek yönlü olmadığını; Japonların beysbolu kendi kültürel değerleriyle yeniden biçimlendirmesi ve Hintlilerin kriketi önce sömürge karşıtı bir direniş aracına sonra ulusal kimliğin en güçlü sembolüne dönüştürmesi gibi örneklerle yerel aktörlerin, toplulukların ve kültürlerin küresel dinamikleri kendi değerleri ve kimlikleriyle yeniden anlamlandırabildiğini vurgulayan bir perspektif sunmaktadır. Bu bağlamda spor, yalnızca bir rekabet alanı değil; aynı zamanda kimlik, ekonomi ve kültürün kesiştiği çok katmanlı bir sosyal alandır.

Sonuç olarak spor, çok önemli bir kültürel olgudur, büyük ölçüde küreselleşmektedir ve melezleşme (küyerelleşme) ile çakışma (küreyelleşme) teorileri arasındaki ilişkinin incelenebileceği önemli bir alandır. Ancak diğer bütün kültürel biçimler gibi spor da -kriket ve beysbol örneğinde olduğu gibi- küreyelleşmeye ya da küyerelleşmeye indirgenemez. Günümüz dünyasında bütün kültürel biçimler bunların hepsine ait unsurları içerir.

KAYNAKÇA

Abukalloub, A., & Kutluay Tutar, F. (2025). The role of the sports sector in regional economic development. *Ases International Journal of Economic, 3*(1), 163-175.

Andreff, W. (2024). Globalisation of professional sport finance. *Journal of Risk Financial Management*. *17*(5), 201. https://doi.org/10.3390/jrfm17050201

Andrews, D. L., ve Ritzer, G. (2007). The grobal in the sporting glocal. *Global Networks*, *7*(2), 135–153. https://doi.org/10.1111/j.1471-0374.2007.00161.x

Appadurai, A. (1996). *Modernity at large: Cultural dimensions of globalization*. University of Minnesota Press.

Aydın, Y., & Orhan, B. E. (2023). Küreselleşmenin spor kültürü üzerindeki etkilerinin değerlendirilmesi. *Uluslararası Bozok Spor Bilimleri Dergisi*, *4*(2), 31–41. https://izlik.org/JA93XY72PR

FIFA. (2022). *FIFA World Cup Qatar 2022™ – global broadcast and audience summary*. Fédération Internationale de Football Association. https://www.fifa.com/tournaments/mens/worldcup/qatar2022

Giddens, A. (1990). *The consequences of modernity*. Polity Press.

Giulianotti, R., & Robertson, R. (2007). Forms of glocalization: Globalization and the migration strategies of Scottish football fans in North America. *Sociology*, *41*(1), 133-152. https://doi.org/10.1177/0038038507073044

Kelly, W. W. (Ed.). (2007). *Fanning the flames: Fans and consumer culture in contemporary Japan*. State University of New York Press.

Maguire, J. (1999). *Global sport*. Polity Press.

Ritzer, G. (2003). Rethinking globalization: Glocalization/grobalization and something/nothing. *Sociological Theory*, *21*(3), 193–209. https://doi.org/10.1111/1467-9558.00185

Robertson, R. (1992). *Globalization: Social theory and global culture*. Sage Publications.

Robertson, R. (1995) Glocalization: Time-Space and Homogeneity-Heterogeneity. In: Featherstone, M., Lash, S. and Robertson, R., Eds., *Global Modernities*, (ss. 25-44) Sage Publications.

Rowe, D. (2004). *Sport, culture and the media: The unruly trinity* (2. ed.). Open University Press.

Tomlinson, J. (1999). *Globalization and culture*. University of Chicago Press.

CENTRAL AND EASTERN BLACK SEA REGION SOLAR RADIATION MODELING AND MAPPING

This study was supported under project number TF-1620, accepted by the Ordu University Scientific Research Projects Commission

Serdar SUCU

Ordu University, Institute of Science, Department of Renewable Energy, Ordu, Türkiye

ORCID ID: https://orcid.org/0009-0004-1860-7449

Tahsin TONKAZ

Ordu University, Faculty of Agriculture, Department of Biosystem Engineering, Ordu, Türkiye

ORCID ID: https://orcid.org/0000-0002-7136-1562

ABSTRACT

This study aims to conduct probability analyses of monthly average solar radiation values obtained from meteorological stations located in the Central and Eastern Black Sea Regions, to estimate synthetic values for Standard return periods, to map the spatial distribution of the derived solar radiation values, and to identify the potential of suitable areas for renewable energy production required by engineering and agricultural activities. In this study, the solar radiation values of stations located in the Central and Eastern Black Sea Regions were first analyzed using a probabilistic approach, and the most suitable probability distribution models were identified the Kolmogorov–Smirnov test. Using these selected distribution models, synthetic data were generated for Standard return periods. The point-based values obtained were then mapped for different Standard return periods using the Geographic Information Systems (GIS) method. In this way, both the spatial distribution and the magnitude ranges of solar radiation values across the region were determined. According to the statistical solar radiation observation data for the period 1975–2008, the highest solar radiation value was recorded at the Gümüşhane station in July, with 677.4 cal/cm², while the lowest value was observed at the Ordu station in December, with 73.5 cal/cm². Based on the derived data, the highest solar radiation value was estimated to be 683.13 cal/cm² (for a return period of Tr = 500 years) at the Gümüşhane station in June, whereas the lowest value was again obtained at the Ordu station in December, with 73.503 cal/cm² (Tr = 500 years). This study presents the potential for utilizing solar radiation in the Central and Eastern Black Sea Region by estimating it at specified probability level sand providing these results to users. The more widespread use of solar radiation energy, as a renewable energy source, in the Black Sea Region in recent years will contribute to the conservation of natural resources and the protection of the environment.

Key Words: Spatial Distribution, GIS, Modeling, Solar Radiation

INTRODUCTION

Climate is defined as the long-term average of meteorological phenomena such as temperature, humidity, atmospheric pressure, wind, precipitation, and precipitation type observed over an

extended period in a given location. Unlike weather, which describes short-term atmospheric conditions, climate represents the long-term characterization of meteorological patterns. The climate of a particular region is influenced by factors such as latitude, altitude, topography, permanent snow cover, and distance from the sea. The scientific discipline that studies climate is known as climatology (Albergel et al 2018).

Climate can also be described as the average state of all weather conditions experienced or observed over many years at a specific location. However, a comprehensive definition of climate must also include extreme events, frequency distributions, probabilities, and variability. Therefore, in recent years, climate has been more accurately defined as the synthesis of atmospheric processes, weather events, and climate elements characterized by long-term statistics, including variability, extremes, and mean values (Türkeş et al, 2000).

In recent years, climate has become a subject of widespread interest and concern. It plays a significant role both in individuals' daily lives and in the sectors in which they work, as well as in discussions regarding future climate conditions. National meteorological institutions systematically record climate elements and atmospheric events—such as sunshine duration, cloudiness, air, sea surface and soil temperatures, precipitation (rain, snow, hail), lightning, and storms—for climatological purposes. According to climatologists, weather refers to the totality of atmospheric conditions occurring at a specific place and time, governed by dynamic processes in the atmosphere. A large portion of human activities is directly influenced by weather conditions; therefore, accurate short-term forecasting is crucial for human life. This, in turn, depends on precise and reliable knowledge of atmospheric processes.

Meteorological observations constitute the most fundamental component of climate-related studies. Scientific analyses based on erroneous data cannot be expected to yield accurate results. For this reason, long-term climatological datasets obtained through continuous meteorological observations must be carefully processed, quality-controlled, classified, and properly preserved.

Solar radiation refers to all electromagnetic energy emitted directly from the sun. It can be estimated using parameters such as average temperature, relative humidity, and albedo. Sunshine duration significantly affects solar radiation and, consequently, net radiation in energy balance equations. When direct measurements of solar radiation are unavailable, it can be estimated using variables such as time, latitude, and sunshine duration (Gao et al, 2016; Khamees et al, 2024).

In this study, probability distribution models are employed to generate synthetic solar radiation data for the provinces of Samsun, Ordu, Trabzon, Rize, Artvin, Tokat, Gümüşhane, and Amasya, located in the Central and Eastern Black Sea Region, based on solar radiation records obtained from the Turkish State Meteorological Service. The generated point-based data are then transformed into spatial solar radiation distributions using the Inverse Distance Weighting (IDW) interpolation technique, with the aim of deriving areal solar radiation values.

MATERIALS AND METHODS

Materials

In this study, long-term (1975–2008) monthly average daily total solar radiation data obtained from meteorological stations operated by the Turkish State Meteorological Service, along with the geographical coordinates of the stations, were used for the provinces of Samsun, Ordu, Trabzon, Rize, Artvin, Tokat, Gümüşhane, and Amasya.

Methods

For the mapping of solar radiation, monthly average daily total solar radiation data (cal/cm²) obtained from the eight meteorological stations considered in this study were analyzed using probability distribution models. The most appropriate probability distribution for each dataset was identified, and minimum and maximum solar radiation values were derived for standard return periods of 2, 5, 10, 20, 50, 100, and 500 years. The spatial distribution of the generated data was subsequently determined using Geographic Information Systems (GIS) techniques.

Using a GIS-based approach, a map of Türkiye showing provincial boundaries was combined with the coordinate information of the meteorological stations. The derived solar radiation data for each station were incorporated into the map as point data. To determine the spatial distribution of solar radiation values for each standard return period, synthetic datasets consisting of 12 monthly values were generated and analyzed.

The classification and legend intervals for the mapped solar radiation values corresponding to the standard return periods (2, 5, 10, 20, 50, 100, and 500 years) were defined using the following statistical expressions:

- Mean + 2.5 standard deviations
- Mean + 1.5 standard deviations
- Mean + 0.5 standard deviations
- Mean − 0.5 standard deviations
- Mean − 1.5 standard deviations
- Mean − 2.5 standard deviations

The Inverse Distance Weighting (IDW) interpolation method is a widely used technique for generating continuous surface (grid) data from sampled point observations. This method is based on the assumption that points closer to the location of interest have a greater influence on the estimated value than those farther away. Accordingly, weights decrease with increasing distance from the interpolation point, and the surface is generated based on a weighted average of neighboring sample points (Arslanoğlu & Özçelik, 2005).

IDW is a commonly applied weighted moving average interpolation approach within GIS environments. Although various weighting functions have been proposed, IDW remains one of the most frequently used methods. It is an exact interpolator, meaning that it preserves the original data values at the sampled locations. The general form of the IDW estimator is given by (Lloyd, 2007):

Within the scope of this study, the probability distributions corresponding to the monthly average daily total solar radiation intensity (cal/cm²) for the eight stations were determined. Based on these distributions, synthetic monthly datasets were generated for each standard return period. Subsequently, spatial distributions of solar radiation values were produced on both a monthly and return-period basis using GIS techniques, and the corresponding maps were generated.

RESULTS AND DISCUSSIONS

The fundamental statistical characteristics of the provinces within the study area for the period 1975–2008 indicates that, for Samsun, the minimum solar radiation value is 81.9 cal/cm², the maximum is 642.1 cal/cm², the mean is 303.9 cal/cm², and the standard deviation is 145.3 cal/cm². For Ordu, the minimum, maximum, mean, and standard deviation values are 73.5,

555.4, 277.2, and 139.8 cal/cm², respectively. For Trabzon, these values are 78.3, 507.8, 260.4, and 112.7 cal/cm²; for Rize, 78.8, 472.8, 248.5, and 119.0 cal/cm²; for Artvin, 98.0, 562.3, 311.8, and 150.2 cal/cm²; for Amasya, 81.7, 600.9, 328.2, and 164.1 cal/cm²; for Tokat, 83.0, 641.2, 345.4, and 162.3 cal/cm²; and for Gümüşhane, 94.0, 677.4, 361.4, and 187.7 cal/cm², respectively.

Among the provinces, the highest recorded solar radiation value is 677.4 cal/cm² in Gümüşhane, followed by 642.1 cal/cm² in Samsun, 641.2 cal/cm² in Tokat, 600.9 cal/cm² in Amasya, 562.3 cal/cm² in Artvin, 555.4 cal/cm² in Ordu, 507.8 cal/cm² in Trabzon, and the lowest maximum value of 472.8 cal/cm² in Rize.

The minimum solar radiation values are relatively close across the study area, ranging from 73.5 to 98.0 cal/cm². The lowest value (73.5 cal/cm²) is observed in Ordu, whereas the highest minimum value (98.0 cal/cm²) occurs in Artvin. The second highest minimum value is recorded in Gümüşhane (94.0 cal/cm²), followed by Tokat (83.0 cal/cm²).

The probability distributions of the derived solar radiation values were analyzed for each month (January through December) based on both minimum and maximum values. The analysis identified the following distributions: 2 Lognormal (Type II), 8 Extreme value, 6 Log-logistic, 26 Logistic, 4 Rayleigh, 23 Weibull, 1 Erlang, 16 Normal, 1 Pareto, and 6 General Beta distributions.

The Logistic distribution is the most frequently observed (26 instances), followed by the Weibull distribution (23 instances) and the Normal distribution (16 instances). The least frequent distributions are Erlang and Pareto, each occurring only once.

When examined on a monthly and provincial basis, the results indicate the following patterns:

Samsun: Logistic distribution in January, March, June, August, October, and December; Weibull in February, May, and September; Normal in April; General Beta in July; and Lognormal (Type II) in November. Logistic is the most frequent, while Normal, General Beta, and Lognormal (Type II) are least frequent.

Ordu: General Beta in January; Weibull in February, March, and October; Extreme value in April; Inverse Gaussian in June; Logistic in May, July, August, and September; Log-logistic in November; and Rayleigh in December. Logistic and Weibull are most frequent, while Extreme, Inverse Gaussian, Log-logistic, and Rayleigh are least frequent.

Trabzon: Lognormal (Type II) in January; Normal in February and July; Weibull in March, April, May, August, November, and December; Inverse Gaussian in June; Logistic in September; and Rayleigh in October. Weibull is the most frequent distribution.

Rize: Weibull in January, March, and May; Normal in February, June, and August; Logistic in April and December; General Beta in July; Extreme value in September; Erlang in October; and Log-logistic in November. Normal and Weibull distributions are most frequent.

Artvin: Normal in January and October; Logistic in February, March, May, July, August, and December; General Beta in April; Weibull in June; Inverse Gaussian in September; and Extreme value in November. Logistic is the dominant distribution.

Amasya: Normal in January and May; General Beta in February and September; Log-logistic in March; Logistic in April, July, and November; Extreme value in June and August; and Weibull in October and December. Logistic is the most frequent distribution.

Tokat: Logistic in January, March, and May; Extreme value in February and June; Weibull in April and December; Normal in July, August, October, and November; and Rayleigh in September. Normal is the most frequent distribution.

Gümüşhane: Normal in January and September; Weibull in February, June, and August; Log-logistic in March, October, and November; Extreme value in April; Logistic in May; Rayleigh in July; and Pareto in December. Weibull and Log-logistic are the most frequent distributions.

Overall, the results demonstrate that the Logistic, Weibull, and Normal distributions are the most commonly observed models for representing solar radiation data in the study area, whereas Erlang and Pareto distributions are rarely encountered.

Probability distribution analyses of the derived solar radiation values for the provinces considered in this study were conducted for each month (January through December), based on minimum and maximum values.

Accordingly, for Samsun, the minimum derived solar radiation value was calculated as 81.921 cal/cm² in December at a probability level of 0.2%, while the maximum value was 651.72 cal/cm² in June at the same probability level.

For Ordu, the minimum derived value was 73.503 cal/cm² in December, and the maximum value was 575.44 cal/cm² in July, both corresponding to a 0.2% probability level .

For Trabzon, the minimum value was determined as 78.328 cal/cm² in December, while the maximum value reached 512.17 cal/cm² in June at a 0.2% probability level .

For Rize, the minimum and maximum values were 78.81 cal/cm² (December) and 472.79 cal/cm² (June), respectively, at the same probability level .

For Artvin, the minimum value was 98.01 cal/cm² in December, and the maximum value was 562.29 cal/cm² in June .

For Amasya, the minimum derived solar radiation value was 80.753 cal/cm² in December, and the maximum value was 600.86 cal/cm² in June.

For Tokat, the minimum and maximum values were 81.338 cal/cm² (December) and 641.12 cal/cm² (June), respectively.

Finally, for Gümüşhane, the minimum value was 94.00 cal/cm² in December, while the maximum value reached 683.13 cal/cm² in June, again at a 0.2% probability level .

In the mapping of solar radiation, minimum and maximum solar radiation values were generated for standard return periods of 2, 5, 10, 20, 50, 100, and 500 years. Based on these values, monthly datasets for eight meteorological stations were produced, resulting in $12 \times 7 = 84$ maps for minimum solar radiation values and 84 maps for maximum solar radiation values, yielding a total of 168 solar radiation maps.

Since the return period of Tr = 2 years corresponds to a 50% probability level, where minimum and maximum values coincide, a total of 156 maps ($168 - 12$) were ultimately presented.

The total study area covers 60,514 km², including the provinces of Samsun (9,352 km²), Amasya (5,690 km²), Tokat (10,071 km²), Gümüşhane (6,575 km²), Ordu (5,952 km²), Giresun (6,934 km²), Trabzon (4,662 km²), Rize (3,919 km²), and Artvin (7,359 km²). The spatial extent of each solar radiation class and their proportional area coverage were calculated.

Accordingly, when all return periods and spatial distributions are considered, the lowest solar radiation percentage in January occurs within the range of 125–137.99 cal/cm², covering 0.63% of the area at a 50-year return period (i.e., 2% probability). The highest solar radiation percentage is observed within the range of 148–162.99 cal/cm², covering 70.01% of the area at a 20-year return period (i.e., 5% probability).

In terms of legend class frequency, the highest solar radiation values in January fall within the range of 190–209.99 cal/cm², representing 4.61% of the area at a 500-year return period (0.2%

probability). Conversely, the lowest solar radiation values are observed within the range of 80–94.99 cal/cm², covering 16.33% of the area at the same return period.

A wide range of studies in the literature have focused on modeling solar radiation. For instance, Demir (2025) conducted a comprehensive prediction study in which multiple machine learning and deep learning approaches were evaluated, including Long Short-Term Memory (LSTM), Bidirectional LSTM (Bi-LSTM), Gated Recurrent Unit (GRU), Bidirectional GRU (Bi-GRU), LSBoost, XGBoost, Bagging, Random Forest (RF), General Regression Neural Network (GRNN), Support Vector Machines (SVM), and various Artificial Neural Network architectures (MLANN and RBANN). The findings were based on a comparative assessment of these models' predictive performances.

Similarly, Akarslan & Hocaoğlu (2019) analyzed solar radiation forecasting by comparing the accuracy levels of different modeling approaches and discussing their relative performance.

Earlier work by Wong & Chow (2001) examined two parametric models for estimating hourly solar irradiance in Hong Kong, where model outputs were systematically compared with observed measurements to evaluate their reliability.

Both the present study and the extensive body of existing research highlight the critical importance of accurately modeling solar radiation.

CONCLUSIONS

In this study, fundamental descriptive statistical parameters of the obtained solar radiation data—namely minimum, maximum, mean, and standard deviation—were calculated.

Based on the derived solar radiation datasets, a total of ten different probability distributions were identified for the monthly minimum and maximum values covering January through December. Furthermore, for the provinces considered in the study, the minimum and maximum solar radiation values were determined for each month using the derived datasets.

Spatial distribution maps of solar radiation were produced, and the percentage coverage (%) of each legend class was calculated according to months, return periods, and radiation intervals.

According to the descriptive statistical results, the highest observed solar radiation value was 677.4 cal/cm² in Gümüşhane, followed by 642.1 cal/cm² in Samsun, 641.2 cal/cm² in Tokat, 600.9 cal/cm² in Amasya, 562.3 cal/cm² in Artvin, 555.4 cal/cm² in Ordu, 507.8 cal/cm² in Trabzon, and finally 472.8 cal/cm² in Rize.

Based on the derived probability data, the highest solar radiation value was estimated as 683.13 cal/cm² in Gümüşhane in June. This was followed by 651.72 cal/cm² in Samsun (June), 641.12 cal/cm² in Tokat (June), 600.86 cal/cm² in Amasya (June), 575.44 cal/cm² in Ordu (July), 562.29 cal/cm² in Artvin (June), 512.17 cal/cm² in Trabzon (June), and 472.79 cal/cm² in Rize (June). While peak solar radiation values were observed in June for seven provinces, Ordu exhibited its maximum value in July.

Both descriptive statistics and derived probability analyses consistently indicate that the highest solar radiation values occur in Gümüşhane, followed by Samsun, Tokat, and Amasya. Artvin and Ordu exhibit slight variations in ranking, occupying the fifth and sixth positions interchangeably, followed by Trabzon and Rize.

Based on monthly evaluations considering minimum and maximum area percentages, return periods, radiation ranges (cal/cm²), and probability levels, the overall minimum solar radiation range varies between 70–469.9 cal/cm², while the maximum range extends between 80–605.99

cal/cm². In terms of spatial coverage, the lowest proportion of solar radiation is observed in January (0.22%), whereas the highest proportion is observed in November (75.20%).

From a probabilistic perspective, the lowest solar radiation values occur with a probability of 0.2% in February, August, and November. In contrast, the highest solar radiation values occur with a probability of 20% in February, March, May, June, September, and November.

In terms of spatial distribution, the highest solar radiation range (541–605.99 cal/cm²) is observed in June, whereas the lowest range (70–76.99 cal/cm²) is observed in December.

From an applied perspective, for potential investors aiming to establish facilities in the study area—whether for agriculture, livestock production, greenhouse cultivation, storage, renewable energy generation, or drying processes—the selection of the most suitable solar energy utilization method ultimately depends on the economic feasibility and cost–benefit analysis specific to each investment.

ACKNOWLEDGMENT

This study is derived from Serdar Sucu's Master's Thesis.

REFERENCES

Akarslan E, Hocaoğlu FO. Solar radiation modeling with adaptive approach. *Eur J Eng Nat Sci.* 2019;3(2):110-115.

Albergel C, Dutra E, Munier S, et al. ERA-5 and ERA-Interim driven ISBA land surface model simulations: Which one performs better? *Hydrol Earth Syst Sci.* 2018;22:3515-3532.

Arslanoğlu M, Özçelik M. Sayısal arazi yükseklik verilerinin iyileştirilmesi. In: *TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası 10. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı*; 2005; Ankara, Türkiye.

Demir V. Evaluation of solar radiation prediction models using AI: A performance comparison in the high-potential region of Konya, Türkiye. *Atmosphere.* 2025;16(4):398. doi:10.3390/atmos16040398

Gao XJ, Shi Y, Giorgi F. Comparison of convective parameterizations in RegCM4 experiments over China with CLM as the land surface model. *Atmos Ocean Sci Lett.* 2016;9:246-254.

Khamees AS, Sayad T, Morsy M, Rahoma UA. Evaluation of three radiation schemes of the WRF-Solar model for global surface solar radiation forecast: A case study in Egypt. *Adv Space Res.* 2024;73:2880-2891.

Lloyd CD. *Local Models for Spatial Analysis.* Boca Raton, FL: CRC Press; 2007:21-22.

Maraj A, Londo A, Fırat C, Karapici R. Solar radiation models for the city of Tirana, Albania. *Int J Renewable Energy Res.* 2014;4(2):413-420.

Türkeş M, Sümer Ç, Çetiner UMG. Küresel iklim değişikliği ve olası etkileri. In: *Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi Seminer Notları*; April 13, 2000; İstanbul, Türkiye. Ankara, Türkiye: ÇKÖK; 2000:7-24.

Wong LT, Chow WK. Solar radiation model. *Appl Energy.* 2001;69:191-224.

INDUSTRIAL APPLICATIONS OF BENTONITE AND EVALUATION OF TURKIYE'S BENTONITE RESOURCE POTENTIAL

BENTONİTİN ENDÜSTRİYEL UYGULAMALARI VE TÜRKİYE'NİN BENTONİT KAYNAK POTANSİYELİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ

Gökhan KÜLEKÇİ

Department of Mining Engineering, Faculty of Engineering and Natural Sciences, Gümüşhane University, Gümüşhane, Turkey,

ORCID: 0000-0002-2971-4045

Ahmet ŞEN

Bentaş Bentonit A.Ş., Ordu, Türkiye,

ORCID: 0009-0006-3614-9458

ÖZET

Bentonit, başta montmorillonit olmak üzere smektit grubu minerallerden oluşan ve yüksek şişme kapasitesi, su tutma yeteneği, katyon değişim kapasitesi ile adsorpsiyon özellikleri sayesinde geniş kullanım alanına sahip önemli bir endüstriyel kil mineralidir. Bu özellikleri nedeniyle döküm sanayi, petrol, doğal gaz ve jeotermal sondaj, demir cevheri peletleme ile çevresel bariyer ve atık depolama sistemlerinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Ayrıca uygun işlemler sonrasında gıda, ilaç ve kozmetik sektörlerinde de değerlendirilebilmektedir.

Bu çalışmada bentonitin endüstriyel kullanım potansiyeli, mineralojik ve fiziko-kimyasal özellikleri ile Türkiye'deki başlıca bentonit sahalarının dağılımı birlikte değerlendirilmiştir. Şişme davranışı, adsorpsiyon kapasitesi, katyon değişim özellikleri ve safsızlıkların etkisi incelenmiş; Ordu-Ünye, Tokat-Reşadiye, Çankırı ve Balıkesir sahaları örnek olarak ele alınmıştır.

Elde edilen bulgular, bentonitin endüstriyel değerinin yalnızca rezerv büyüklüğüne değil; mineralojik bileşim, safsızlık içeriği ve aktivasyon süreçlerine verdiği yanıta bağlı olduğunu göstermektedir. Türkiye bentonitleri, uygun karakterizasyon ve zenginleştirme yöntemleri ile farklı sektörlerde kullanılabilecek önemli bir potansiyel sunmaktadır.

Sonuç olarak, bentonit kaynaklarının etkin değerlendirilmesi; sistematik karakterizasyon, uygun işlem süreçleri ve uygulamaya yönelik kullanım analizleri ile mümkün olup, bu yaklaşım Türkiye'nin katma değerli üretim kapasitesini artırma potansiyeline sahiptir.

Anahtar Kelimeler: Bentonit; endüstriyel uygulamalar; montmorillonit; kaynak potansiyeli; Türkiye; teknolojik uygunluk; katma değerli kullanım

ABSTRACT

Bentonite is an important industrial clay mainly composed of smectite-group minerals, particularly montmorillonite, and is characterized by high swelling capacity, water retention,

cation exchange capacity, and adsorption properties. Owing to these features, it is widely used in foundry applications, oil, natural gas and geothermal drilling, iron ore pelletizing, and environmental barrier and waste containment systems. With appropriate processing, it can also be utilized in selected applications within the food, pharmaceutical, and cosmetic industries.

In this study, the industrial utilization potential of bentonite was evaluated based on its mineralogical and physicochemical properties together with the distribution of major bentonite deposits in Turkey. Key parameters such as swelling behavior, adsorption capacity, cation exchange characteristics, and impurity effects were examined. Selected regions, including Ordu-Ünye, Tokat-Reşadiye, Çankırı, and Balıkesir, were considered in terms of their resource significance and technological applicability.

The results indicate that the industrial value of bentonite depends not only on reserve size but also on mineralogical composition, impurity content, and its response to beneficiation and activation processes. Turkish bentonite resources show considerable potential for diversified industrial applications when properly characterized and processed.

In conclusion, effective utilization of bentonite resources requires systematic characterization and application-oriented processing approaches, which may significantly enhance value-added production and industrial competitiveness in Turkey.

Key Words: Bentonite; industrial applications; montmorillonite; resource potential; Turkey; technological suitability; value-added utilization

Giriş

Bentonit, temel olarak montmorillonit mineral grubuna ait tabakalı silikatlardan oluşan, volkanik kökenli önemli bir endüstriyel hammaddedir (Şekil 1). Volkanik kül ve tüflerin uzun jeolojik süreçler sonucunda kimyasal ayrışmaya uğramasıyla oluşan bentonit, yüksek yüzey alanı, su tutma kapasitesi, şişme özelliği ve katyon değişim kapasitesi (CEC) gibi üstün fizikokimyasal özellikleri nedeniyle çok geniş bir kullanım alanına sahiptir (Grim, 1968; Murray, 2007). Bu özellikler, bentoniti yalnızca jeolojik bir malzeme olmaktan çıkararak, modern endüstrinin stratejik hammaddelerinden biri haline getirmiştir.



Şekil 1. Bentonitin fiziksel görünümü

Bentonitler genel olarak içerdiği değişebilir katyon türüne göre sodyum bentonit ve kalsiyum bentonit olmak üzere iki ana gruba ayrılmaktadır. Sodyum bentonit, yüksek şişme kapasitesi ve su ile temas ettiğinde jel benzeri yapı oluşturabilme özelliği sayesinde özellikle sondaj çamurları, sızdırmazlık bariyerleri ve mühendislik uygulamalarında tercih edilmektedir. Buna karşılık kalsiyum bentonit daha düşük şişme özelliğine sahip olmakla birlikte, yüksek adsorpsiyon kapasitesi sayesinde rafinasyon süreçlerinde, çevre uygulamalarında ve tarım sektöründe yaygın olarak kullanılmaktadır (Christidis, 2011). Bu farklılıklar, bentonitin endüstriyel kullanım alanlarının çeşitlenmesini sağlamaktadır.

Günümüzde bentonit, yalnızca klasik endüstriyel alanlarda değil, aynı zamanda çevre teknolojileri, enerji sektörü, tarım ve biyoteknoloji gibi gelişen alanlarda da kritik bir rol üstlenmektedir. Özellikle atık su arıtımı, ağır metal giderimi, katı atık depolama sahalarında geçirimsiz tabaka oluşturulması ve toprak iyileştirme gibi çevresel uygulamalar, bentonite olan talebi son yıllarda önemli ölçüde artırmıştır (Eren & Afsin, 2008). Bunun yanı sıra petrol ve doğalgaz sondaj faaliyetlerindeki artış da bentonitin stratejik önemini güçlendirmiştir.

Türkiye, jeolojik konumu itibarıyla Alp-Himalaya orojenik kuşağı üzerinde yer almakta olup, bu durum ülkenin volkanik kökenli maden yatakları açısından zengin olmasını sağlamıştır. Özellikle Tersiyer dönemine ait volkanik faaliyetler, Türkiye'de önemli bentonit oluşum alanlarının gelişmesine neden olmuştur. Trakya, İç Anadolu ve Ege bölgeleri, Türkiye'nin başlıca bentonit yataklarını oluşturmaktadır (MTA, 2023). Bu yataklar hem rezerv miktarı hem de mineralojik çeşitlilik açısından önemli bir ekonomik potansiyel sunmaktadır.

Madencilik faaliyetlerinin çevresel etkileri, iş sağlığı ve güvenliği boyutu ve sürdürülebilir üretim gereklilikleri, endüstriyel hammaddelerin kullanımında performans kadar çevresel uygunluk kriterlerinin de önemini artırmaktadır. Bu bağlamda yapılan çalışmalar; toz oluşumu, atık yönetimi, çevresel etkilerin değerlendirilmesi ve üretim süreçlerinde karşılaşılan teknik zorlukların, madencilik faaliyetlerinin sürdürülebilirliği açısından kritik olduğunu ortaya koymaktadır (Külekçi, 2022; Külekçi & Güvendi, 2023; Külekçi, 2024). Ayrıca kazı performansı, kayaç özellikleri ve üretim parametrelerine yönelik araştırmalar, hammadde kullanımında mühendislik tasarımının önemini vurgulamaktadır (Külekçi et al., 2022; Külekçi, 2022). Kil minerallerinin enerji ve çevre teknolojilerindeki stratejik rolüne ilişkin çalışmalar ise bentonit gibi minerallerin yalnızca geleneksel kullanım alanlarıyla sınırlı kalmayıp, sürdürülebilirlik odaklı yeni nesil uygulamalarda da önemli bir yer edindiğini göstermektedir (Külekçi & Koç, 2026). Bu kapsamda bentonitin çevresel uygulamalar, atık yönetimi ve mühendislik çözümlerindeki rolü, madencilik ve malzeme bilimleri perspektifinde bütüncül bir yaklaşımla değerlendirilmelidir.

Türkiye'nin bentonit kaynakları yalnızca miktar açısından değil, kalite ve çeşitlilik açısından da dikkat çekmektedir. Trakya bölgesinde yüksek kaliteli sodyum bentonit yatakları bulunurken, İç Anadolu ve Ege bölgelerinde daha çok kalsiyum bentonit rezervleri yer almaktadır. Bu durum, Türkiye'nin farklı endüstriyel sektörlerin ihtiyaçlarını karşılayabilecek çeşitlilikte bir hammadde yapısına sahip olduğunu göstermektedir. Ancak buna rağmen, Türkiye'de bentonit üretiminin önemli bir kısmı ham veya yarı işlenmiş şekilde ihraç edilmekte, katma değerli ürün üretimi ise sınırlı kalmaktadır.

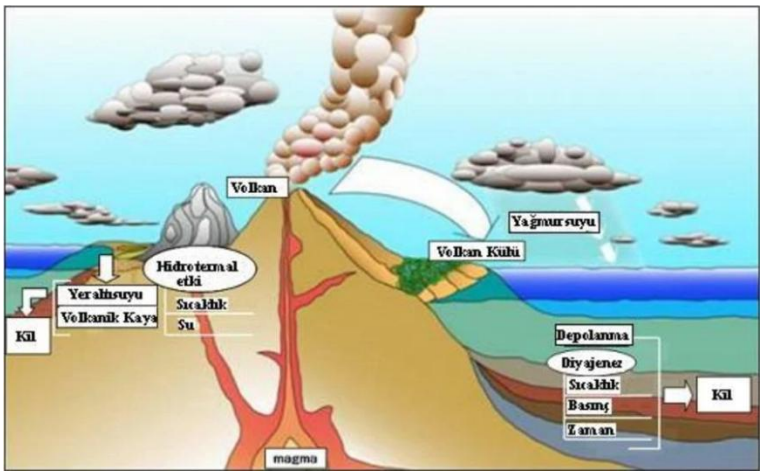
Küresel ölçekte artan çevre bilinci, sürdürülebilir malzeme ihtiyacı ve enerji sektöründeki gelişmeler, bentonitin stratejik önemini daha da artırmaktadır. Bu bağlamda Türkiye'nin sahip olduğu bentonit kaynaklarının etkin ve verimli kullanılması, yalnızca ekonomik açıdan değil, aynı zamanda teknolojik ve çevresel sürdürülebilirlik açısından da büyük önem taşımaktadır. Bu çalışma kapsamında bentonitin endüstriyel uygulamaları detaylandırılacak ve Türkiye'nin bentonit kaynak potansiyeli jeolojik, ekonomik ve sektörel boyutlarıyla değerlendirilecektir.

Jeolojik Oluşum ve Üretim

Bentonit, temel olarak volkanik kökenli tüf ve kül tabakalarının kimyasal ayrışması sonucunda oluşan sekonder bir kil mineralidir. Bu oluşum süreci genellikle, cam içerikli volkanik materyallerin yüzey veya sığ denizel/göl ortamlarında alkali koşullar altında zamanla alterasyona uğraması ile gerçekleşir (Şekil 2). Bu süreçte volkanik camın yapısı bozulur ve başlıca montmorillonit mineralinden oluşan bentonit tabakaları meydana gelir (Grim, 1968; Murray, 2007). Bentonit oluşumunun gerçekleşebilmesi için genellikle yüksek pH'lı ortamlar, yeterli su varlığı ve uygun jeokimyasal koşullar gereklidir.

Türkiye'nin jeolojik yapısı, bentonit oluşumu için oldukça elverişli koşullar sunmaktadır. Özellikle Tersiyer döneminde meydana gelen yoğun volkanik aktiviteler, geniş tüf ve kül tabakalarının oluşmasına neden olmuş ve bu tabakaların uzun süreli ayrışması sonucunda önemli bentonit yatakları gelişmiştir. Bu nedenle Türkiye'deki bentonit oluşumları çoğunlukla sedimanter havzalara bağlı volkanik seriler içerisinde yer almaktadır (MTA, 2023).

Türkiye'de bentonit üretimi ağırlıklı olarak Trakya, İç Anadolu ve Ege bölgelerinde yoğunlaşmaktadır. Trakya bölgesi, özellikle sodyum bentonit açısından yüksek kaliteli rezervlere sahip olup, şişme kapasitesi yüksek bentonit üretimiyle öne çıkmaktadır. İç Anadolu ve Ege bölgelerinde ise daha çok kalsiyum bentonit türü yaygındır ve bu bentonitler genellikle adsorpsiyon ve filtrasyon uygulamalarında kullanılmaktadır. Üretim süreci genellikle açık ocak madenciliği yöntemiyle gerçekleştirilmektedir ve çıkarılan ham bentonit kırma, kurutma, öğütme ve sınıflandırma gibi işlemlerden geçirilerek endüstriyel kullanıma hazır hale getirilmektedir.



Şekil 2. Bentonitin jeolojik oluşum süreci (Özdemir & Özcan., 2007)

Küresel ölçekte bentonit üretimi artan endüstriyel talep ile birlikte sürekli büyümektedir (Tablo 1). Türkiye de bu üretim zincirinde önemli bir yer tutmakla birlikte, üretimin büyük kısmı ham veya düşük işlenmiş ürün şeklinde ihraç edilmektedir. Bu durum, ülkenin bentonit kaynak potansiyelinden tam anlamıyla yararlanamadığını göstermektedir.

Tablo 1. 2014-2018 arası dünya bentonit üretimi (USGS)

Üretim (Mton)	***2014***	***2015***	***2016***	***2017***	***2018***
Çin	3.60	3.65	5.60	5.60	5.60
ABD	4.58	4.08	4.00	4.43	4.67
Hindistan	1.33	1.58	2.98	3.49	3.00
Yunanistan	1.01	1.12	0.88	1.09	1.37
Türkiye	1.10	3.13	1.74	1.48	1.33
Rusya	0.50	0.50	0.59	0.67	0.71
Brezilya	0.41	0.52	0.35	0.50	0.50
Japonya	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
İran	0.42	0.44	0.36	0.52	0.42
Almanya	0.39	0.39	0.39	0.42	0.38
Diğer	2.77	2.44	2.33	2.52	2.78
Toplam	16.61	18.35	19.73	21.21	21.27

Endüstriyel Kullanım Alanları

Bentonit, sahip olduğu yüksek yüzey alanı, şişme kapasitesi, kolloidal davranış ve katyon değişim kapasitesi (CEC) sayesinde çok çeşitli endüstriyel alanlarda kullanılan stratejik bir hammaddedir (Tablo 2). Bu özellikleri, bentoniti yalnızca klasik kil minerallerinden ayırmakta, onu modern sanayide vazgeçilmez bir malzeme haline getirmektedir (Murray, 2007).

Bentonitin en yaygın kullanım alanlarından biri petrol ve doğalgaz sondaj endüstrisidir. Sodyum bentonit, sondaj çamurlarının ana bileşeni olarak kullanılır ve kuyularda delme sırasında oluşan kırıntıların yüzeye taşınmasını sağlar, aynı zamanda kuyu duvarının stabilitesini koruyarak çökme riskini azaltır. Ayrıca sondaj sırasında oluşan basıncın dengelenmesine yardımcı olarak güvenli bir çalışma ortamı sağlar.

Döküm sanayinde bentonit, özellikle metal dökümünde kalıp kumu bağlayıcısı olarak önemli bir rol oynar. Kum tanelerini bir arada tutarak istenilen kalıp formunun korunmasını sağlar. Yüksek ısıl dayanımı ve tekrar kullanılabilirliği sayesinde üretim maliyetlerini düşürür ve endüstriyel verimliliği artırır.

Tablo 2. Bentonitin kullanım alanları

Kullanıldığı sektör	**Kullanım amacı**
İnşaat	Stabilizasyon, su yönlendirme
Sondaj	Viskozite artışı
Tarım	Doğal gübre
Gıda	Ağartma toprağı
Su arıtma ve atık yönetimi	Su filtresi, kirlilik giderimi
İlaç ve kozmetik	Bağlayıcı, maske, peelıng
Hayvancılık	Bağışıklık destekleyici
Kedi kumu	Koku hapsetme
Döküm	Kalıp genişleme önleyici
Kağıt	Hamur yapışması önleyici
Nem alıcı kil (desikant)	Nem kontrolü

Çevre mühendisliği alanında bentonit, geçirimsiz bariyer malzemesi olarak yaygın biçimde kullanılmaktadır. Özellikle katı atık depolama sahalarında sızıntı suyunun yer altı sularına karışmasını önlemek amacıyla bentonit tabakaları kullanılmaktadır. Bunun yanı sıra ağır metal iyonlarını ve organik kirleticileri adsorbe etme özelliği sayesinde atık su arıtma süreçlerinde de etkin bir rol üstlenmektedir (Eren & Afsin, 2008).

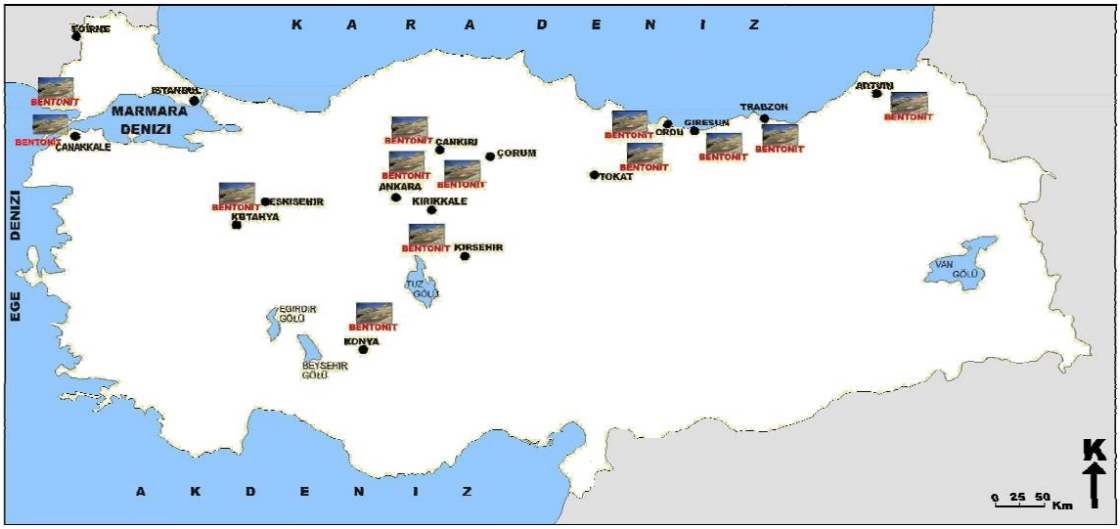
Tarım sektöründe bentonit, toprak düzenleyici olarak kullanılmakta ve su tutma kapasitesini artırarak kuraklık koşullarında bitki gelişimini desteklemektedir. Ayrıca gübrelerin etkinliğini artırmak ve besin maddelerinin yavaş salınımını sağlamak amacıyla da kullanılmaktadır. Hayvancılıkta ise toksin bağlayıcı özelliği nedeniyle hayvan yemlerine katkı maddesi olarak eklenmektedir.

Gıda sektöründe kullanılan bentonit özellikle berraklaştırma ve stabilizasyon amacıyla kullanılır. Bentonit ıslandığı zaman yüzer tip hayvan yemi yapımında veya hayvan yemlerinin peletlenmesinde bağlayıcı olarak %1-5 arasında ilave edilerek kullanılmaktadır. Un ve undan yapılan gıdalara %0,025-1,25 oranlarında katılan bentoniti bayatlamayı geciktirmede ve bazı sütlere karışmış kanserojen aflatoksin M1'in uzaklaştırılmasında da kullanılmaktadır (Güngör, 1981; Kirk ve Othwer, 1956; Uz, 1990).

Bunların yanı sıra bentonit, kozmetik ve ilaç sanayinde de önemli bir yere sahiptir. Cilt maskeleri, tablet bağlayıcılar ve çeşitli farmasötik ürünlerde dolgu ve stabilizatör olarak kullanılmaktadır. Kâğıt sanayinde dolgu maddesi, inşaat sektöründe ise su yalıtım malzemesi olarak değerlendirilmesi, bentonitin kullanım alanlarının ne kadar geniş olduğunu göstermektedir.

Türkiye'nin Bentonit Ekonomik Potansiyeli, Sorunlar ve Fırsatlar

Türkiye, jeolojik konumu ve Tersiyer yaşlı volkanik birimlerin yaygınlığı sayesinde dünya ölçeğinde önemli bentonit rezervlerine sahip ülkelerden biridir. Özellikle Trakya, Ege ve İç Anadolu bölgelerinde yer alan yataklar hem rezerv miktarı hem de mineral kalitesi açısından dikkat çekmektedir (Şekil 3). Türkiye, bentonit üretiminde küresel ölçekte ilk sıralarda yer almakta olup, özellikle Avrupa pazarına yönelik ihracat gerçekleştirmektedir (U.S. Geological Survey [USGS], 2024).



Şekil 3. Türkiye bentonit yatakları haritası (Çinku,2008)

Ekonomik açıdan değerlendirildiğinde, Türkiye'de bentonit sektörü önemli bir ihracat geliri sağlamaktadır. Ancak bu gelirin büyük bir kısmı ham veya düşük işlenmiş ürünlerden elde edilmektedir. Bu durum, katma değerli ürün üretim kapasitesinin yeterince gelişmediğini göstermektedir. Örneğin aktif bentonit, organo-bentonit veya nano-modifiye bentonit gibi ileri teknoloji ürünlerinin üretimi sınırlı düzeydedir. Oysa bu tür ürünler, özellikle çevre teknolojileri ve kimya sanayinde yüksek ekonomik değer oluşturmaktadır (Kogel et al., 2006).

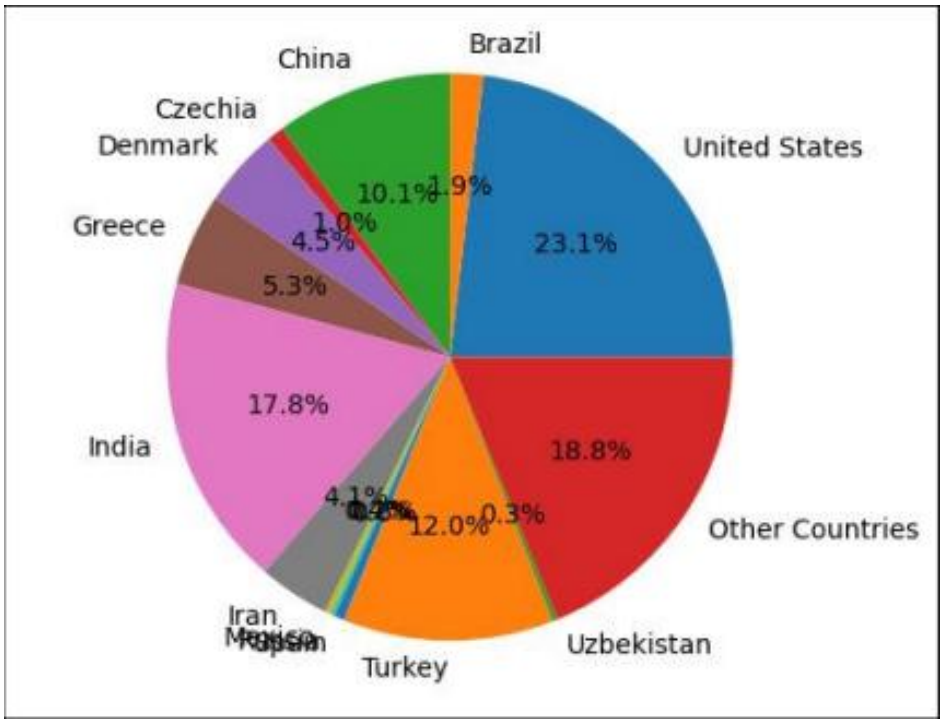
Türkiye'nin bentonit sektöründe karşılaştığı en önemli sorunlardan biri, teknolojik işleme kapasitesinin yetersizliğidir. Birçok üretim tesisi yalnızca kırma, kurutma ve öğütme gibi temel işlemleri gerçekleştirmekte, ileri kimyasal modifikasyon süreçleri sınırlı kalmaktadır. Ayrıca lojistik ve enerji maliyetleri de üretim maliyetlerini artıran diğer faktörler arasında yer almaktadır.

Bununla birlikte sektör açısından önemli fırsatlar da bulunmaktadır. Küresel ölçekte çevre dostu malzemelere olan talebin artması, bentonitin su arıtımı, atık yönetimi ve çevresel iyileştirme uygulamalarında kullanımını artırmaktadır. Özellikle Avrupa Birliği'nin çevresel regülasyonları, bentonit bazlı geçirimsiz bariyer malzemelerine olan talebi yükseltmektedir (British Geological Survey, 2023).

Ayrıca tarım sektöründe organik ve sürdürülebilir üretim trendlerinin yaygınlaşması, bentonitin toprak düzenleyici ve yem katkı maddesi olarak kullanımını artırmaktadır. Türkiye'nin geniş tarım alanları göz önüne alındığında, bu alan önemli bir iç pazar potansiyeli sunmaktadır. Enerji sektöründeki gelişmeler ve sondaj faaliyetlerinin artışı da bentonit talebini destekleyen diğer faktörlerdir.

Sonuç olarak Türkiye, sahip olduğu zengin bentonit rezervleri ile güçlü bir hammadde avantajına sahiptir. Ancak bu potansiyelin ekonomik değere dönüştürülebilmesi için ileri işleme teknolojilerine yatırım yapılması, Ar-Ge faaliyetlerinin artırılması ve katma değerli ürün üretimine geçiş yapılması gerekmektedir. Bu sayede Türkiye, yalnızca hammadde ihracatçısı değil, aynı zamanda yüksek teknoloji ürünü bentonit üreticisi konumuna yükselebilecektir.

2024 yılı bentonit üretim dağılımı değerlendirildiğinde küresel üretimin yaklaşık 21 milyon ton seviyesinde olduğu görülmektedir. Amerika Birleşik Devletleri ve Hindistan en yüksek üretici ülkeler arasında yer almakta; Türkiye ise yaklaşık 2,5 milyon tonluk üretimiyle dikkat çekmektedir. Şekil 4'de görüldüğü üzere Türkiye, bentonit üretiminde küresel ölçekte önemli üretici ülkeler arasında konumlanmaktadır.



Şekil 4. 2024 dünya bentonit üretim dağılımı (USGS, 2026)

SONUÇ

Bu çalışma kapsamında bentonitin endüstriyel kullanım alanları ve Türkiye'deki potansiyeli değerlendirilmiştir. Bentonitin; döküm sanayi, sondaj, inşaat, seramik, kâğıt, deterjan ve gıda gibi birçok sektörde yaygın olarak kullanılan çok yönlü bir endüstriyel hammadde olduğu görülmektedir. Özellikle adsorpsiyon, şişme ve bağlayıcılık özellikleri, bu mineralin farklı uygulama alanlarında tercih edilmesini sağlamaktadır.

Türkiye, zengin bentonit rezervlerine sahip ülkeler arasında yer almakta olup, bu durum ülkeye önemli bir ekonomik avantaj sunmaktadır. Ancak mevcut potansiyelin büyük ölçüde ham madde ihracatına dayalı olduğu, katma değeri yüksek işlenmiş ürün üretiminin ise sınırlı kaldığı dikkat çekmektedir. Bu nedenle, bentonitin ileri işleme teknikleriyle değerlendirilmesi ve farklı endüstriyel alanlarda kullanımının artırılması, ülke ekonomisine daha fazla katkı sağlayacaktır.

Sonuç olarak, bentonit hem geniş kullanım alanları hem de Türkiye'nin sahip olduğu rezervler göz önünde bulundurulduğunda stratejik bir endüstriyel kaynak niteliğindedir. Bu potansiyelin etkin şekilde değerlendirilmesi için Ar-Ge çalışmalarının artırılması ve sanayi–üniversite iş birliğinin güçlendirilmesi büyük önem taşımaktadır.

KAYNAKÇA

Christidis, G. E. (2011). *Industrial clays*. In H. F. W. Taylor, C. R. W. Brown, & S. F. Green (Eds.), *Clay minerals and the environment* (pp. 1–25). Mineralogical Society.

Eren, E., & Afsin, B. (2008). Removal of basic dyes using raw and treated bentonite. *Journal of Hazardous Materials, 151*(2–3), 682–689. https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2007.06.024

Grim, R. E. (1968). *Clay mineralogy* (2nd ed.). McGraw-Hill.

Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü (MTA). (2023). *Türkiye endüstriyel hammaddeler envanteri*. MTA Yayınları.

Murray, H. H. (2007). *Applied clay mineralogy: Occurrences, processing and application of kaolins, bentonites, palygorskite-sepiolite, and common clays* (Vol. 2). Elsevier.

U.S. Geological Survey. (2024). *Mineral commodity summaries 2024: Bentonite*. U.S. Department of the Interior. https://doi.org/10.3133/mcs2024

British Geological Survey. (2023). *Mineral profile: Bentonite*. Natural Environment Research Council.

Kogel, J. E., Trivedi, N. C., Barker, J. M., & Krukowski, S. T. (2006). *Industrial minerals & rocks: Commodities, markets, and uses* (7th ed.). Society for Mining, Metallurgy, and Exploration (SME).

Güngör, N. (1981). Bentonitik kil minerallerinin yapı ve özellikleri üzerine değişebilen katyonların etkilerinin fiziksel yöntemlerle incelenmesi (Doktora tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi).

Kirk, R. E., & Othmer, D. F. (1956). Clays. In *Encyclopedia of Chemical Technology* (Vol. 3, pp. 339–358).

Uz, B. (1990). Bentonit. In *Mineraller: Kristalografi–Mineraloji* (pp. 413–415).

Külekçi, G., & Koç, S. (2026). Kil minerallerinin enerji ve çevre teknolojilerindeki stratejik rolü. International Science And Art Research Center, 309-317

Analysis and Classification of Water Occuring Naturally in a Metallic Underground Mine, G Külekçi, A VURAL, 2021, International Halich Conress on Multidisiplinary Scientific Research, 308-316

Madencilik İşlemlerinde Toz Oluşumu ve İnsan Sağlığına Etkisi Üzerine Örnek Çalışma; Bir Taş Ocağı Toz Emisyonu Miktarı Hesaplanması Örneği, G KÜLEKÇİ, 2022, Göbeklitepe Medical Science Journal 5 (8), 1-11,

Assessment of excavability classification in a Limestone Quarry: A case study from Bayburt, Turkey, G Külekçi, A Vural, Ş Aliyazıcıoğlu, 2022, Iranian Journal of Earth Sciences 14 (4), 241-251,

Determination of hardness with Schmidt hammer in clay quarries The Case of Bayburt-Gümüşhane Turkey, Gökhan Külekçi, 2022, 4th International Conference on Applied Engineering and Natural Sciences, 917-920

Dünya da ve Türkiye'deki Maden Kazalarının İş Sağlığı ve Güvenliği Açısından İncelenmesi, G KÜLEKÇİ, 2023, Ejons International Journal on Mathematic, Engineering and Natural Sciences

Waste Management and Recycling Programs Empowering Environmental Sustainability: The Case of Gümüşhane, G Külekçi, A Güvendi, 2023 Atlas Journal 9 (52), 57-66

İş sağlığı ve güvenliğinin evrimi: Dünya ülkelerinde tarihsel süreç ve madencilikte uygulama yöntemleri, G Külekçi, 2023, Icontech International Journal 7 (4), 8-15

Bir Yeraltı Altın Madeninde Üretim Sürecinde Karşılaşılabilecek İSG Problemleri ve Örnek Kazalar, G Külekçi, Ş Ramazan, 2024 3rd International Conference on Frontiers in Academic Research, 1242-1251

Sürdürülebilir Madencilikte ÇED Raporu Çıkarılmasının Önemi ve Pratikte Yaşanan Zorluklar, G Külekçi, 2024

4th International Conference on Frontiers in Academic Research, 469-474

Bir Bakır Madeni Açık Ocak İşletmesinde Delik Çapının Patlatma Maliyeti Üzerine Etkisi, G Külekçi, M Aygün, 2025, 2. International Mardin Scientific Research And Innovation Congress, 349-360

Kayaç Yapısının ve Patlayıcı Miktarının Titreşim Parametrelerine Etkisi, G Külekçi, Y Merttürk, 2025, 2. International Mardin Scientific Research And Innovation Congress, 337-348

Özdemir, A. ve Özcan, E., 2007. Bentonitin sondaj mühendisliği özellikleri. Jeofizik Bülteni, 54, 352-357 Bentonit, sondaj, sondaj çamuru

Mineral Commodity Summaries Bentonite (2020) USGS

Çinku, K. (2008). Aktivasyon yöntemleri ile bentonitten su bazlı kıvamlaştırıcı üretiminin araştırılması İstanbul üniversitesi, Fen bilimleri enstitüsü, Maden Mühendisliği Anabilim Dalı.

DIGITAL RADAR MODELING AND INNOVATIVE SOLUTIONS IN THE K-SIM SIMULATOR SYSTEM

UDK: 629.5:528.3

Zhumayev Zholdybay

Doctor of Technical Sciences, Professor of Yessenov University (Aktau, Kazakchstan).

https://orcid.org/0000-0002-2866-3231

Anatoli Nikolayevich Popov

Doctor of Technical Sciences, Professor Admiral Ushakov Maritime State University, Novorossiysk, Russia

ABSTRACT:

The general radar scheme in the K-Sim® simulator begins with the visualization of the ship's contour, representing a precise graphical model of the hull. This contour is essential for accurately positioning all navigational and radar components, including the radar's transmitter/receiver (T/X) system. By defining the radar's spatial orientation relative to the hull, the simulator ensures precise calculation of bearing and range to detected targets. The T/X system performs two primary functions: generating high-frequency radio pulses and receiving reflected waves. The transmitter emits short, high-frequency pulses through the antenna, which, after reflection from objects, return to the receiver for amplification and processing. Transmission and reception occur alternately to prevent overload, and the time interval between pulse emission and signal reception allows for accurate distance measurement. This paper explores innovative digital approaches to radar simulation within the K-Sim® environment, emphasizing the integration of advanced modeling techniques to enhance maritime training. The proposed solutions demonstrate how digital radar modeling can improve navigational accuracy, operational realism, and training efficiency, offering a scalable framework for modern maritime education.

Keywords: K-Sim® simulator, digital radar modeling, T/X system, maritime navigation, innovative simulation technologies

Introduction

Modern maritime training increasingly relies on advanced simulator technologies to enhance navigational skills and operational safety. The K-Sim® simulator system provides a realistic environment for training, integrating digital radar modeling, navigational elements, and operational procedures in a virtual setting. A central component of this system is the radar module, which accurately simulates the ship's contour and radar transmitter/receiver (T/X) system, allowing trainees to practice target detection, bearing calculation, and distance measurement in various scenarios. Digital radar modeling within K-Sim® not only replicates the physical behavior of radar waves but also introduces innovative solutions to improve the precision, realism, and efficiency of maritime training. By combining high-fidelity ship

contours with interactive T/X systems, the simulator creates a controlled and safe learning environment while preserving the complexity of real-world maritime operations. This paper focuses on the implementation of digital radar modeling in K-Sim®, emphasizing the innovative approaches that enhance simulation accuracy and training effectiveness. The study demonstrates how these digital innovations contribute to modern maritime education, supporting both operational competence and navigational safety.

Furthermore, the K-Sim® system incorporates advanced signal processing algorithms that accurately reproduce radar signal propagation, reflection, and attenuation under varying environmental conditions. This allows trainees to better understand the impact of sea clutter, rain interference, and target echo characteristics on radar performance. The simulator also supports adjustable radar parameters, enabling users to modify gain, range scale, pulse length, and filtering settings in real time.

In addition, the integration of Automatic Radar Plotting Aid (ARPA) functions enhances the ability to track multiple targets and predict their future positions, improving decision-making skills in collision avoidance scenarios. The system provides detailed feedback and performance assessment tools, allowing instructors to evaluate trainee responses and identify areas for improvement.

Another important feature is the capability to simulate complex navigational environments, including congested waterways, restricted visibility conditions, and emergency situations. This ensures that trainees gain practical experience in handling critical scenarios without real-world risks. The use of realistic ship models and hydrodynamic behavior further increases the authenticity of the simulation.

Moreover, the implementation of scenario-based training modules supports the development of both individual and team-based competencies in bridge resource management. The system also enables the recording and replay of training sessions for detailed debriefing and analysis. Overall, these innovations significantly enhance the effectiveness of maritime training, ensuring a higher level of preparedness and operational safety among future maritime professionals.

Materials and Methods

Materials

The study utilized the K-Sim® Maritime Simulator System, a state-of-the-art digital navigation and radar simulation platform developed by Kongsberg Digital. The system provides an integrated bridge environment that allows for realistic training scenarios, including radar operation, electronic chart display and information systems (ECDIS), automatic identification systems (AIS), and navigation equipment interactions.

Furthermore, the K-Sim® system enables the simulation of complex maritime environments, including open sea, coastal waters, and congested port areas. This versatility allows trainees to experience a wide range of navigational challenges under controlled conditions. The simulator incorporates real-time environmental modeling, such as wind, waves, currents, and visibility, which significantly influence vessel behavior and radar performance.

In addition, the platform supports multi-vessel simulation, allowing several users to interact within the same virtual environment, thereby enhancing team coordination and communication skills. The integration of advanced radar and ARPA functionalities enables precise target tracking, collision risk assessment, and maneuver planning.

The system also includes dynamic scenario generation tools, allowing instructors to design customized training exercises based on specific learning objectives. These scenarios can replicate emergency situations, equipment failures, and high-traffic conditions, providing comprehensive training opportunities.

Moreover, the simulator records all operational data during training sessions, enabling detailed post-exercise analysis and performance evaluation. This data-driven approach supports continuous improvement in navigational skills and decision-making processes. Overall, the use of the K-Sim® Maritime Simulator System ensures a high level of realism, effectiveness, and adaptability in modern maritime education and training.

Key components employed in this study include:

1. **Radar Simulation Module** – capable of emulating X-band and S-band radar operations with adjustable parameters for range, gain, sea clutter, and target tracking.

2. **Vessel Contour Models** – high-fidelity 3D representations of different ship types used for radar signature modeling and target identification exercises.

3. **Navigation Sensors** – simulated GPS, DGPS, gyrocompass, and speed log inputs to integrate vessel movement data with radar and ECDIS displays.

4. **Bridge Control Interfaces** – including radar control panels, steering systems, and communication tools for realistic interaction with simulated maritime traffic.

Supplementary materials include historical radar target data, meteorological and sea state conditions, and standard navigational charts integrated within the simulator to enhance scenario realism.

Methods

The methodology focused on the **digital modeling of radar systems** and the implementation of innovative training solutions within the K-Sim® environment. The following steps were performed:

1. **Radar System Configuration**

- The radar module was configured to simulate standard X-band and S-band operations.
- Parameters such as pulse repetition frequency, beam width, and signal processing algorithms were adjusted to emulate real-world radar performance under various environmental conditions.

2. **Target Simulation and Scenario Development**

- Vessel contour models were imported into the simulator, and their radar cross-sections were calculated to reflect realistic radar echoes.
- Multiple traffic scenarios were created, including crossing, overtaking, and restricted visibility conditions to test radar detection, tracking, and collision avoidance procedures.

3. **Integration with Navigation Data**

- Radar outputs were synchronized with simulated GPS, DGPS, and AIS data to provide coherent situational awareness on the bridge.

- The ECDIS display was integrated to allow for combined radar and chart-based navigation, enhancing decision-making in simulated maritime operations.

4. **Performance Evaluation and Innovative Solutions**

- The effectiveness of digital radar modeling was assessed by analyzing target detection accuracy, response times, and operator interaction.
- Innovative solutions, such as adaptive clutter reduction algorithms, automated target tracking, and dynamic scenario adjustment, were implemented and evaluated for their impact on training efficiency.

5. **Data Collection and Analysis**

- Quantitative data were collected from radar tracking logs, navigation accuracy reports, and scenario completion metrics.
- Qualitative feedback was gathered from simulator operators regarding usability, realism, and training effectiveness.

This approach allows for the development of advanced training scenarios, realistic radar operation practice, and the assessment of innovative solutions to improve maritime safety and navigation efficiency.

Furthermore, it enables the systematic evaluation of trainee performance under controlled yet highly realistic operational conditions. The approach supports the identification of human factor limitations and the development of strategies to minimize navigational errors. It also facilitates the testing of new algorithms and decision-support systems before their implementation in real maritime environments.

In addition, the use of simulation-based training enhances the adaptability of navigators to rapidly changing conditions, such as traffic density and adverse weather. The methodology provides a safe platform for experimenting with alternative routing strategies and collision avoidance techniques. This contributes to a deeper understanding of complex navigational dynamics and risk management practices.

Moreover, the approach encourages the integration of emerging technologies, including artificial intelligence and automated control systems, into maritime training frameworks. It allows for continuous improvement of training programs based on data-driven insights and performance analytics. The ability to replicate rare or hazardous scenarios ensures comprehensive preparedness of maritime personnel.

Ultimately, this approach strengthens both individual competencies and team coordination, leading to improved operational efficiency and a higher level of maritime safety.

References

Kongsberg Digital. (2025). *K-Sim® simulator system user manual*.

International Maritime Organization. (2021). *STCW convention and code*.

Zhumayev, Zh. Zh. (2020). *Automation of ship navigation*. Aktau.

Zhumayev, A. Zh. (2025, December 5–7). Influence of nanoscience and quantum physics on the development of modern radio communication and telecommunication systems. In *Proceedings of the 17th International Congress on Scientific Research (China to Adriatic)*, Van Yüzüncü Yıl University, Van, Turkey.

Zhumayev, A. Zh. (2026, January 16–18). Defects, trapping centers, and luminescence in crystalline materials. In *Proceedings of the 5th Silk Road International Scientific Research Congress*, Antalya, Turkey.

Zhumayev, A. Zh. (2026, February 7–8). Quantum technologies of nanostructured materials: Their impact on social development in the fields of radar, electronics and telecommunications. In *Proceedings of the 2nd International Congress on Natural Sciences and Applied Mathematics*, Istanbul Beykent University, Istanbul, Turkey.

Zhumayev, Zh., Sarsenbayev, B. S., & Malov, K. V. (2026). *Methodological recommendations for a multimedia simulator program for assessing the composition of the navigational watch on seagoing vessels in the Kazakhstan sector of the Caspian Sea in accordance with the STCW Convention (STCW-78/95/2010/2021): Educational and methodological manual*. Aktau: Yessenov University.

Malov, K. V., Zhumayev, Zh., & Sarsenbayev, B. S. (2025, December 14–16). Use of engine room simulators in training the crew of marine ships. In *Proceedings of the EL RUHA 14 International Conference on Scientific Research* (pp. 236–242). Şanlıurfa, Turkey.

Zhumayev, Zh., & Zhumayev, K. Zh. (2022). *Training in the use of the electronic chart display and information system (ECDIS): Textbook*. Aktau: Yessenov University.

Zhumayev, Zh., & Zhumayev, K. Zh. (2023). *Training in the use of the electronic chart display and information system (ECDIS): Guidelines for practical classes*. Aktau: Yessenov University.

Zhumayev, Zh. (2025). *Scientific foundations for the development of bucket-type working bodies of earthmoving machines for underwater soil excavation in the Tyub-Karagan Bay: Monograph*. Aktau: Yessenov University.

Zhumayev, Zh., Sarsenbayev, B. S., & Malov, K. V. (2025, December 5–7). Determination of the impact of selected alternative transport corridor routes in the Caspian Sea on the economy of Kazakhstan. In *Proceedings of the 17th China to Adriatic Turkish World International Scientific Research Congress*, Van, Turkey.

Zhumayev, Zh., & Zhumayev, A. Zh. (2025, December 14–16). Evaluation of service quality parameters in the radio relay communication infrastructure of the communication control center at the international Aktau port. In *Proceedings of the EL RUHA 14 International Conference on Scientific Research* (pp. 247–252). Şanlıurfa, Turkey.

Zhumayev, Zh., Sarsenbayev, B. S., & Malov, K. V. (2025, November 20–23). Ensuring electromagnetic compatibility and power supply reliability of the global maritime distress and safety system (GMDSS) in emergency situations. In *Proceedings of the IX International Antalya Scientific Research and Innovative Studies Congress*, Antalya, Turkey.

BIOMIMETIC APPROACHES IN MARINE ENGINEERING: PRINCIPLES AND APPLICATIONS

Aleyna ULUCUTSOY

Marine Engineering Operations Department, Surmene Faculty of Marine Sciences, Karadeniz Technical University, Trabzon, Turkey

ORCID ID: 0000-0003-4304-7047

Betül SARAÇ

Naval Architecture and Marine Engineering Department, Surmene Faculty of Marine Sciences, Karadeniz Technical

ORCID ID: 0000-0003-3876-7314

ABSTRACT

The hydrodynamic performance of underwater vehicles is strongly influenced by body geometry, which directly affects drag generation and overall flow behavior. In this study, a comparative Computational Fluid Dynamics (CFD) analysis was conducted to investigate the Reynolds-dependent hydrodynamic performance of three different planar body geometries: a conventional torpedo form and two biomimetic-inspired models based on swordfish and sailfish morphologies. The geometries were developed using experimentally validated morphometric data to ensure realistic representation of biological forms.

Numerical simulations were performed under identical flow conditions over a wide range of Reynolds numbers, covering both laminar and turbulent regimes. The flow characteristics around each model were evaluated in terms of velocity distributions, streamline patterns, drag coefficient (C_D), and pressure coefficient (C_P). A grid independence study was conducted to ensure the reliability and accuracy of the numerical results.

The results demonstrate that both C_D and C_P decrease with increasing Reynolds number for all geometries, reflecting the transition from viscous-dominated to inertia-dominated flow regimes. Among the investigated models, the torpedo geometry consistently exhibits the highest drag and pressure coefficients, indicating greater overall resistance and stronger pressure-induced effects. In contrast, the biomimetic-inspired geometries show significantly improved hydrodynamic performance, characterized by reduced drag and more favorable pressure distributions. The swordfish and swept-body models exhibit similar performance at higher Reynolds numbers, suggesting convergence of flow behavior under fully developed conditions.

Overall, the findings highlight that biomimetic body forms can effectively reduce hydrodynamic resistance compared to conventional designs, particularly within moderate to high Reynolds number ranges. This study provides insight into the potential application of nature-inspired geometries for enhancing the efficiency of underwater vehicles.

Keywords: Biomimetics; CFD; Underwater Vehicles; Drag Coefficient; Reynolds Number

Introduction

The hydrodynamic performance of underwater vehicles is fundamentally governed by the interaction between the vehicle geometry and the surrounding fluid. Flow resistance, particularly in the form of pressure drag and skin friction, directly limits propulsion efficiency, operational range, and energy consumption. Therefore, optimizing the external geometry of underwater bodies has long been a critical research focus in marine engineering.

In nature, marine organisms such as the merlin fish and sailfish exhibit exceptional swimming capabilities, achieved through evolutionary optimization of their body forms. These organisms minimize flow separation and reduce hydrodynamic resistance through streamlined geometries. Inspired by such biological systems, biomimetic design approaches have gained increasing attention as a means of improving engineering performance. While previous studies have extensively investigated biomimetic surface textures and riblet-like structures, relatively fewer studies have focused on the influence of *global body shape* derived from biological inspiration, particularly for submarine or torpedo-like configurations.

In contrast, conventional torpedo geometries are designed based on engineering optimization principles, typically aiming to balance manufacturability, stability, and drag reduction. However, these designs may not fully exploit the flow control mechanisms observed in biological forms, especially in terms of delaying flow separation and maintaining favorable pressure gradients along the body.

In this study, three different planar cross-sectional models inspired by merlin fish, sailfish, and a conventional torpedo body are investigated to evaluate their hydrodynamic performance. The models are analyzed under identical flow conditions to ensure a consistent comparison of their flow characteristics. Computational Fluid Dynamics (CFD) simulations are employed to examine velocity distributions, streamline patterns, and drag-related behavior around each geometry.

The primary objective of this study is to comparatively assess how biologically inspired geometries influence flow behavior relative to traditional engineering designs. By identifying differences in flow separation, wake formation, and overall resistance characteristics, this work aims to provide insight into the potential advantages of biomimetic body forms for underwater vehicle applications.

To ensure geometric realism in the present study, the biomimetic models were developed based on morphometric data obtained from experimental investigations on high-speed marine species. In particular, the body proportions and characteristic features of the models were derived from the work of Sagong et al. (2013), who conducted detailed wind tunnel experiments on sailfish (*Istiophorus platypterus*) and swordfish (*Xiphias gladius*) using taxidermy specimens. In their study, the drag forces acting on the fish bodies were directly measured, and boundary layer velocity profiles were analyzed to understand the hydrodynamic behavior under cruising conditions.

Their findings revealed that both species exhibit remarkably low drag coefficients and maintain fully attached flow over the entire body surface without flow separation at cruise speeds . Additionally, the study demonstrated that morphological features such as the elongated bill have a limited influence on overall drag reduction, whereas the streamlined body geometry plays a dominant role in determining hydrodynamic efficiency.

Based on these experimentally validated morphometric characteristics, the present study adopts simplified planar representations of sailfish- and swordfish-inspired geometries, alongside a conventional torpedo form, to comparatively investigate their flow behavior and drag characteristics under identical flow conditions.

The reduction of hydrodynamic drag has been a central topic in marine engineering, particularly for underwater vehicles where energy efficiency and operational performance are directly affected by flow resistance. Traditional approaches to drag reduction have focused on optimizing streamlined body geometries and minimizing flow separation (Hoerner, 1965). However, with the advancement of biomimetic engineering, increasing attention has been directed toward nature-inspired designs.

Marine organisms such as fast-swimming fish species have evolved highly efficient body forms that minimize drag and enhance propulsion efficiency. For instance, studies have shown that fish-like streamlined geometries can significantly delay flow separation and reduce wake size, leading to improved hydrodynamic performance (Sfakiotakis et al., 1999). Similarly, sailfish and marlin species, known for their high swimming speeds, exhibit elongated and smooth body profiles that contribute to reduced pressure drag (Triantafyllou et al., 2000).

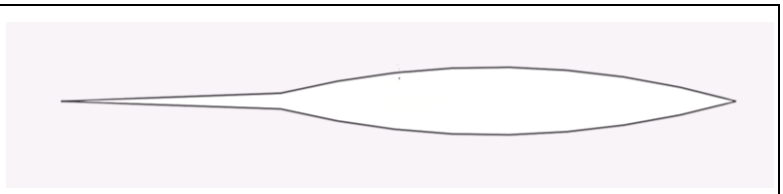
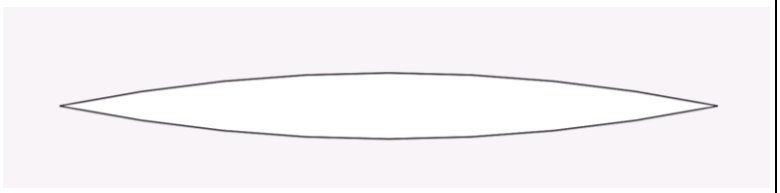
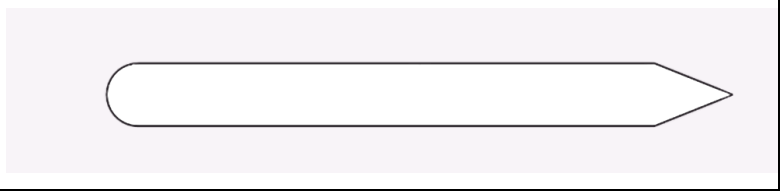
Biomimetic design approaches have been widely explored in the context of drag reduction. Bechert et al. (1997) experimentally demonstrated that riblet surfaces inspired by shark skin can reduce turbulent skin friction by modifying near-wall flow structures. In a comprehensive review, Dean and Bhushan (2010) highlighted that biomimetic surface textures, including riblets and denticles, can achieve drag reductions of up to 10% under turbulent flow conditions.

In addition to surface modifications, the influence of overall body geometry has also been investigated. Fish-inspired body shapes have been applied to underwater vehicles to enhance hydrodynamic efficiency. For example, Barrett et al. (1999) studied fish-like robotic propulsion systems and reported improved propulsion efficiency associated with streamlined geometries. Similarly, Liu et al. (2017) demonstrated that bio-inspired body forms can significantly reduce flow separation and improve wake characteristics in underwater applications.The DARPA SUBOFF model has been widely used as a benchmark geometry for submarine hydrodynamics. Numerical studies conducted on this model revealed complex flow structures, including horseshoe vortices and wake interactions, which significantly influence drag characteristics (Qu et al., 2021). These findings highlight the importance of geometry in controlling flow behavior around underwater bodies.Despite extensive research on biomimetic surfaces and fish-inspired propulsion systems, studies focusing on the comparative analysis of biologically inspired body geometries and conventional torpedo forms remain limited. In particular, the hydrodynamic performance differences between fish-derived geometries such as marlin and sailfish profiles and traditional engineering designs have not been sufficiently explored under controlled conditions.Therefore, this study aims to fill this gap by systematically comparing flow characteristics around biomimetic and conventional geometries using Computational Fluid Dynamics (CFD). The results are expected to provide a clearer understanding of how nature-inspired body forms can contribute to drag reduction and flow optimization in underwater vehicle design.

2.Materials and Methods

In this study, drag coefficients of there different planar models resembling swordfish fish with and without fins and submarine cross-section profiles were calculated using computational fluid dynamics (CFD). Table 1.shows visuals of the three models, identified as Model-A, Model-B,and Model-C, differ in their bow and stern geometries, while the total model length is 200 mm for each model. Also lenghts for Model-A is designed from Sagong et al. (2013),study of real swordfish fish facilities.

Table 1. Visuals of the Models

Model-A	
Model-B	
Model-C	

2.1 Problem Definition

In the literature, the pressure and friction drag acting on a body immersed in a fluid, parallel to the flow direction, are defined as (F_D, Pressure) and (F_D, Friction), respectively, and the sum of these forces is expressed as F_{DT} and given in Equation 1. Evaluating the frictional resistances experienced by the models at different wetted surface areas and flow velocities is crucial for selecting and optimizing the most suitable biomimetic model. Therefore, the dimensionless coefficient "Drag Coefficient (C_D)" was used for comparison. The drag force is equal to the sum of the friction drag and pressure drag, as given in Equation 2.The drag coefficient (C_D) is defined as the ratio of the drag force (F_D) to the wet surface area of the object within the fluid, as expressed in Equation 3. The Reynolds number (Re), which determines the flow type, is given in Equation 4.The values for the equations are given in Table 2.

Table 2.Equations

Equations	Number
$F_{DT}= F_{D,Pressure}+ F_{D,Friction}$	(1)
$C_D= C_{D,Friction}+ C_{D,Pressure}$	(2)
$\boldsymbol{C_D= \frac{F_D}{\frac{1}{2}\rho V^2 A}}$	(3)
$\boldsymbol{Re = \frac{\rho v L}{\mu}}$	(4)

2.2 Geometry and Mesh Structure

Based on definitions in the literature regarding flow domain lengths, the selected domain dimensions were determined to minimize the blockage effects between the model and the flow region boundaries. When constructing the computational domain for the models, the geometric dimensions were considered to ensure that the wall boundary effects of the flow region could be clearly observed. The model length (D = 200 mm) was used as a reference, with an inlet

length of 1D and an outlet length of 2D. The geometric dimensions of the flow domain are illustrated in Figure 2.

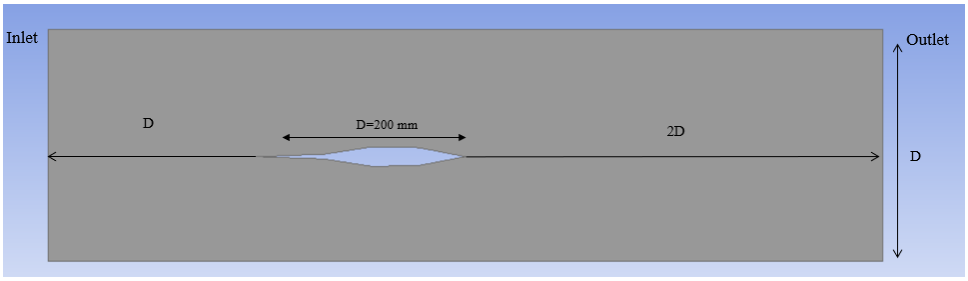


Fig. 2. Geometric dimensions of the flow domain for the models

When constructing the mesh structure for the models, an appropriate number of elements was determined based on calculations performed using the "Mesh Independence Study." The mesh structure around the flow domain was designed with increased density in a circular region around the model to better observe boundary layer effects. The appearance of the mesh structure in the flow domain and around the models is presented in Figure 3. Considering the geometric differences of the models, customized inflation layers were applied around each model. The values of the different inflation layers created to enhance boundary effect observation, and the properties of the generated mesh structure are provided in Figure 3.

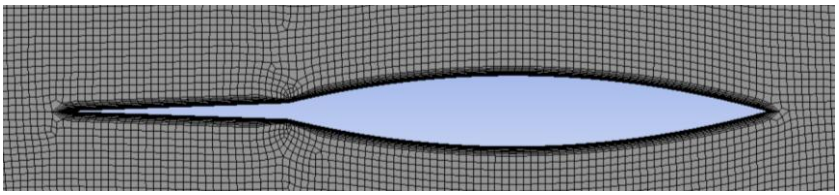
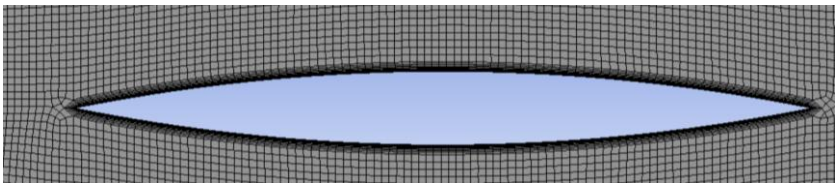
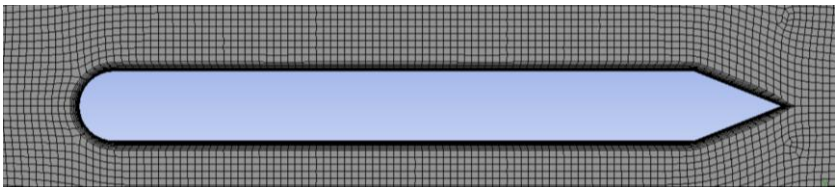
Models	Mesh Stuructures
Model-A	
Model-B	
Model-C	

Fig. 3. Mesh Structures of Model A,B, and C

The appearance of the mesh structure in the flow domain and around the models is presented in Figure 3. Considering the geometric differences of the models, customized inflation layers were applied around each model. The values of the different inflation layers created to enhance boundary effect observation, and the properties of the generated mesh structure are provided in Table 3.

Table 3. Properties of the mesh structure created around the Model A,B, and C

Models	A	B	C
Properties of the mesh structure			
Mesh elements type	Linear element	Linear element	Linear element
Mesh Element Size of flow domain, [mm]	2 mm	2 mm	2 mm
Properties of the Inflation Layer			
First Layer Thickness [mm]	0,1	0,1	0,1
Max. Layer number	10	10	10
Growth Ratio	1,2	1,2	1,2

2.3 Application Of The Grid İndependence Method On Model-A

In this study, a grid independence analysis was conducted to assess whether the numerical results were affected by mesh resolution. For this purpose, simulations were performed using meshes with varying densities, namely low, medium, and high resolutions, and the resulting variations in the drag coefficient were systematically examined. The element sizes were progressively refined, leading to an increase in the total number of nodes, and the corresponding C_D values obtained from each mesh configuration were compared.

It was observed that as the mesh density increased, the variation in C_D values gradually diminished. Once the differences between successive mesh refinements fell below a predefined threshold, the solution was considered to be independent of the mesh. Accordingly, the mesh configuration that ensured sufficient accuracy while maintaining a reasonable computational cost was selected as the optimal grid.

The reliability of this approach is supported by the findings of A.K. Saha et al. (2002), who demonstrated that grid independence analysis is a robust method for achieving accurate numerical results while minimizing computational effort.

Figure 3 illustrates the representation of the mesh parameters used in the grid independence study on the computational domain and model geometry. The element size of the flow region (α), the number of divisions in the streamwise and transverse directions (β and γ), and the first layer thickness of the inflation layer (FLT) are indicated on the flow domain and around the model surface.

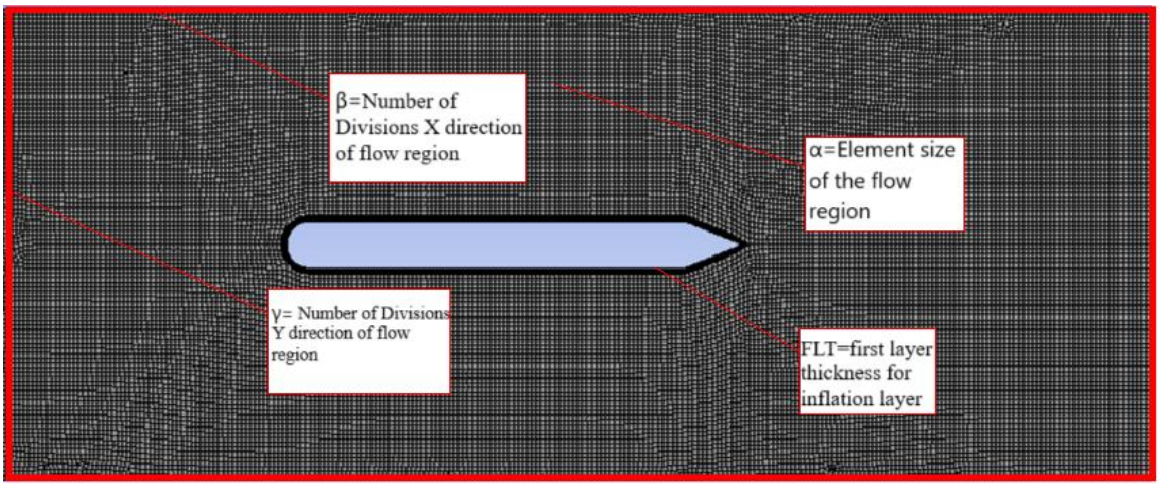


Fig.3 Representation of the mesh parameters used in the grid independence study on the computational domain and model geometry.

Table 4 summarizes the mesh configurations employed in the grid independence analysis, detailing the flow region element size (α), the number of divisions in the streamwise and transverse directions (β and γ), the inflation layer first thickness (FLT), and the corresponding total number of nodes (ϕ) for each mesh case.

α=Element size of the flow region

β=Number of Divisions X direction of flow region

γ= Number of Divisions Y direction of flow region

ϕ = Total number of node

FLT=first layer thickness for inflation layer

Table 4. values of the grid independence method on Model-A

Node	α	β	γ	FLT	ϕ
ϕ1	2 mm	400	80	0,1	41765
ϕ2	2 mm	600	100	0,2	43180
ϕ3	5 mm	200	50	0,2	8252
ϕ4	10 mm	100	20	0,2	2748

When examining Figure 5, which presents the variation of the drag coefficient (C_D) with Reynolds number (Re) for mesh structures ranging from the coarsest (ϕ4) to the finest (ϕ1), it is observed that solution accuracy improves with increasing mesh density.

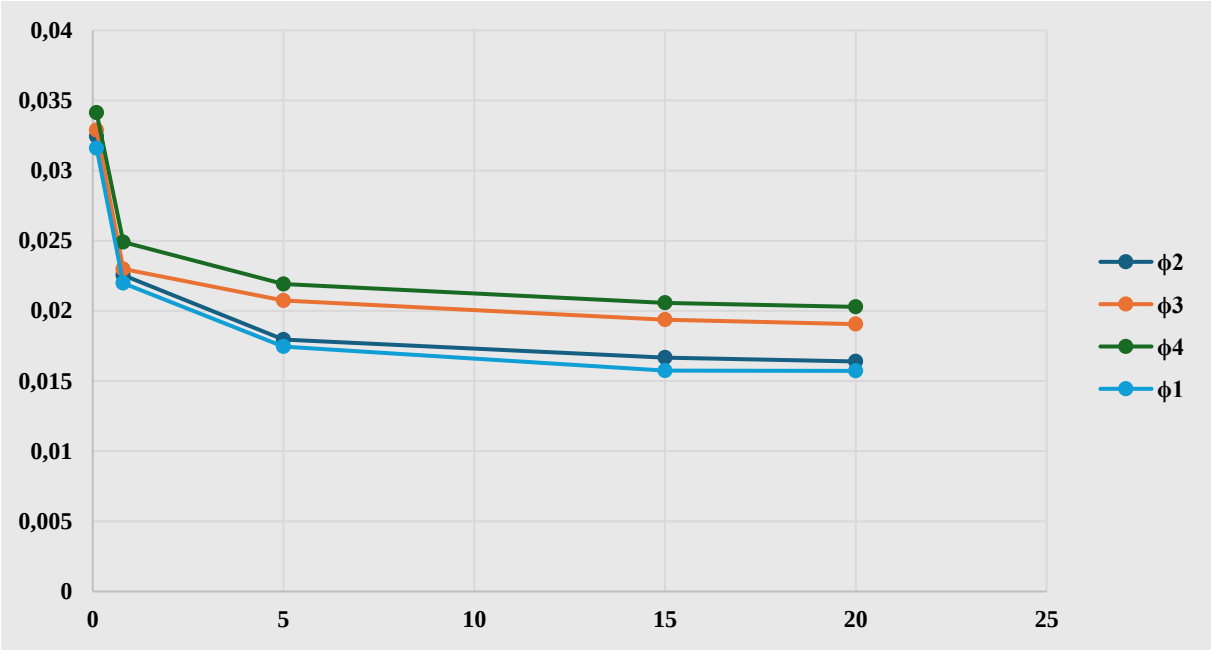


Fig. 5. C_D-Re variation graph for ϕ nodes (Grid independence test)

As expected for bluff bodies at Reynolds numbers approaching 10^4, the C_D values initially decrease and subsequently increase, eventually stabilizing due to the transition regime.

The ϕ4 mesh, representing the coarsest structure with the largest element sizes, fails to capture the flow characteristics with sufficient accuracy. In the case of ϕ3, although the mesh is relatively refined compared to ϕ4 and shows improved results in certain regions, it still does not meet the required level of accuracy. In contrast, the ϕ2 mesh, with its higher node density, provides solutions that converge and stabilize, indicating that the results satisfy the accuracy criteria.To further validate the mesh independence, simulations were repeated using the finest mesh configuration (ϕ1). The comparison revealed no significant change in the obtained C_D values. This confirms that once the solution reaches a stable regime, it becomes independent of mesh size and element count.Based on these observations, the ϕ1 mesh structure, which provides the highest level of solution accuracy, was selected, and all subsequent simulations for the models were conducted using this mesh configuration.

2.4 Boundary Conditions

In the present study, a total of 13 different inlet velocity conditions (0.01, 0.02, 0.03, 0.04, 0.046, 0.05, 0.06, 0.07, 0.08, 0.09, 0.1, 0.5, and 1 m/s) were defined in the ANSYS Fluent environment to investigate flow behavior under both laminar and turbulent regimes. A pressure outlet boundary condition was applied at the outlet. The simulations were conducted using the Reynolds-Averaged Navier–Stokes (RANS) equations, which are widely employed for modeling turbulent flows in computational fluid dynamics.

Water was selected as the working fluid, assuming a constant density of 998.2 kg/m³ at a temperature of 288.16 K. The governing equations for viscous, incompressible, steady-state, two-dimensional flow in a Cartesian coordinate system are presented in Equation (5), while the corresponding RANS equations for turbulent flow are given in Equations (6) and (7).

For turbulence modeling, the Shear Stress Transport (SST) k–ω model was employed due to its proven capability in accurately predicting flows with adverse pressure gradients and boundary

layer separation, particularly in aerodynamic and hydrodynamic applications (Argyropoulos & Markatos, 2015). Furthermore, Karim et al. (2011) performed a two-dimensional RANS analysis using the SST k–ω model around an axisymmetric submarine hull and demonstrated that this model provides reliable and computationally efficient predictions of viscous resistance when compared with other turbulence models and mesh configurations. The governing transport equations of the SST k–ω model, originally developed by Menter (1994), are provided in Equations (6)–(10).

In these formulations, μ_t represents the turbulent (eddy) viscosity, while k denotes the turbulence kinetic energy. In addition to the SST k–ω model, the standard k–ε model formulation is also considered for reference. The transport equations for turbulence kinetic energy (k) and its dissipation rate (ε) are given in Equations (8) and (9), respectively. In these equations, G_k represents the production of turbulence kinetic energy due to mean velocity gradients, while G_β accounts for turbulence generation due to buoyancy effects. The term Y_m corresponds to the contribution of fluctuating dilatation in compressible turbulence to the overall dissipation rate. S_k and Sε denote user-defined source terms, whereas σ_k and σε represent the turbulent Prandtl numbers for k and ε, respectively. The empirical constants $C_{1}\varepsilon$, $C_{2}\varepsilon$, and $C_{3}\varepsilon$ are model coefficients.

The turbulent viscosity in the standard k–ε model is calculated as a function of k and ε, as expressed in Equation (10), where Cμ is a model constant. The values of the model constants $C_{1}\varepsilon$, $C_{2}\varepsilon$, and Cμ, along with the turbulent Prandtl numbers σ_k and σε, are provided as follows:

$C_{1\varepsilon} = 1.44$; $C_{2\varepsilon} = 1.92$; $C_{\mu} = 0.09$

$\sigma_k = 1.0$; $\sigma_{\varepsilon} = 1.3$

Table 5.Equations

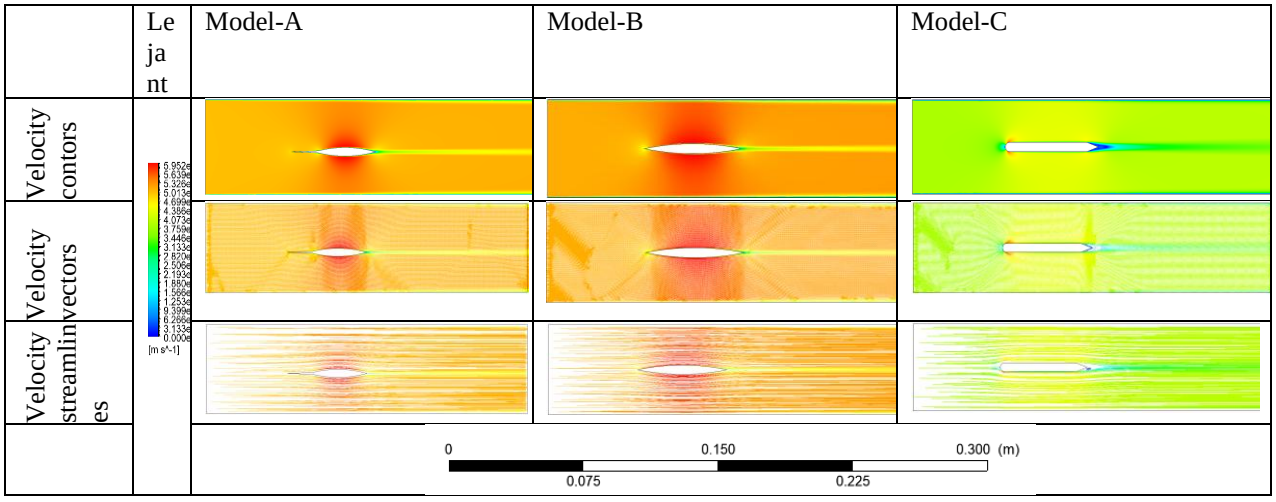
$\rho\left(u\frac{\partial u}{\partial x}+v\frac{a_U}{\partial y}\right)=-\frac{\partial P}{\partial x}+\mu\left(\frac{\partial^2 u}{\partial^2 x}+\frac{\partial^2 u}{\partial y^2}\right)$ $\rho\left(u\frac{\partial u}{\partial x}+v\frac{a_U}{\partial y}\right)=-\frac{\partial P}{\partial y}+\mu\left(\frac{\partial^2 v}{\partial^2 x}+\frac{\partial^2 v}{\partial y^2}\right)$	**(5)**
$\frac{\partial}{\partial t}(\rho u_i)+\frac{\partial}{\partial x_j}(\rho u_i u_j)=-\frac{\partial P}{\partial x_i}+\frac{\partial}{\partial x_i}\left[\mu\left(\frac{\partial u_i}{\partial x_j}+\frac{\partial u_j}{\partial x_i}-\frac{2}{3}\delta_{ij}\frac{\partial u_i}{\partial x_i}\right)\right]+$ $\frac{\partial}{\partial x_j}(-\overline{\rho u_\iota' u_\jmath'})$	**(6)**
$-\overline{\rho u_\iota' u_\jmath'}=\mu_t\left(\frac{\partial u_i}{\partial x_j}+\frac{\partial u_j}{\partial x_i}\right)-\frac{2}{3}\left(pk+\mu_t\ \frac{\partial u_i}{\partial x_i}\right)\delta_{ij}$	**(7)**
$\frac{\partial}{\partial t}(\rho k)+\frac{\partial}{\partial x_i}(\rho k u_i)=\frac{\partial}{\partial x_j}\left[\left(\mu+\frac{\mu_t}{\sigma_k}\right)\frac{\partial k}{\partial x_j}\right]+G_k+G_b-\rho\varepsilon-Y_M+S_k$	**(8)**
$\frac{\partial}{\partial t}(\rho\varepsilon)+\frac{\partial}{\partial x_i}(\rho\varepsilon u_i)=\frac{\partial}{\partial x_j}\left[\left(\mu+\frac{\mu_t}{\sigma_\varepsilon}\right)\frac{\partial\varepsilon}{\partial x_j}\right]+C_{1\varepsilon}\frac{\varepsilon}{k}(G_k+C_{3\varepsilon}G_b)-C_{2\varepsilon}\rho\frac{\varepsilon^2}{k}+$ S_ε	**(9)**
$\mu_t=\rho C_\mu\frac{k^2}{\varepsilon}$	**(10)**

CONCLUSION AND DISCUSSION

The comparative analysis of velocity contours, vectors, and streamline distributions reveals that the geometric configuration plays a decisive role in the flow behavior and drag characteristics of the models. The Model-A and Model-B geometries exhibit smoother velocity gradients and more attached flow patterns along the body, resulting in a narrower wake region and reduced

flow separation. This behavior indicates a more efficient momentum distribution and lower pressure drag. In contrast, the torpedo geometry (Model-C) demonstrates a more pronounced wake structure and localized flow disturbances, particularly near the aft region, leading to higher drag values. These findings highlight that biomimetic-inspired forms provide improved hydrodynamic performance compared to conventional geometries, especially in terms of minimizing flow separation and enhancing flow continuity. Therefore, the integration of biologically inspired design principles into underwater vehicle geometries can offer significant advantages in drag reduction and overall efficiency. Table 5 shows the visualizations of the CFD results.

Table 5. Visualizations of the CFD results



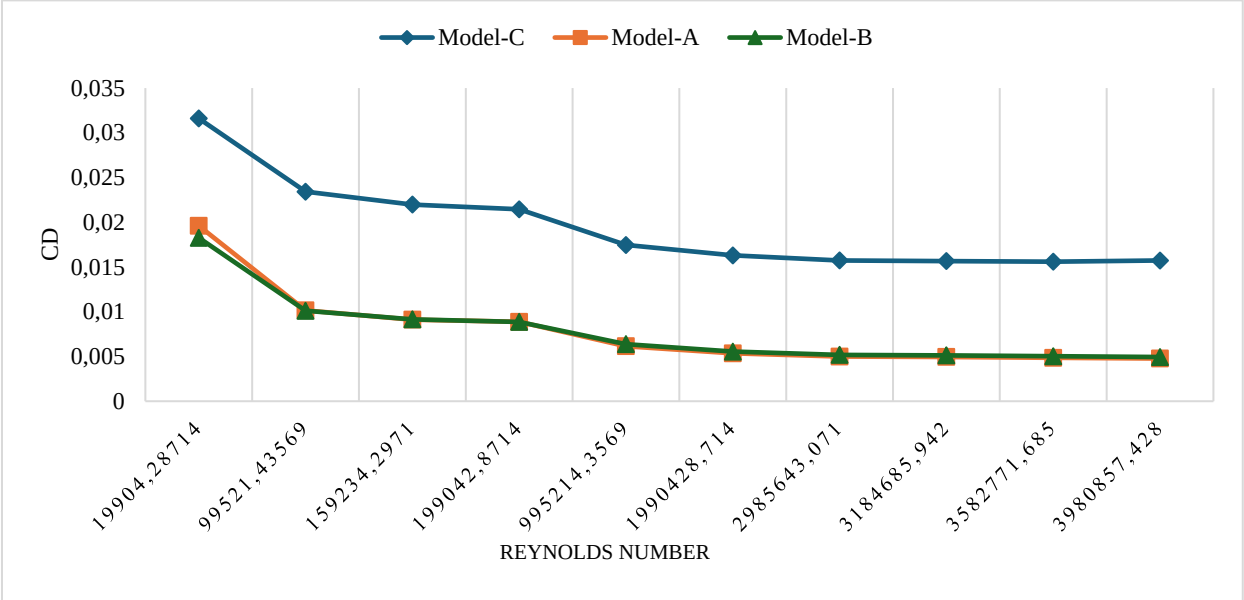


Fig.6 Drag coefficient (C_D) with respect to Reynolds Number for three different body geometries

Figure 6 presents the variation of the drag coefficient (C_D) with respect to Reynolds Number for three different body geometries: torpedo, swordfish-inspired, body forms. As observed, all models exhibit a decreasing trend in drag coefficient with increasing Reynolds number, which is consistent with the transition from viscous-dominated to inertia-dominated flow regimes.

Among the examined geometries, the torpedo model consistently demonstrates the highest drag coefficient across the entire Reynolds number range. This indicates that, despite its streamlined appearance, the torpedo geometry generates relatively higher resistance compared to the biomimetic-inspired forms.

In contrast, the swordfish and swept-body models show significantly lower drag coefficients, particularly at higher Reynolds numbers. After approximately Re ≈ 40,000, both geometries converge to nearly identical C_D values, indicating similar hydrodynamic performance in the fully developed flow regime. This suggests that bio-inspired geometrical features contribute to improved flow alignment and reduced separation effects, leading to lower overall resistance.

At lower Reynolds numbers, minor differences between the swordfish and swept-body models are noticeable; however, these differences diminish as the Reynolds number increases. This behavior implies that the influence of geometric detailing is more pronounced in laminar and transitional flow regimes, while in higher Reynolds numbers, the dominant flow physics reduces these distinctions.

Overall, the results highlight that biomimetic body forms can provide a measurable reduction in drag compared to conventional torpedo geometries, especially within moderate to high Reynolds number ranges.

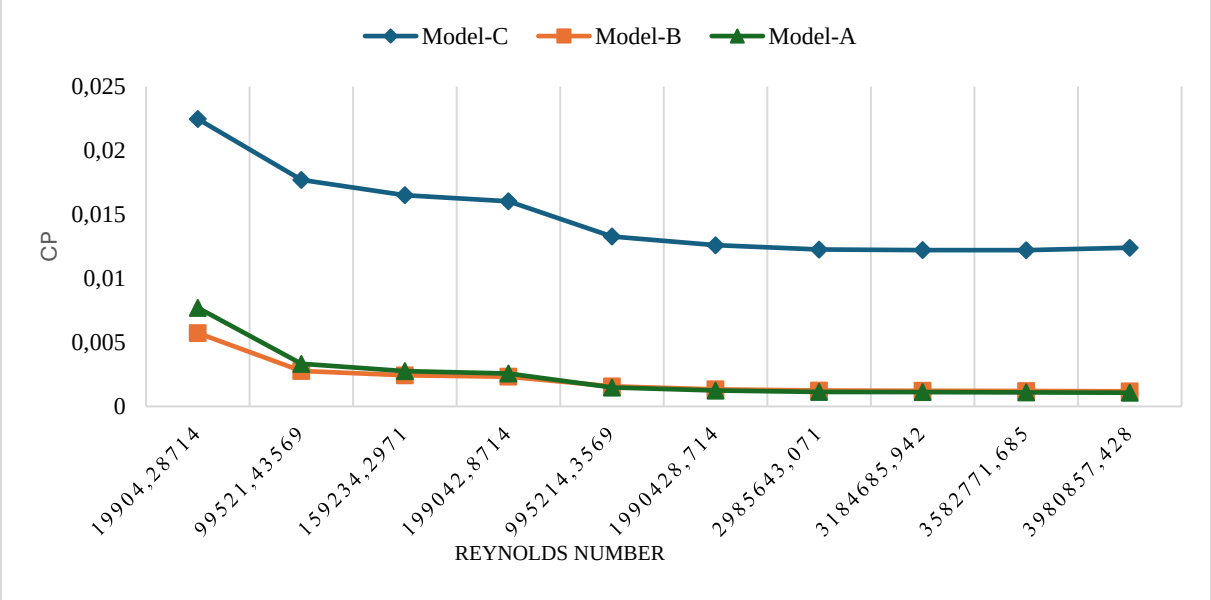


Fig.7 Pressure coefficient (Cp) with respect to Reynolds Number for three different body geometries

Figure 7 illustrates the variation of the pressure coefficient (Cp) with respect to Reynolds number for the three investigated geometries: torpedo, swordfish-inspired, and swept-body forms. Similar to the drag coefficient trends, all models exhibit a decreasing C_p with increasing Reynolds number, indicating a reduction in pressure-induced resistance as inertial effects become more dominant.

The torpedo geometry consistently shows the highest pressure coefficient values across the entire Reynolds number range. This suggests that the torpedo form experiences stronger pressure gradients and a more pronounced pressure drag component, likely due to less effective flow guidance and earlier flow separation compared to the biomimetic geometries.

In contrast, the swordfish and swept-body models demonstrate significantly lower Cp values. At lower Reynolds numbers, slight differences between these two geometries are observed, with the swordfish model initially exhibiting marginally higher values. However, as the Reynolds number increases, both models converge to nearly identical pressure coefficient levels, indicating similar pressure distribution characteristics in higher flow regimes.

The convergence of Cp values at higher Reynolds numbers suggests that both biomimetic-inspired geometries effectively minimize adverse pressure gradients and delay flow separation, thereby reducing pressure drag. Additionally, the diminishing differences between models at elevated Reynolds numbers indicate that geometric influence on pressure distribution becomes less dominant as the flow transitions toward a fully developed regime.

Overall, these results confirm that biomimetic body forms provide improved pressure distribution and reduced pressure-induced resistance compared to the conventional torpedo geometry, contributing to overall drag reduction.

This study presents a comparative hydrodynamic analysis of three different body geometries—torpedo, swordfish-inspired, and swept-body forms—based on their drag (CD) and pressure coefficient (Cp) variations over a wide range of Reynolds numbers. The results consistently demonstrate that both drag and pressure coefficients decrease with increasing Reynolds number for all geometries, reflecting the transition from viscous-dominated to inertia-dominated flow regimes.

Among the investigated models, the torpedo geometry exhibits the highest C_D and Cp values across all Reynolds numbers, indicating greater total resistance and stronger pressure-induced effects. In contrast, the biomimetic-inspired geometries—swordfish and swept-body—show significantly improved hydrodynamic performance, characterized by lower drag and reduced pressure coefficients. These findings suggest that such geometries enhance flow alignment, reduce adverse pressure gradients, and delay flow separation.

At lower Reynolds numbers, minor differences between the swordfish and swept-body models are observed, indicating that geometric variations have a more pronounced influence in laminar and transitional flow regimes. However, as the Reynolds number increases, both models converge to nearly identical C_D and Cp values, implying that their hydrodynamic behaviors become increasingly similar under fully developed flow conditions.

Overall, the combined evaluation of drag and pressure characteristics confirms that biomimetic body designs offer a clear advantage over conventional torpedo geometries in terms of resistance reduction. These results highlight the potential of bio-inspired design approaches for improving the hydrodynamic efficiency of underwater vehicles, particularly within moderate to high Reynolds number ranges.

REFERENCES

Argyropoulos, C. D., & Markatos, N. C. (2015). Recent advances on the numerical modelling of turbulent flows. *Applied Mathematical Modelling, 39*(2), 693–732

D. Barrett, M. Grosenbaugh and M. Triantafyllou, "The optimal control of a flexible hull robotic undersea vehicle propelled by an oscillating foil," *Proceedings of Symposium on Autonomous*

Underwater Vehicle Technology, Monterey, CA, USA, 1996, pp. 1-9, doi: 10.1109/AUV.1996.532833.

Bechert, D. W., Bruse, M., Hage, W., & van der Hoeven, J. G. T. (1997). Experiments on drag-reducing surfaces and their optimization with an adjustable geometry. *Journal of Fluid Mechanics*, 338, 59–87.

Dean, B., & Bhushan, B. (2010). Shark-skin surfaces for fluid-drag reduction in turbulent flow: A review. *Philosophical Transactions of the Royal Society A*, 368(1929), 4775–4806.

Hoerner, S. F. (1965). *Fluid-dynamic drag*. Hoerner Fluid Dynamics.

Karim, M. M., Rahman, M. M., & Alim, M. A. (2011). Performance of SST k-ω turbulence model for computation of viscous drag of axisymmetric underwater bodies. IJE Transactions B: Applications, 24(2), 139–146.

Liu, H., Wassersug, R., & Kawachi, K. (1997). The three-dimensional hydrodynamics of tadpole locomotion. *Journal of Experimental Biology*, 220(22), 2807-2819.

Menter, F. R. (1994). Two-equation eddy-viscosity turbulence models for engineering applications. *AIAA Journal, 32*(8), 1598–1605.

Qu, Y., Wu, Q., Zhao, X., Huang, B., Fu, X., & Wang, G. (2021). Numerical investigation of flow structures around the DARPA SUBOFF model. *Ocean Engineering*, 239(1):109866

Saha, A.K., Muralidhar, K., Biswas, G., (2003). Three-Dimensional Study Of Flow Past A Square Cylinder At Low Reynolds Numbers. International *Journal Heat and Fluid Flow* 24, 54–66.

Sfakiotakis, M., Lane, D. M., & Davies, J. B. C. (1999). Review of fish swimming modes for aquatic locomotion. *IEEE Journal of Oceanic Engineering*, 24(2),.

Triantafyllou, M. S., Triantafyllou, G. S., & Yue, D. K. P. (2000). Hydrodynamics of fishlike swimming. *Annual Review of Fluid Mechanics*, 32(1), 33–53.

BIOMIMETIC VERSUS CONVENTIONAL DESIGN: REYNOLDS-DEPENDENT DRAG PERFORMANCE OF SWORDFISH-INSPIRED AND TORPEDO GEOMETRIES

Aleyna ULUCUTSOY

Marine Engineering Operations Department, Surmene Faculty of Marine Sciences, Karadeniz Technical University, Trabzon, Turkey

ORCID ID: 0000-0003-4304-7047

Betül SARAÇ

Naval Architecture and Marine Engineering Department, Surmene Faculty of Marine Sciences, Karadeniz Technical

ORCID ID: 0000-0003-3876-7314

Teoman AYHAN

Mechanical Engineering Department ,Engineering Faculty , Karadeniz Technical University, Trabzon, Turkey

ORCID ID: 0000-0003-2917-5069

ABSTRACT

The hydrodynamic performance of underwater vehicles is strongly influenced by body geometry, which directly affects drag generation and overall flow behavior. In this study, a comparative Computational Fluid Dynamics (CFD) analysis was conducted to investigate the Reynolds-dependent hydrodynamic performance of three different planar body geometries: a conventional torpedo form and two biomimetic-inspired models based on swordfish and sailfish morphologies. The geometries were developed using experimentally validated morphometric data to ensure realistic representation of biological forms.

Numerical simulations were performed under identical flow conditions over a wide range of Reynolds numbers, covering both laminar and turbulent regimes. The flow characteristics around each model were evaluated in terms of velocity distributions, streamline patterns, drag coefficient (C_D), and pressure coefficient (C_P). A grid independence study was conducted to ensure the reliability and accuracy of the numerical results.

The results demonstrate that both C_D and C_P decrease with increasing Reynolds number for all geometries, reflecting the transition from viscous-dominated to inertia-dominated flow regimes. Among the investigated models, the torpedo geometry consistently exhibits the highest drag and pressure coefficients, indicating greater overall resistance and stronger pressure-induced effects. In contrast, the biomimetic-inspired geometries show significantly improved hydrodynamic performance, characterized by reduced drag and more favorable pressure distributions. The swordfish and swept-body models exhibit similar performance at higher Reynolds numbers, suggesting convergence of flow behavior under fully developed conditions.

Overall, the findings highlight that biomimetic body forms can effectively reduce hydrodynamic resistance compared to conventional designs, particularly within moderate to high Reynolds number ranges. This study provides insight into the potential application of nature-inspired geometries for enhancing the efficiency of underwater vehicles.

Keywords: Biomimetics; CFD; Underwater Vehicles; Drag Coefficient; Reynolds Number

Introduction

The hydrodynamic performance of underwater vehicles is fundamentally governed by the interaction between the vehicle geometry and the surrounding fluid. Flow resistance, particularly in the form of pressure drag and skin friction, directly limits propulsion efficiency, operational range, and energy consumption. Therefore, optimizing the external geometry of underwater bodies has long been a critical research focus in marine engineering.

In nature, marine organisms such as the merlin fish and sailfish exhibit exceptional swimming capabilities, achieved through evolutionary optimization of their body forms. These organisms minimize flow separation and reduce hydrodynamic resistance through streamlined geometries. Inspired by such biological systems, biomimetic design approaches have gained increasing attention as a means of improving engineering performance. While previous studies have extensively investigated biomimetic surface textures and riblet-like structures, relatively fewer studies have focused on the influence of *global body shape* derived from biological inspiration, particularly for submarine or torpedo-like configurations.

In contrast, conventional torpedo geometries are designed based on engineering optimization principles, typically aiming to balance manufacturability, stability, and drag reduction. However, these designs may not fully exploit the flow control mechanisms observed in biological forms, especially in terms of delaying flow separation and maintaining favorable pressure gradients along the body.

In this study, three different planar cross-sectional models inspired by merlin fish, sailfish, and a conventional torpedo body are investigated to evaluate their hydrodynamic performance. The models are analyzed under identical flow conditions to ensure a consistent comparison of their flow characteristics. Computational Fluid Dynamics (CFD) simulations are employed to examine velocity distributions, streamline patterns, and drag-related behavior around each geometry.

The primary objective of this study is to comparatively assess how biologically inspired geometries influence flow behavior relative to traditional engineering designs. By identifying differences in flow separation, wake formation, and overall resistance characteristics, this work aims to provide insight into the potential advantages of biomimetic body forms for underwater vehicle applications.

To ensure geometric realism in the present study, the biomimetic models were developed based on morphometric data obtained from experimental investigations on high-speed marine species. In particular, the body proportions and characteristic features of the models were derived from the work of Sagong et al. (2013), who conducted detailed wind tunnel experiments on sailfish (*Istiophorus platypterus*) and swordfish (*Xiphias gladius*) using taxidermy specimens. In their study, the drag forces acting on the fish bodies were directly measured, and boundary layer velocity profiles were analyzed to understand the hydrodynamic behavior under cruising conditions.

Their findings revealed that both species exhibit remarkably low drag coefficients and maintain fully attached flow over the entire body surface without flow separation at cruise speeds .

Additionally, the study demonstrated that morphological features such as the elongated bill have a limited influence on overall drag reduction, whereas the streamlined body geometry plays a dominant role in determining hydrodynamic efficiency.

Based on these experimentally validated morphometric characteristics, the present study adopts simplified planar representations of sailfish- and swordfish-inspired geometries, alongside a conventional torpedo form, to comparatively investigate their flow behavior and drag characteristics under identical flow conditions.

The reduction of hydrodynamic drag has been a central topic in marine engineering, particularly for underwater vehicles where energy efficiency and operational performance are directly affected by flow resistance. Traditional approaches to drag reduction have focused on optimizing streamlined body geometries and minimizing flow separation (Hoerner, 1965). However, with the advancement of biomimetic engineering, increasing attention has been directed toward nature-inspired designs.

Marine organisms such as fast-swimming fish species have evolved highly efficient body forms that minimize drag and enhance propulsion efficiency. For instance, studies have shown that fish-like streamlined geometries can significantly delay flow separation and reduce wake size, leading to improved hydrodynamic performance (Sfakiotakis et al., 1999). Similarly, sailfish and marlin species, known for their high swimming speeds, exhibit elongated and smooth body profiles that contribute to reduced pressure drag (Triantafyllou et al., 2000).

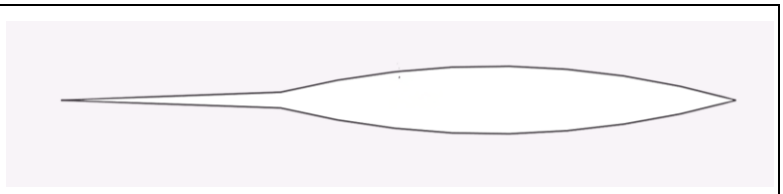
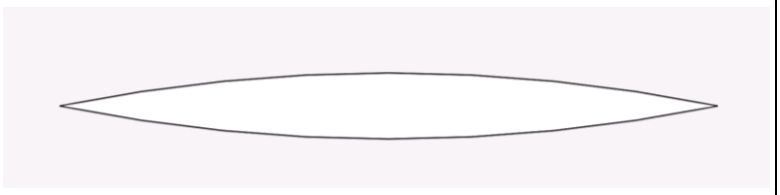
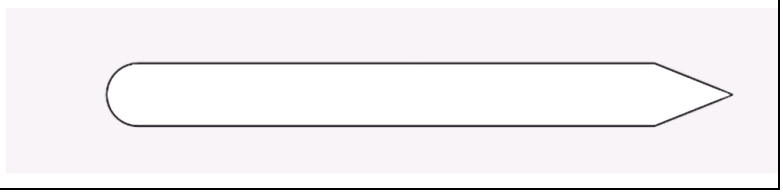
Biomimetic design approaches have been widely explored in the context of drag reduction. Bechert et al. (1997) experimentally demonstrated that riblet surfaces inspired by shark skin can reduce turbulent skin friction by modifying near-wall flow structures. In a comprehensive review, Dean and Bhushan (2010) highlighted that biomimetic surface textures, including riblets and denticles, can achieve drag reductions of up to 10% under turbulent flow conditions.

In addition to surface modifications, the influence of overall body geometry has also been investigated. Fish-inspired body shapes have been applied to underwater vehicles to enhance hydrodynamic efficiency. For example, Barrett et al. (1999) studied fish-like robotic propulsion systems and reported improved propulsion efficiency associated with streamlined geometries. Similarly, Liu et al. (2017) demonstrated that bio-inspired body forms can significantly reduce flow separation and improve wake characteristics in underwater applications.The DARPA SUBOFF model has been widely used as a benchmark geometry for submarine hydrodynamics. Numerical studies conducted on this model revealed complex flow structures, including horseshoe vortices and wake interactions, which significantly influence drag characteristics (Qu et al., 2021). These findings highlight the importance of geometry in controlling flow behavior around underwater bodies.Despite extensive research on biomimetic surfaces and fish-inspired propulsion systems, studies focusing on the comparative analysis of biologically inspired body geometries and conventional torpedo forms remain limited. In particular, the hydrodynamic performance differences between fish-derived geometries such as marlin and sailfish profiles and traditional engineering designs have not been sufficiently explored under controlled conditions.Therefore, this study aims to fill this gap by systematically comparing flow characteristics around biomimetic and conventional geometries using Computational Fluid Dynamics (CFD). The results are expected to provide a clearer understanding of how nature-inspired body forms can contribute to drag reduction and flow optimization in underwater vehicle design.

2.Materials and Methods

In this study, drag coefficients of there different planar models resembling swordfish fish with and without fins and submarine cross-section profiles were calculated using computational fluid dynamics (CFD). Table 1.shows visuals of the three models, identified as Model-A, Model-B,and Model-C, differ in their bow and stern geometries, while the total model length is 200 mm for each model. Also lenghts for Model-A is designed from Sagong et al. (2013),study of real swordfish fish facilities.

Table 1. Visuals of the Models

Model-A	
Model-B	
Model-C	

2.1 Problem Definition

In the literature, the pressure and friction drag acting on a body immersed in a fluid, parallel to the flow direction, are defined as (F_D, Pressure) and (F_D, Friction), respectively, and the sum of these forces is expressed as F_{DT} and given in Equation 1. Evaluating the frictional resistances experienced by the models at different wetted surface areas and flow velocities is crucial for selecting and optimizing the most suitable biomimetic model. Therefore, the dimensionless coefficient "Drag Coefficient (C_D)" was used for comparison. The drag force is equal to the sum of the friction drag and pressure drag, as given in Equation 2.The drag coefficient (C_D) is defined as the ratio of the drag force (F_D) to the wet surface area of the object within the fluid, as expressed in Equation 3. The Reynolds number (Re), which determines the flow type, is given in Equation 4.The values for the equations are given in Table 2.

Table 2.Equations

Equations	Number
$F_{DT}= F_{D,Pressure}+ F_{D,Friction}$	(1)
$C_D= C_{D,Friction}+ C_{D,Pressure}$	(2)
$C_{D=} \frac{F_D}{\frac{1}{2}\rho V^2 A}$	(3)
$Re = \frac{\rho v L}{\mu}$	(4)

2.2 Geometry and Mesh Structure

Based on definitions in the literature regarding flow domain lengths, the selected domain dimensions were determined to minimize the blockage effects between the model and the flow region boundaries. When constructing the computational domain for the models, the geometric dimensions were considered to ensure that the wall boundary effects of the flow region could be clearly observed. The model length (D = 200 mm) was used as a reference, with an inlet length of 1D and an outlet length of 2D. The geometric dimensions of the flow domain are illustrated in Figure 2.

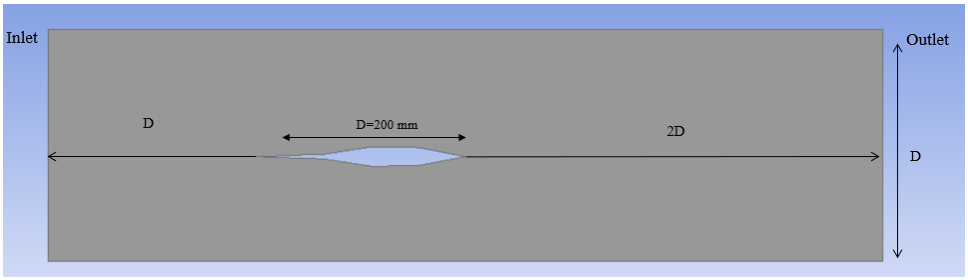


Fig. 2. Geometric dimensions of the flow domain for the models

When constructing the mesh structure for the models, an appropriate number of elements was determined based on calculations performed using the "Mesh Independence Study." The mesh structure around the flow domain was designed with increased density in a circular region around the model to better observe boundary layer effects. The appearance of the mesh structure in the flow domain and around the models is presented in Figure 3. Considering the geometric differences of the models, customized inflation layers were applied around each model. The values of the different inflation layers created to enhance boundary effect observation, and the properties of the generated mesh structure are provided in Figure 3.

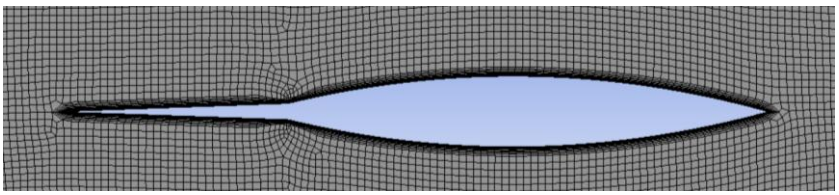
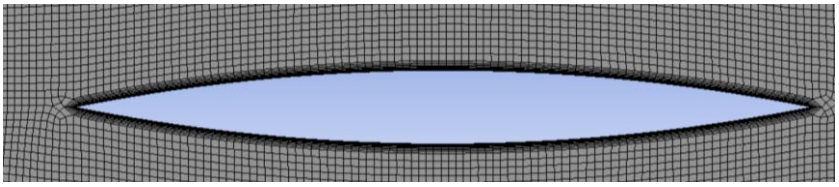
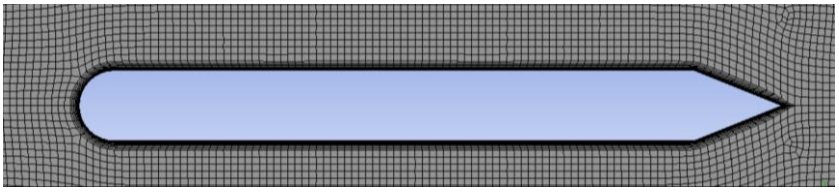
Models	Mesh Stuructures
Model-A	
Model-B	
Model-C	

Fig. 3. Mesh Structures of Model A,B, and C

The appearance of the mesh structure in the flow domain and around the models is presented in Figure 3. Considering the geometric differences of the models, customized inflation layers were

applied around each model. The values of the different inflation layers created to enhance boundary effect observation, and the properties of the generated mesh structure are provided in Table 3.

Table 3. Properties of the mesh structure created around the Model A,B, and C

Models	A	B	C
Properties of the mesh structure			
Mesh elements type	Linear element	Linear element	Linear element
Mesh Element Size of flow domain, [mm]	2 mm	2 mm	2 mm
Properties of the Inflation Layer			
First Layer Thickness [mm]	0,1	0,1	0,1
Max. Layer number	10	10	10
Growth Ratio	1,2	1,2	1,2

2.3 Application Of The Grid İndependence Method On Model-A

In this study, a grid independence analysis was conducted to assess whether the numerical results were affected by mesh resolution. For this purpose, simulations were performed using meshes with varying densities, namely low, medium, and high resolutions, and the resulting variations in the drag coefficient were systematically examined. The element sizes were progressively refined, leading to an increase in the total number of nodes, and the corresponding C_D values obtained from each mesh configuration were compared.

It was observed that as the mesh density increased, the variation in C_D values gradually diminished. Once the differences between successive mesh refinements fell below a predefined threshold, the solution was considered to be independent of the mesh. Accordingly, the mesh configuration that ensured sufficient accuracy while maintaining a reasonable computational cost was selected as the optimal grid.

The reliability of this approach is supported by the findings of A.K. Saha et al. (2002), who demonstrated that grid independence analysis is a robust method for achieving accurate numerical results while minimizing computational effort.

Figure 3 illustrates the representation of the mesh parameters used in the grid independence study on the computational domain and model geometry. The element size of the flow region (α), the number of divisions in the streamwise and transverse directions (β and γ), and the first layer thickness of the inflation layer (FLT) are indicated on the flow domain and around the model surface.

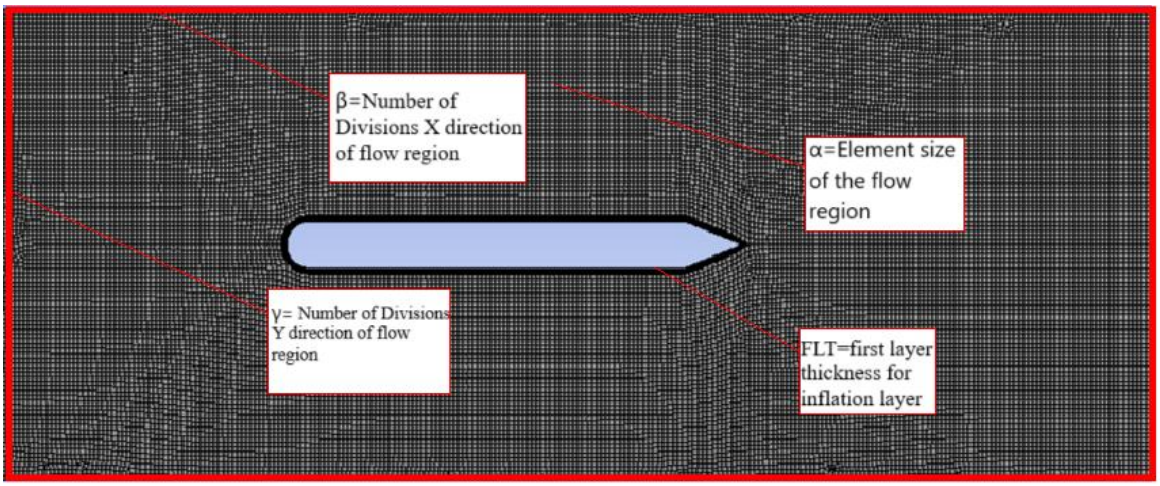


Fig.3 Representation of the mesh parameters used in the grid independence study on the computational domain and model geometry.

Table 4 summarizes the mesh configurations employed in the grid independence analysis, detailing the flow region element size (α), the number of divisions in the streamwise and transverse directions (β and γ), the inflation layer first thickness (FLT), and the corresponding total number of nodes (ϕ) for each mesh case.

α=Element size of the flow region

β=Number of Divisions X direction of flow region

γ= Number of Divisions Y direction of flow region

ϕ = Total number of node

FLT=first layer thickness for inflation layer

Table 4. values of the grid independence method on Model-A

Node	α	β	γ	FLT	ϕ
ϕ1	2 mm	400	80	0,1	41765
ϕ2	2 mm	600	100	0,2	43180
ϕ3	5 mm	200	50	0,2	8252
ϕ4	10 mm	100	20	0,2	2748

When examining Figure 5, which presents the variation of the drag coefficient (C_D) with Reynolds number (Re) for mesh structures ranging from the coarsest (ϕ4) to the finest (ϕ1), it is observed that solution accuracy improves with increasing mesh density.

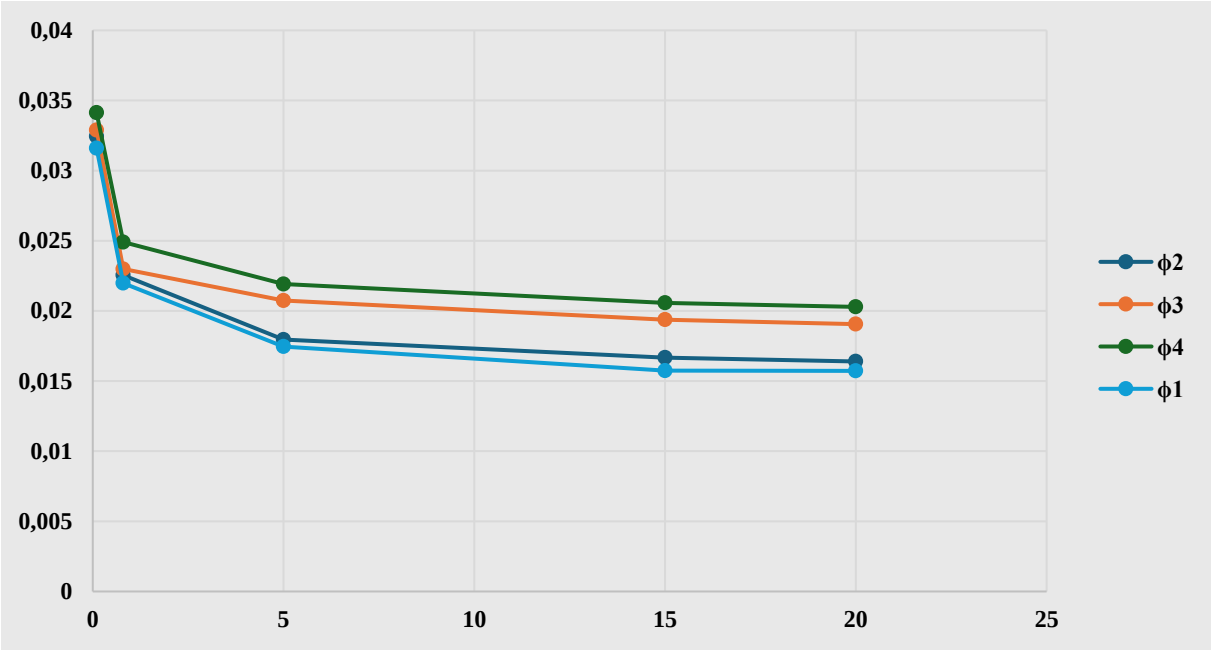


Fig. 5. C_D-Re variation graph for ϕ nodes (Grid independence test)

As expected for bluff bodies at Reynolds numbers approaching 10^4, the C_D values initially decrease and subsequently increase, eventually stabilizing due to the transition regime.

The ϕ4 mesh, representing the coarsest structure with the largest element sizes, fails to capture the flow characteristics with sufficient accuracy. In the case of ϕ3, although the mesh is relatively refined compared to ϕ4 and shows improved results in certain regions, it still does not meet the required level of accuracy. In contrast, the ϕ2 mesh, with its higher node density, provides solutions that converge and stabilize, indicating that the results satisfy the accuracy criteria.To further validate the mesh independence, simulations were repeated using the finest mesh configuration (ϕ1). The comparison revealed no significant change in the obtained C_D values. This confirms that once the solution reaches a stable regime, it becomes independent of mesh size and element count.Based on these observations, the ϕ1 mesh structure, which provides the highest level of solution accuracy, was selected, and all subsequent simulations for the models were conducted using this mesh configuration.

2.4 Boundary Conditions

In the present study, a total of 13 different inlet velocity conditions (0.01, 0.02, 0.03, 0.04, 0.046, 0.05, 0.06, 0.07, 0.08, 0.09, 0.1, 0.5, and 1 m/s) were defined in the ANSYS Fluent environment to investigate flow behavior under both laminar and turbulent regimes. A pressure outlet boundary condition was applied at the outlet. The simulations were conducted using the Reynolds-Averaged Navier–Stokes (RANS) equations, which are widely employed for modeling turbulent flows in computational fluid dynamics.

Water was selected as the working fluid, assuming a constant density of 998.2 kg/m³ at a temperature of 288.16 K. The governing equations for viscous, incompressible, steady-state, two-dimensional flow in a Cartesian coordinate system are presented in Equation (5), while the corresponding RANS equations for turbulent flow are given in Equations (6) and (7).

For turbulence modeling, the Shear Stress Transport (SST) k–ω model was employed due to its proven capability in accurately predicting flows with adverse pressure gradients and boundary

layer separation, particularly in aerodynamic and hydrodynamic applications (Argyropoulos & Markatos, 2015). Furthermore, Karim et al. (2011) performed a two-dimensional RANS analysis using the SST k–ω model around an axisymmetric submarine hull and demonstrated that this model provides reliable and computationally efficient predictions of viscous resistance when compared with other turbulence models and mesh configurations. The governing transport equations of the SST k–ω model, originally developed by Menter (1994), are provided in Equations (6)–(10).

In these formulations, μ_t represents the turbulent (eddy) viscosity, while k denotes the turbulence kinetic energy. In addition to the SST k–ω model, the standard k–ε model formulation is also considered for reference. The transport equations for turbulence kinetic energy (k) and its dissipation rate (ε) are given in Equations (8) and (9), respectively. In these equations, G_k represents the production of turbulence kinetic energy due to mean velocity gradients, while G_β accounts for turbulence generation due to buoyancy effects. The term Y_m corresponds to the contribution of fluctuating dilatation in compressible turbulence to the overall dissipation rate. S_k and Sε denote user-defined source terms, whereas σ_k and σε represent the turbulent Prandtl numbers for k and ε, respectively. The empirical constants $C_{1}\varepsilon$, $C_{2}\varepsilon$, and $C_{3}\varepsilon$ are model coefficients.

The turbulent viscosity in the standard k–ε model is calculated as a function of k and ε, as expressed in Equation (10), where Cμ is a model constant. The values of the model constants $C_{1}\varepsilon$, $C_{2}\varepsilon$, and Cμ, along with the turbulent Prandtl numbers σ_k and σε, are provided as follows:

$C_{1\varepsilon} = 1.44$; $C_{2\varepsilon} = 1.92$; $C_\mu = 0.09$

$\sigma_k = 1.0$; $\sigma_\varepsilon = 1.3$

Table 5.Equations

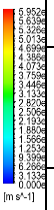
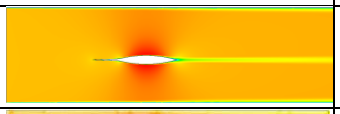
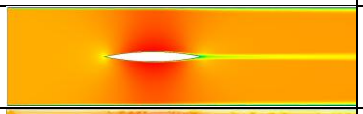
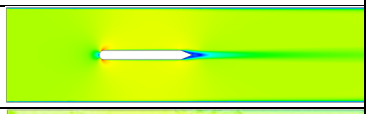
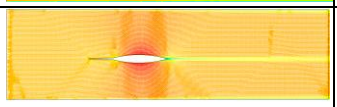
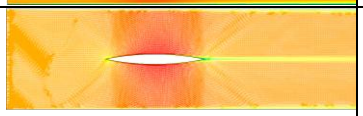
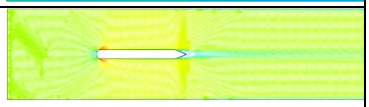
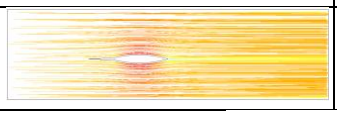
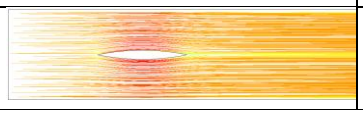
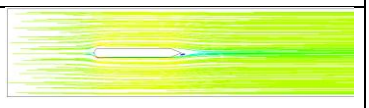
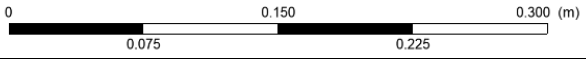
$\rho\left(u\frac{\partial u}{\partial x}+v\frac{a_U}{\partial y}\right)=-\frac{\partial P}{\partial x}+\mu\left(\frac{\partial^2 u}{\partial^2 x}+\frac{\partial^2 u}{\partial y^2}\right)$ $\rho\left(u\frac{\partial u}{\partial x}+v\frac{a_U}{\partial y}\right)=-\frac{\partial P}{\partial y}+\mu\left(\frac{\partial^2 v}{\partial^2 x}+\frac{\partial^2 v}{\partial y^2}\right)$	**(5)**
$\frac{\partial}{\partial t}(\rho u_i)+\frac{\partial}{\partial x_j}(\rho u_i u_j)=-\frac{\partial P}{\partial x_i}+\frac{\partial}{\partial x_i}\left[\mu\left(\frac{\partial u_i}{\partial x_j}+\frac{\partial u_j}{\partial x_i}-\frac{2}{3}\delta_{ij}\frac{\partial u_i}{\partial x_i}\right)\right]+$ $\frac{\partial}{\partial x_j}(-\overline{\rho u_i' u_j'})$	**(6)**
$-\overline{\rho u_i' u_j'}=\mu_t\left(\frac{\partial u_i}{\partial x_j}+\frac{\partial u_j}{\partial x_i}\right)-\frac{2}{3}\left(pk+\mu_t\ \frac{\partial u_i}{\partial x_i}\right)\delta_{ij}$	**(7)**
$\frac{\partial}{\partial_t}(\rho k)+\frac{\partial}{\partial x_i}(\rho k u_i)=\frac{\partial}{\partial x_j}\left[\left(\mu+\frac{\mu_t}{\sigma_k}\right)\frac{\partial k}{\partial x_j}\right]+G_k+G_b-\rho\varepsilon-Y_M+S_k$	**(8)**
$\frac{\partial}{\partial_t}(\rho\varepsilon)+\frac{\partial}{\partial x_i}(\rho\varepsilon u_i)=\frac{\partial}{\partial x_j}\left[\left(\mu+\frac{\mu_t}{\sigma_\varepsilon}\right)\frac{\partial \varepsilon}{\partial x_j}\right]+C_{1\varepsilon}\frac{\varepsilon}{k}(G_k+C_{3\varepsilon}G_b)-C_{2\varepsilon}\rho\frac{\varepsilon^2}{k}+$ S_ε	**(9)**
$\mu_t=\rho C_\mu\frac{k^2}{\varepsilon}$	**(10)**

CONCLUSION AND DISCUSSION

The comparative analysis of velocity contours, vectors, and streamline distributions reveals that the geometric configuration plays a decisive role in the flow behavior and drag characteristics of the models. The Model-A and Model-B geometries exhibit smoother velocity gradients and

more attached flow patterns along the body, resulting in a narrower wake region and reduced flow separation. This behavior indicates a more efficient momentum distribution and lower pressure drag. In contrast, the torpedo geometry (Model-C) demonstrates a more pronounced wake structure and localized flow disturbances, particularly near the aft region, leading to higher drag values. These findings highlight that biomimetic-inspired forms provide improved hydrodynamic performance compared to conventional geometries, especially in terms of minimizing flow separation and enhancing flow continuity. Therefore, the integration of biologically inspired design principles into underwater vehicle geometries can offer significant advantages in drag reduction and overall efficiency. Table 5 shows the visualizations of the CFD results.

Table 5. Visualizations of the CFD results

	Legant	Model-A	Model-B	Model-C
Velocity contors				
Velocity vectors				
Velocity streamlines				
				

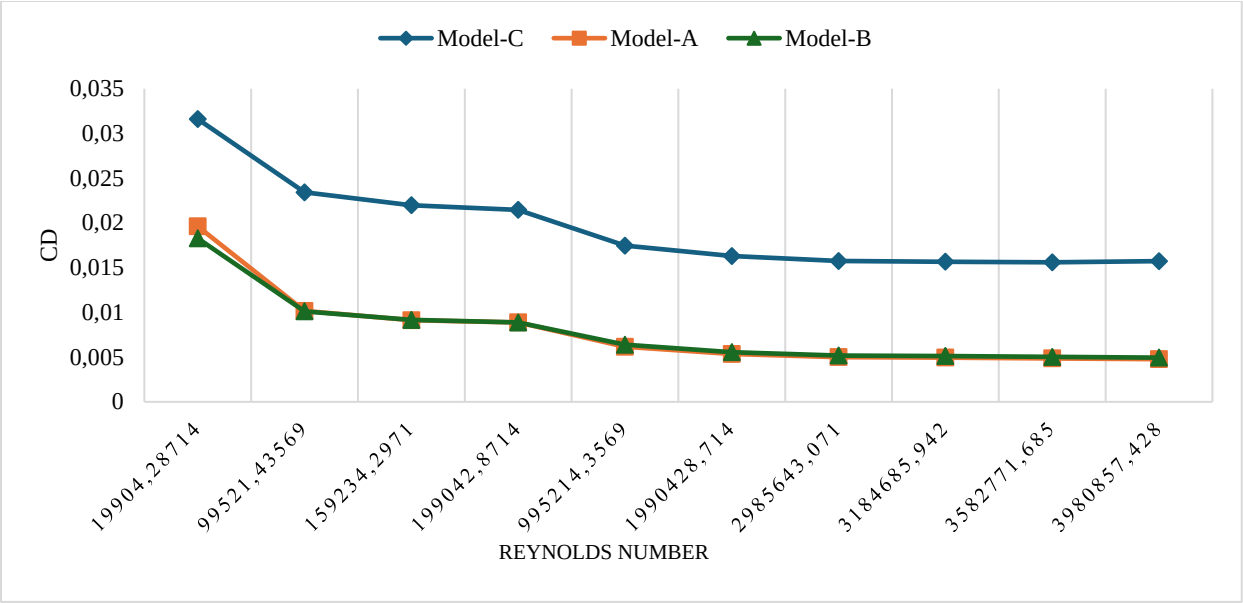


Fig.6 Drag coefficient (C_D) with respect to Reynolds Number for three different body geometries

Figure 6 presents the variation of the drag coefficient (C_D) with respect to Reynolds Number for three different body geometries: torpedo, swordfish-inspired, body forms. As observed, all models exhibit a decreasing trend in drag coefficient with increasing Reynolds number, which is consistent with the transition from viscous-dominated to inertia-dominated flow regimes.

Among the examined geometries, the torpedo model consistently demonstrates the highest drag coefficient across the entire Reynolds number range. This indicates that, despite its streamlined appearance, the torpedo geometry generates relatively higher resistance compared to the biomimetic-inspired forms.

In contrast, the swordfish and swept-body models show significantly lower drag coefficients, particularly at higher Reynolds numbers. After approximately Re ≈ 40,000, both geometries converge to nearly identical C_D values, indicating similar hydrodynamic performance in the fully developed flow regime. This suggests that bio-inspired geometrical features contribute to improved flow alignment and reduced separation effects, leading to lower overall resistance.

At lower Reynolds numbers, minor differences between the swordfish and swept-body models are noticeable; however, these differences diminish as the Reynolds number increases. This behavior implies that the influence of geometric detailing is more pronounced in laminar and transitional flow regimes, while in higher Reynolds numbers, the dominant flow physics reduces these distinctions.

Overall, the results highlight that biomimetic body forms can provide a measurable reduction in drag compared to conventional torpedo geometries, especially within moderate to high Reynolds number ranges.

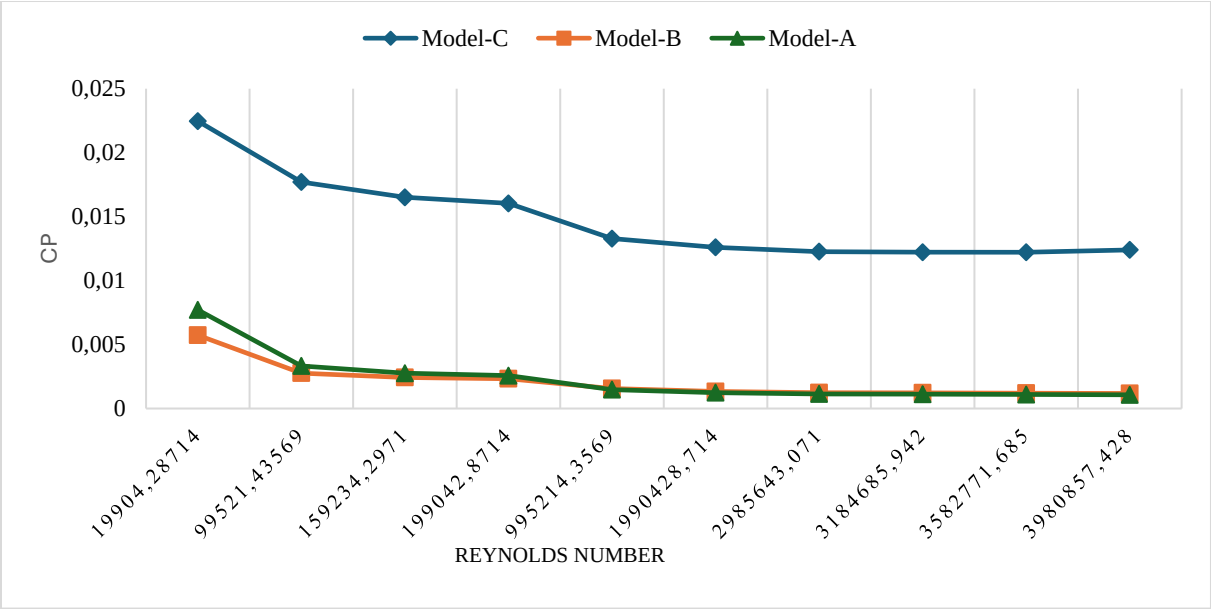


Fig.7 Pressure coefficient (Cp) with respect to Reynolds Number for three different body geometries

Figure 7 illustrates the variation of the pressure coefficient (Cp) with respect to Reynolds number for the three investigated geometries: torpedo, swordfish-inspired, and swept-body forms. Similar to the drag coefficient trends, all models exhibit a decreasing C_p with increasing Reynolds number, indicating a reduction in pressure-induced resistance as inertial effects become more dominant.

The torpedo geometry consistently shows the highest pressure coefficient values across the entire Reynolds number range. This suggests that the torpedo form experiences stronger pressure gradients and a more pronounced pressure drag component, likely due to less effective flow guidance and earlier flow separation compared to the biomimetic geometries.

In contrast, the swordfish and swept-body models demonstrate significantly lower Cp values. At lower Reynolds numbers, slight differences between these two geometries are observed, with the swordfish model initially exhibiting marginally higher values. However, as the Reynolds number increases, both models converge to nearly identical pressure coefficient levels, indicating similar pressure distribution characteristics in higher flow regimes.

The convergence of Cp values at higher Reynolds numbers suggests that both biomimetic-inspired geometries effectively minimize adverse pressure gradients and delay flow separation, thereby reducing pressure drag. Additionally, the diminishing differences between models at elevated Reynolds numbers indicate that geometric influence on pressure distribution becomes less dominant as the flow transitions toward a fully developed regime.

Overall, these results confirm that biomimetic body forms provide improved pressure distribution and reduced pressure-induced resistance compared to the conventional torpedo geometry, contributing to overall drag reduction.

This study presents a comparative hydrodynamic analysis of three different body geometries—torpedo, swordfish-inspired, and swept-body forms—based on their drag (CD) and pressure coefficient (Cp) variations over a wide range of Reynolds numbers. The results consistently demonstrate that both drag and pressure coefficients decrease with increasing Reynolds number for all geometries, reflecting the transition from viscous-dominated to inertia-dominated flow regimes.

Among the investigated models, the torpedo geometry exhibits the highest C_D and Cp values across all Reynolds numbers, indicating greater total resistance and stronger pressure-induced effects. In contrast, the biomimetic-inspired geometries—swordfish and swept-body—show significantly improved hydrodynamic performance, characterized by lower drag and reduced pressure coefficients. These findings suggest that such geometries enhance flow alignment, reduce adverse pressure gradients, and delay flow separation.

At lower Reynolds numbers, minor differences between the swordfish and swept-body models are observed, indicating that geometric variations have a more pronounced influence in laminar and transitional flow regimes. However, as the Reynolds number increases, both models converge to nearly identical C_D and Cp values, implying that their hydrodynamic behaviors become increasingly similar under fully developed flow conditions.

Overall, the combined evaluation of drag and pressure characteristics confirms that biomimetic body designs offer a clear advantage over conventional torpedo geometries in terms of resistance reduction. These results highlight the potential of bio-inspired design approaches for improving the hydrodynamic efficiency of underwater vehicles, particularly within moderate to high Reynolds number ranges.

REFERENCES

Argyropoulos, C. D., & Markatos, N. C. (2015). Recent advances on the numerical modelling of turbulent flows. *Applied Mathematical Modelling, 39*(2), 693–732

D. Barrett, M. Grosenbaugh and M. Triantafyllou, "The optimal control of a flexible hull robotic undersea vehicle propelled by an oscillating foil," *Proceedings of Symposium on Autonomous Underwater Vehicle Technology*, Monterey, CA, USA, 1996, pp. 1-9, doi: 10.1109/AUV.1996.532833.

Bechert, D. W., Bruse, M., Hage, W., & van der Hoeven, J. G. T. (1997). Experiments on drag-reducing surfaces and their optimization with an adjustable geometry. *Journal of Fluid Mechanics*, 338, 59–87.

Dean, B., & Bhushan, B. (2010). Shark-skin surfaces for fluid-drag reduction in turbulent flow: A review. *Philosophical Transactions of the Royal Society A*, 368(1929), 4775–4806.

Hoerner, S. F. (1965). *Fluid-dynamic drag*. Hoerner Fluid Dynamics.

Karim, M. M., Rahman, M. M., & Alim, M. A. (2011). Performance of SST k-ω turbulence model for computation of viscous drag of axisymmetric underwater bodies. IJE Transactions B: Applications, 24(2), 139–146.

Liu, H., Wassersug, R., & Kawachi, K. (1997). The three-dimensional hydrodynamics of tadpole locomotion. *Journal of Experimental Biology*, 220(22), 2807-2819.

Menter, F. R. (1994). Two-equation eddy-viscosity turbulence models for engineering applications. *AIAA Journal, 32*(8), 1598–1605.

Qu, Y., Wu, Q., Zhao, X., Huang, B., Fu, X., & Wang, G. (2021). Numerical investigation of flow structures around the DARPA SUBOFF model. *Ocean Engineering*, 239(1):109866

Saha, A.K., Muralidhar, K., Biswas, G., (2003). Three-Dimensional Study Of Flow Past A Square Cylinder At Low Reynolds Numbers. International *Journal Heat and Fluid Flow* 24, 54–66.

Sfakiotakis, M., Lane, D. M., & Davies, J. B. C. (1999). Review of fish swimming modes for aquatic locomotion. *IEEE Journal of Oceanic Engineering*, 24(2),.

Triantafyllou, M. S., Triantafyllou, G. S., & Yue, D. K. P. (2000). Hydrodynamics of fishlike swimming. *Annual Review of Fluid Mechanics*, 32(1), 33–53.

ECONOMIC DISPARITIES AND URBAN–RURAL INEQUALITIES FROM THE PERSPECTIVE OF EMERGING APPROACHES IN CASH PAYMENTS: A COMPARATIVE ANALYSIS OF ROMANIA AND TURKEY (2014–2024)

Mihaela BALOTĂ

Romanian Academy, School of Advanced Studies of the Romanian Academy, Doctoral School of Economic Sciences, National Institute for Economic Research "Costin C. Kirițescu", "Victor Slăvescu" Centre for Financial and Monetary Research, Bucharest, Romania

ORCID ID: 0009-0009-7712-1189

ABSTRACT

This paper examines economic disparities and urban–rural inequalities in Romania and Turkey over the period 2014–2024, focusing on the role of cash payments within evolving financial ecosystems. The study aims to assess how differences in access to payment infrastructure and financial services shape territorial inequalities.

The research combines comparative analysis of financial inclusion indicators, payment behavior trends, and structural economic differences between urban and rural areas. It integrates Eurostat data for Romania, national statistics for Turkey, and qualitative assessment of payment system developments.

The findings reveal that rural areas in both countries remain significantly dependent on cash due to limited banking infrastructure, lower digital penetration, and reduced financial literacy. Romania shows a gradual transition toward digital payments, supported by European integration, while Turkey exhibits a dual structure characterized by rapid digital expansion in urban areas and persistent cash reliance in rural regions. These differences reinforce existing economic disparities.

The study concludes that the transformation of payment systems has uneven territorial effects. Without inclusive financial policies, the shift toward digital payments may deepen urban–rural inequalities. A balanced approach that maintains access to cash while promoting digital inclusion is essential for reducing economic disparities.

Keywords: economic disparities; urban–rural inequalities; cash payments; financial inclusion; digital divide; payment systems; Romania; Turkey; financial infrastructure; digital payments

INTRODUCTION

Economic disparities between urban and rural areas continue to represent a persistent and multidimensional challenge for both developed and emerging economies. These disparities extend beyond income differentials and encompass unequal access to essential infrastructure, public services, education, healthcare, and financial systems. Rural areas frequently experience structural disadvantages, including lower levels of investment, reduced institutional capacity, and limited connectivity, all of which contribute to widening socio-economic gaps and hinder inclusive development (World Bank, 2021; OECD, 2020). In this context, financial inclusion

has emerged as a critical component of balanced regional development, reflecting not only the availability of financial services but also their accessibility, affordability, and effective usage.

In recent years, the rapid transformation of payment systems has introduced a new dimension to these inequalities. The increasing shift toward digital payments—driven by technological innovation, regulatory changes, and evolving consumer preferences—has been widely associated with financial modernization and economic efficiency. Digital payment systems can enhance transaction speed, reduce costs, and improve transparency, thereby supporting broader economic development objectives (Demirgüç-Kunt et al., 2018). However, the adoption of such technologies remains uneven across regions. Urban populations tend to benefit from better digital infrastructure, higher levels of financial literacy, and greater access to banking services, which facilitate the rapid uptake of electronic and mobile payments. In contrast, rural communities often remain reliant on cash transactions due to infrastructural constraints, limited internet access, lower digital skills, and reduced trust in formal financial institutions (European Central Bank, 2022; Allen et al., 2016).

The persistence of cash-based economies in rural areas highlights the risk that digital financial transformation may inadvertently deepen existing inequalities if not accompanied by targeted inclusion policies. Rather than serving as a universal equalizer, digitalization can reinforce spatial disparities by privileging already advantaged regions. This underscores the importance of designing inclusive financial ecosystems that address both technological and socio-economic barriers.

Within this broader context, Romania and Turkey provide a relevant comparative framework for analysing urban–rural financial disparities. Romania's financial system has evolved under the regulatory and institutional framework of the European Union, benefiting from harmonization policies, structural funds, and digitalization initiatives aimed at strengthening financial inclusion. Turkey, by contrast, has followed a more autonomous development trajectory, shaped by domestic macroeconomic conditions, regulatory choices, and market-driven financial innovation. Despite these institutional differences, both countries exhibit significant disparities between urban and rural areas in terms of access to banking infrastructure, digital payment adoption, and overall financial inclusion. This suggests that structural factors—such as regional development gaps, demographic characteristics, and levels of digital readiness—play a decisive role in shaping financial behavior and access, beyond the influence of regulatory frameworks alone.

LITERATURE REVIEW

The relationship between financial systems and economic inequality has been widely explored in the literature, with a growing consensus that financial inclusion constitutes a fundamental pillar of sustainable economic development and social cohesion. Well-functioning financial systems facilitate the efficient allocation of resources, promote investment, and enable individuals and firms to smooth consumption and manage risks. In this context, access to basic financial services—such as savings accounts, credit, insurance, and payment instruments—plays a crucial role in reducing poverty and inequality by allowing broader participation in economic activities. As argued by Beck et al. (2007), inclusive financial systems can mitigate structural inequalities by lowering barriers to entry and fostering equal opportunities, particularly for disadvantaged populations.

More recent contributions have shifted attention toward the role of digital finance as a catalyst for expanding financial inclusion. Technological innovations, including mobile banking, electronic payments, and fintech platforms, have significantly transformed the financial

landscape by reducing transaction costs, increasing accessibility, and improving service efficiency. Digital payment systems, in particular, offer the potential to integrate previously unbanked populations into the formal financial system, thereby supporting inclusive growth (Ozili, 2018). However, this transition is not without challenges. The benefits of digital finance are unevenly distributed, as individuals lacking access to digital infrastructure, adequate technological devices, or sufficient digital literacy may be excluded from these advancements. Consequently, digitalization may simultaneously act as both an enabler of inclusion and a source of new forms of exclusion.

Empirical research further highlights the importance of payment behavior as a determinant of financial inclusion and economic participation. Despite the rapid growth of digital payment instruments, cash continues to play a dominant role in many economies, particularly among lower-income groups and rural populations. Rogoff (2016) emphasizes that cash usage remains deeply embedded in socio-economic practices due to factors such as convenience, anonymity, and limited access to formal banking systems. Similarly, evidence from the European Central Bank (2022) indicates that cash remains essential for everyday transactions, especially in regions where digital infrastructure is underdeveloped or where trust in electronic payment systems is limited. This persistence of cash usage reflects not only infrastructural constraints but also behavioral and cultural preferences that influence financial decision-making.

The concept of the digital divide provides an important analytical framework for understanding disparities in access to financial services in the context of digital transformation. The digital divide encompasses inequalities in access to internet connectivity, digital skills, and the ability to effectively use technological tools. These disparities are often correlated with socio-economic characteristics such as income, education, age, and geographic location. According to the European Commission (2023), significant gaps persist between urban and rural areas in terms of digital infrastructure and competencies, which in turn affect the adoption of digital financial services. Moreover, trust in financial institutions and digital platforms plays a critical role in shaping user behavior, as individuals may be reluctant to adopt new technologies in the absence of perceived security and reliability. Therefore, addressing the digital divide is essential for ensuring that the transition toward digital finance contributes to reducing, rather than exacerbating, existing inequalities.

ECONOMIC AND FINANCIAL CONTEXT

Over the period 2014–2024, both Romania and Turkey have undergone substantial economic and financial transformations, shaped by distinct institutional frameworks and development trajectories. Romania's evolution has been strongly influenced by its integration into the European Union, which has facilitated access to structural funds, regulatory harmonization, and the modernization of financial infrastructure. These processes have contributed to the expansion of banking services, the development of digital financial ecosystems, and the increasing adoption of electronic payment instruments. Empirical evidence from Eurostat (2024) indicates a consistent upward trend in the use of electronic payments, accompanied by improvements in financial service accessibility and account ownership. This reflects broader efforts to align the Romanian financial system with European standards and to promote financial inclusion through digitalization and innovation.

In contrast, Turkey's financial development has been largely driven by domestic economic dynamics, including rapid urbanization, population growth, and an expanding middle class. Over the past decade, the Turkish financial sector has demonstrated significant dynamism, with notable growth in banking services, payment systems, and fintech solutions. However, this development has been unevenly distributed across regions. According to the International

Monetary Fund (2023), structural disparities persist, particularly between highly developed urban centers and less developed rural areas, where access to financial services remains limited and infrastructural gaps are more pronounced. These regional imbalances reflect broader socio-economic inequalities and highlight the challenges associated with achieving inclusive financial development in emerging economies.

In both countries, urban areas tend to concentrate economic activity, higher income levels, and more advanced infrastructure, which collectively support greater access to formal financial services and the rapid adoption of digital payment technologies. Urban populations benefit from dense banking networks, higher levels of education, and better digital connectivity, all of which facilitate financial participation and innovation. By contrast, rural areas continue to face persistent structural constraints, including limited physical access to banking institutions, inadequate digital infrastructure, and lower levels of financial and digital literacy. These factors contribute to reduced financial inclusion and reinforce existing economic disparities.

Overall, the comparative analysis of Romania and Turkey suggests that while macroeconomic growth and financial sector expansion are essential, they are not sufficient to ensure balanced and inclusive development. Structural inequalities between urban and rural areas remain a defining feature of both economies, underscoring the need for targeted policies that address infrastructural deficits, enhance financial literacy, and promote equitable access to financial services.

CASH PAYMENTS AND FINANCIAL INCLUSION

Cash continues to represent a fundamental pillar of financial systems in both Romania and Turkey, despite the accelerated expansion of digital payment instruments over the past decade. While the diffusion of electronic and mobile payments has been widely associated with financial modernization, cash retains a central role in everyday transactions, particularly in rural areas and among vulnerable population groups. This persistence reflects not only structural constraints but also behavioral, institutional, and socio-economic factors that shape payment preferences and financial inclusion.

From a structural perspective, cash offers universal accessibility, as it does not require access to banking infrastructure, internet connectivity, or digital devices. This characteristic is particularly relevant in rural regions, where physical banking networks are often sparse and digital infrastructure remains underdeveloped. In addition, cash benefits from a high degree of trust and familiarity, especially among older individuals and populations with limited financial literacy. As highlighted by Rogoff (2016), cash usage is deeply embedded in social and economic practices, partly due to its perceived reliability, anonymity, and ease of use. Furthermore, cash plays a significant role in supporting informal economic activities, which remain prevalent in both Romania and Turkey, particularly in less developed regions.

Empirical evidence from the Global Findex Database further confirms the strong reliance on cash among financially excluded populations. Individuals without access to formal financial services tend to depend almost exclusively on cash transactions for daily economic activities, including payments, savings, and transfers (Demirgüç-Kunt et al., 2022). This pattern is especially pronounced in rural areas, where barriers to financial inclusion—such as low income levels, limited education, and restricted access to financial institutions—remain significant.

The persistence of cash usage can be illustrated through comparative statistical indicators related to payment behavior and financial inclusion:

Table 1. Use of Cash in Transactions (% of total transactions)

Country	2014	2019	2024*
Romania	78%	72%	65%
Turkey	85%	78%	70%
EU Average	63%	55%	48%

*Estimated values based on recent trends (ECB, 2022; national data)

Source: Author's compilation based on European Central Bank (2022), national central bank reports, and trend estimations.

The data indicate a gradual decline in cash usage in both countries; however, the pace of transition toward digital payments remains slower compared to the European Union average. This suggests persistent structural and behavioral barriers to digital adoption.

Table 2. Financial Inclusion Indicators (% of adult population)

Indicator	Romania (2021)	Turkey (2021)	EU Average
Account ownership	78%	74%	95%
Digital payment usage	65%	68%	90%
Reliance on cash for daily use	60%	65%	40%

Source: Global Findex Database (Demirgüç-Kunt et al., 2022)

These figures highlight that, although financial inclusion has improved over time, significant gaps remain between Romania, Turkey, and the EU average. Lower levels of account ownership and digital payment usage contribute to the continued reliance on cash, particularly among rural and economically vulnerable populations.

In conclusion, the persistence of cash usage in Romania and Turkey reflects a complex interaction between infrastructural limitations, socio-economic inequalities, and behavioral factors. While digital financial services hold significant potential to enhance efficiency and inclusion, their uneven adoption risks reinforcing existing disparities. Therefore, policies aimed at reducing financial exclusion should adopt a balanced approach, promoting digital innovation while ensuring that traditional payment methods remain accessible and that vulnerable groups are not left behind.

URBAN–RURAL DISPARITIES IN PAYMENT SYSTEMS

Urban–rural disparities in payment systems represent a salient dimension of broader socio-economic inequalities, reflecting differences in access to financial infrastructure, technological resources, and human capital. These disparities are particularly evident in payment behavior, where the adoption of digital financial instruments varies significantly between urban and rural populations. Such differences are not merely technological in nature but are deeply rooted in structural, institutional, and behavioral factors that shape financial inclusion and economic participation.

Urban populations typically benefit from a more developed financial ecosystem, characterized by widespread access to banking services, dense networks of financial institutions, and the availability of advanced digital payment platforms. These advantages are reinforced by higher levels of income, education, and financial literacy, which facilitate the adoption of electronic and mobile payment solutions. Moreover, urban areas tend to exhibit stronger digital infrastructure, including high-speed internet connectivity and broader access to smartphones

and other digital devices. As a result, individuals residing in urban environments are more likely to engage with formal financial systems and utilize non-cash payment methods for a wide range of transactions (Allen et al., 2016; European Commission, 2023).

In contrast, rural populations often encounter multiple barriers that limit their participation in modern financial systems. Physical access to banking infrastructure remains constrained, with fewer bank branches and automated teller machines (ATMs) available in remote or less densely populated areas. In addition, lower levels of internet penetration and digital connectivity restrict access to online and mobile banking services. These infrastructural limitations are compounded by reduced levels of digital and financial literacy, which hinder the ability of individuals to effectively use electronic payment instruments. Trust-related factors also play a role, as rural populations may exhibit greater reliance on traditional payment methods due to concerns regarding security, privacy, or unfamiliarity with digital technologies (OECD, 2020; World Bank, 2022).

These structural disparities contribute to distinct patterns of financial behavior across regions. Empirical evidence consistently shows that individuals in urban areas are significantly more likely to use electronic payment methods, including card payments, online transfers, and mobile applications. In contrast, rural populations tend to rely predominantly on cash transactions, which are perceived as more accessible and reliable in contexts characterized by limited financial infrastructure. According to Allen et al. (2016), the likelihood of using formal financial services is strongly correlated with geographic location, with rural residence being associated with higher levels of financial exclusion.

The magnitude of these disparities can be illustrated through selected indicators related to access to financial infrastructure and digital connectivity:

Table 3. Urban–Rural Disparities in Financial and Digital Access

Indicator	Urban Areas	Rural Areas
Access to bank branches	High	Low
Access to ATMs	High	Limited
Internet penetration	High	Moderate–Low
Digital payment usage	High	Low
Financial literacy	Higher	Lower

Source: OECD (2020); European Commission (2023); World Bank (2022)

In addition, data on payment behavior further highlight the divergence between urban and rural populations:

Table 4. Payment Behavior by Area Type (% of adult population)

Payment Method	Urban Areas	Rural Areas
Digital payments	75–85%	40–55%
Cash usage	40–50%	70–85%

Source: Demirgüç-Kunt et al. (2022); European Central Bank (2022)

These figures suggest that, although digital payment adoption is increasing across all regions, significant gaps persist between urban and rural areas. The continued reliance on cash in rural communities reflects both necessity and preference, shaped by limited alternatives and long-standing financial habits.

We can say that urban–rural disparities in payment systems underscore the uneven nature of financial development and digital transformation. While urban areas are at the forefront of

adopting innovative financial technologies, rural regions risk being left behind, thereby reinforcing existing inequalities. Addressing these gaps requires targeted policy interventions aimed at expanding financial infrastructure, improving digital connectivity, and enhancing financial and digital literacy. Only through such comprehensive efforts can the transition toward digital payments contribute to inclusive and balanced economic development.

EMERGING APPROACHES IN PAYMENT SYSTEMS

Over the past two decades, payment systems have undergone a profound transformation, driven by digitalization, globalization, and the growing imperative to expand financial inclusion. Traditional cash-based models are increasingly complemented—or even replaced—by innovative solutions such as mobile banking, digital wallets, and hybrid payment systems that integrate both cash and digital functionalities. These developments represent not merely technological change, but a broader structural shift with far-reaching economic and social implications.

The academic literature highlights the significant role of mobile-based financial services in reducing financial exclusion, particularly in emerging economies. A seminal study demonstrates that the M-Pesa system in Kenya enabled millions of previously unbanked individuals to access financial services, contributing to poverty reduction and increased economic resilience (Suri & Jack, 2016). Nevertheless, the effectiveness of such innovations is contingent upon key enabling factors, including digital infrastructure, financial literacy, and institutional capacity.

Within Central and Eastern Europe, including Romania, European Union policies have played a crucial role in accelerating the transition toward digital payments. Regulatory frameworks promoting instant payments and open banking have fostered competition and innovation in the financial sector. Despite these advances, adoption remains uneven, with significant disparities between urban and rural areas.

Table 5. Indicators of Digital Payment Usage (approximate data, 2023)

Country	Internet Users (%)	Mobile Banking Usage (%)	Digital Payments (% of adult population)
Romania	89%	45%	62%
Turkey	86%	58%	70%
EU Average	92%	65%	80%

Source: *Eurostat (2023), World Bank (2022), author's estimates.*

In Romania, the expansion of digital financial services is evident, yet regional disparities persist. Urban areas benefit from more advanced digital infrastructure and higher levels of digital literacy, facilitating the adoption of modern payment solutions. Conversely, rural areas continue to face structural barriers, including limited access to high-speed internet and lower levels of trust in financial institutions.

In Turkey, rapid urbanization and sustained investment in technology have supported the swift development of digital payment systems, particularly in major metropolitan areas such as Istanbul and Ankara. The fintech ecosystem is expanding dynamically, and consumers are increasingly embracing mobile applications and digital wallets. However, regional inequalities remain a significant challenge.

Table 6. Urban–Rural Differences in Digital Payment Adoption (estimates)

Country	Urban Digital Usage (%)	Rural Digital Usage (%)	Gap (%)
Romania	75%	40%	35%
Turkey	82%	50%	32%

Source: Author's estimates based on World Bank (2022), European Commission (2023), and European Central Bank (2022).

These figures suggest that, although technological innovation creates substantial opportunities for enhancing financial inclusion, its benefits are not evenly distributed. Maximizing the positive impact of these solutions requires a comprehensive approach that combines investment in digital infrastructure, financial education programs, and public policies aimed at reducing regional inequalities.

Taken together, emerging approaches in payment systems have the potential to significantly reshape access to financial services. However, their long-term success depends on the broader socio-economic and institutional context. Without coordinated policy interventions, there is a risk that these innovations may reinforce, rather than mitigate, existing disparities.

THE DIGITAL DIVIDE AND STRUCTURAL INEQUALITIES

The transition toward digital payment systems has brought renewed attention to the concept of the digital divide, understood as the unequal distribution of access to digital technologies, internet connectivity, and digital competencies across populations. While digitalization has the potential to democratize access to financial services, in practice it often reproduces—and in some cases deepens—pre-existing structural inequalities. The adoption of mobile banking, online transactions, and digital wallets is not solely a function of technological availability, but also of socio-economic conditions, educational attainment, and institutional trust.

Empirical evidence at the European level underscores the persistence of these disparities. According to the Digital Economy and Society Index (DESI) published by the European Commission (2023), significant gaps remain between member states and within them, particularly along the urban–rural divide. Individuals residing in urban areas are substantially more likely to possess at least basic digital skills and to engage in online financial activities, whereas rural populations often face infrastructural and educational constraints that limit their participation in the digital economy.

Table 7. Digital Skills and Internet Access in Selected Contexts (2023)

Indicator	Romania	Turkey	EU Average
Individuals with at least basic digital skills (%)	28%	34%	56%
Households with internet access (%)	85%	88%	93%
Regular internet users (%)	82%	83%	90%

Source: *European Commission (2023), World Bank (2022), national statistics.*

Romania, in particular, illustrates the structural nature of the digital divide. Despite relatively high levels of internet connectivity, the proportion of individuals with basic digital skills remains among the lowest in the European Union. This discrepancy suggests that access alone is insufficient; effective participation in digital financial systems also requires the capacity to use these technologies confidently and securely. In rural areas, where educational opportunities and digital training programs are more limited, these challenges are further amplified.

Turkey presents a somewhat different trajectory, characterized by rapid technological adoption in urban centers alongside persistent regional disparities. Major cities have benefited from

robust digital infrastructure and a dynamic fintech ecosystem, while peripheral and rural regions lag behind. This uneven development contributes to a dual-speed digital economy, in which segments of the population are fully integrated into modern financial systems while others remain dependent on cash-based transactions.

Table 8. Urban–Rural Disparities in Digital Access and Skills (Estimates)

Country	Urban Internet Access (%)	Rural Internet Access (%)	Urban Digital Skills (%)	Rural Digital Skills (%)
Romania	92%	75%	40%	18%
Turkey	94%	78%	48%	25%

Source: Author's estimates based on European Commission (2023), World Bank (2022), and OECD (2020).

These disparities have direct implications for financial inclusion. Individuals lacking digital access or skills are less likely to use online banking services, make electronic payments, or benefit from fintech innovations. Consequently, they face higher transaction costs, reduced access to credit, and limited participation in formal economic activities. The digital divide thus operates as a reinforcing mechanism of broader socio-economic inequalities, intersecting with factors such as income, education, age, and geographic location.

Taken together, the evidence suggests that bridging the digital divide is essential for ensuring that the transition to digital payments contributes to inclusive economic development. Policy responses must therefore extend beyond infrastructure investment to include comprehensive digital education initiatives, targeted support for vulnerable groups, and the development of user-friendly financial technologies. Without such measures, the expansion of digital payment systems risks entrenching existing inequalities rather than alleviating them.

DISCUSSION

The findings presented in this analysis indicate that payment systems cannot be understood in isolation from the broader socio-economic structures in which they are embedded. Rather than being purely technological arrangements, payment practices reflect patterns of inequality related to income distribution, education, infrastructure, and institutional trust. The persistence of cash usage—particularly in rural and peripheral regions—should therefore not be interpreted simply as a matter of cultural preference or resistance to innovation, but as a rational response to structural constraints that limit access to digital alternatives.

Empirical evidence suggests that individuals in underserved areas continue to rely on cash due to a combination of limited internet connectivity, insufficient digital skills, and reduced access to formal banking institutions. In many cases, cash remains the most reliable and accessible means of transaction. This observation aligns with broader findings from the World Bank, which highlight that financial inclusion is closely tied to both physical and digital infrastructure, as well as to levels of financial and technological literacy (World Bank, 2022).

Table 9. Structural Determinants of Payment Method Usage (Conceptual Overview)

Factor	Impact on Digital Payments Adoption	Impact on Cash Usage
Internet infrastructure	Strong positive	Negative
Digital literacy	Strong positive	Negative
Income level	Moderate positive	Moderate positive
Trust in financial system	Strong positive	Strong positive
Geographic location (rural)	Negative	Strong positive

While digital payment systems offer clear advantages—such as increased efficiency, traceability, and reduced transaction costs—they also introduce new mechanisms of exclusion. Individuals who lack access to digital tools or the skills required to use them risk being marginalized within increasingly cashless economies. This phenomenon has been described in the literature as "digital financial exclusion," a condition that may disproportionately affect elderly populations, low-income groups, and rural communities.

At the European level, policy frameworks developed by the European Commission emphasize the importance of inclusive digital transformation. However, the implementation of such policies often encounters practical limitations at the national and regional levels, where disparities in infrastructure and institutional capacity persist. As a result, the benefits of digital finance are unevenly distributed, reinforcing rather than mitigating socio-economic inequalities in certain contexts.

Table 10. Risks and Benefits of Digital Payment Systems

Dimension	Benefits	Risks
Efficiency	Faster transactions, lower costs	Dependence on technology
Transparency	Reduced informality, improved traceability	Privacy concerns
Accessibility	Remote access to financial services	Exclusion of digitally illiterate populations
Economic integration	Greater participation in formal economy	Regional disparities

The comparative perspective offered by Romania and Turkey illustrates both divergence and convergence in the evolution of payment systems. Romania's trajectory is strongly influenced by European regulatory frameworks and funding mechanisms, which have supported the expansion of digital infrastructure and financial services. Nevertheless, significant gaps remain between urban and rural areas, particularly in terms of digital skills and effective usage.

Turkey, by contrast, demonstrates a more market-driven model characterized by rapid technological adoption and a dynamic fintech sector, especially in urban centers. Despite this progress, similar structural challenges persist, including regional inequalities and uneven access to digital financial services. In both countries, the coexistence of advanced digital payment ecosystems with substantial segments of the population relying on cash reflects a dualistic development pattern.

Taken together, these findings underscore the necessity of aligning technological innovation with social inclusion. The transition toward digital finance must be accompanied by targeted public policies that address structural barriers, including investments in rural connectivity, digital education, and user-centered financial services. Without such interventions, there is a substantial risk that digitalization will exacerbate existing inequalities, creating a stratified financial landscape in which access to efficient and secure payment systems is unevenly distributed.

CONCLUSIONS

This paper has demonstrated that the evolution of payment systems is deeply intertwined with broader patterns of economic inequality and social stratification. Far from being neutral technological instruments, payment mechanisms actively shape access to financial resources and opportunities. The persistence of cash as a dominant means of transaction—particularly in rural and underserved areas—highlights its continued relevance as a tool of financial inclusion. For many individuals, especially those with limited access to digital infrastructure or formal banking services, cash remains not only a preference but a necessity.

The findings suggest that the transition toward digital payments must be approached with a nuanced and context-sensitive perspective. While digital financial solutions offer substantial benefits in terms of efficiency, transparency, and scalability, they also risk creating new forms of exclusion if access to technology and digital competencies is unevenly distributed. In this regard, evidence provided by institutions such as the World Bank indicates that financial inclusion is most effectively achieved when technological innovation is complemented by inclusive policy frameworks and targeted social interventions (World Bank, 2022).

Table 11. Policy Priorities for Inclusive Payment Systems

Strategic Area	Key Actions	Expected Impact
Financial infrastructure	Expand broadband access, rural banking services	Increased access to digital payments
Digital literacy	Education programs, training initiatives	Improved ability to use financial technologies
Cash accessibility	Maintain ATMs, support cash distribution networks	Protection of vulnerable groups
Institutional trust	Strengthen regulation, consumer protection	Higher adoption of formal financial services

From a policy standpoint, the challenge lies in balancing innovation with inclusivity. Regulatory and institutional frameworks developed at the level of the European Commission emphasize digital transformation, yet these must be adapted to national and local realities in order to avoid unintended exclusionary effects. Ensuring equitable access to payment systems requires not only technological advancement but also sustained investment in human capital and public infrastructure.

The comparative analysis of Romania and Turkey underscores the existence of different developmental trajectories, yet also reveals converging challenges. Both countries exhibit a dual structure in which advanced digital payment ecosystems coexist with significant segments of the population that remain reliant on cash. This duality reflects persistent urban–rural divides, disparities in education and income, and uneven levels of institutional development.

Table 12. Key Risks if Inclusion is Not Addressed

Risk Area	Potential Consequence
Digital exclusion	Marginalization of rural and elderly populations
Economic inequality	Widening income and opportunity gaps
Reduced financial access	Limited participation in formal economy
Social fragmentation	Increased disparity between regions

In summary, future strategies aimed at modernizing payment systems should prioritize three interdependent objectives: expanding financial and digital infrastructure, improving digital literacy across all segments of the population, and maintaining reliable access to cash as a complementary payment option. These measures are not mutually exclusive; rather, they form the foundation of a balanced and inclusive financial ecosystem.

Ultimately, a well-calibrated approach to payment system development can contribute to reducing, rather than reinforcing, urban–rural inequalities. Achieving this outcome requires coordinated efforts among policymakers, financial institutions, and technology providers, as well as a sustained commitment to ensuring that no segment of society is left behind in the transition toward digital finance.

REFERENCES

Allen, F., Demirgüç-Kunt, A., Klapper, L., & Peria, M. S. M. (2016). The foundations of financial inclusion: Understanding ownership and use of formal accounts. *Journal of Financial Intermediation, 27*, 1–30.

Beck, T., Demirgüç-Kunt, A., & Levine, R. (2007). Finance, inequality and the poor. *Journal of Economic Growth, 12*(1), 27–49.

Demirgüç-Kunt, A., Klapper, L., Singer, D., Ansar, S., & Hess, J. (2018). *The Global Findex Database 2017: Measuring financial inclusion and the fintech revolution*. World Bank.

Demirgüç-Kunt, A., Klapper, L., Singer, D., & Ansar, S. (2022). *The Global Findex Database 2021: Financial inclusion, digital payments, and resilience in the age of COVID-19*. World Bank.

European Central Bank. (2022). *Study on the payment attitudes of consumers in the euro area (SPACE)*. ECB.

European Commission. (2023). *Digital Economy and Society Index (DESI) 2023*. European Commission.

Eurostat. (2023). *Digital economy and society statistics*. https://ec.europa.eu/eurostat

Eurostat. (2024). *Financial services and urban–rural statistics*. European Commission.

International Monetary Fund. (2023). *Turkey: Financial system stability assessment*. IMF.

OECD. (2020). *Rural well-being: Geography of opportunities*. OECD Publishing.

Ozili, P. K. (2018). Impact of digital finance on financial inclusion and stability. *Borsa Istanbul Review, 18*(4), 329–340.

Rogoff, K. (2016). *The curse of cash*. Princeton University Press.

Suri, T., & Jack, W. (2016). The long-run poverty and gender impacts of mobile money. *Science, 354*(6317), 1288–1292. https://doi.org/10.1126/science.aah5309

World Bank. (2021). *World Development Report 2021: Data for better lives*. World Bank.

World Bank. (2022). *Global Findex Database 2021: Financial inclusion, digital payments, and resilience in the age of COVID-19*. World Bank.

SAZCILAR SPRING WATER IN FATSA: HISTORICAL AND CULTURAL PERSPECTIVES

TARİHÎ VE KÜLTÜREL YÖNLERİYLE FATSA SAZCILAR MEMBA SUYU

Prof. Dr. Tuğrul ÖZCAN
Ordu Üniversitesi, Fen-Edebiyat Fakültesi, Tarih Bölümü
ORCID: 0000-0003-3526-6813

ÖZET

20. yüzyılın başlarına kadar Fatsa'nın içme suyu ihtiyacını karşılayan en önemli kaynak, şehir merkezine yaklaşık 4 km uzaklıkta bulunan Sudere köyü sınırları içindeki Sazcılar memba suyuydu. Doğusunda Bolaman, batısında ise Elekçi dereleri bulunmasına rağmen Fatsa'nın içilebilir su ihtiyacını karşılayacak yeterli kaynaklar mevcut değildi. Bu nedenle kasaba halkı, ihtiyaç duyduğu içme suyunu kilometrelerce uzaklıktan kendi imkânlarıyla temin etmek zorunda kalıyordu. Bu durum, zaman zaman kasaba sakinleri arasında adli boyutlara varan anlaşmazlıklara ve uzun süren tartışmalara yol açıyordu. Nitekim su kaynağının mülkiyeti, temin biçimi ve nakil süreci gibi konularda sık sık ihtilaflar yaşanıyordu. Erken Cumhuriyet döneminde içilebilir su temininin sınırlı kaynaklara dayanması, Fatsa ve çevresinde ilerleyen yıllarda yer altı suyu araştırmalarının yapılmasına ve su altyapısı yatırımlarının geliştirilmesine zemin hazırladı. Bu yatırımlar çerçevesinde Sazcılar memba suyu yaklaşık elli yıl boyunca Fatsa'nın gündeminde yer aldı; ancak istenilen düzeyde bir sonuca ulaşılamadı. Buna rağmen 1970'li yıllardan 2000'li yıllara kadar Sazcılar memba suyunun Fatsa Belediyesi tarafından bağlı işletmeler aracılığıyla ticarileştirilmesi ve aynı zamanda bir kısmının halka ücretsiz olarak sunulması, kamu yararını önceleyen bir hizmet anlayışının tipik bir örneğini oluşturdu. Ancak sonraki yıllarda bu su kaynağına ait şişeleme tesisinin önce özelleştirilmesi, ardından kapatılması ve nihayetinde yerine kentsel prestij projesi kapsamında bir kültür sarayının inşa edilmesi, belediye önceliklerinde yaşanan değişimi açıkça ortaya koydu. Bu çalışma, Sazcılar memba suyunun zamanla önemini yitirmesinin Fatsa üzerindeki sosyal, kültürel ve ekonomik etkilerini incelemeyi amaçlamaktadır.

Anahtar Kelimeler: Fatsa Belediyesi, Sazcılar Memba Suyu Şişeleme Tesisi, Sudere Köyü

ABSTRACT

Until the early twentieth century, the most important source meeting the drinking water needs of Fatsa was the Sazcılar spring water, located approximately 4 km from the town center within the boundaries of Sudere village. Although the Bolaman River to the east and the Elekçi Stream to the west were present, there were no sufficient resources to adequately supply potable water for Fatsa. For this reason, the inhabitants of the town were compelled to obtain their drinking water from distant locations by their own means. This situation occasionally led to disputes among residents, sometimes escalating to legal conflicts and prolonged disagreements. Indeed, conflicts frequently arose over issues such as ownership of the water source, methods of procurement, and transportation processes. During the early Republican period, the reliance on

limited potable water resources laid the groundwork for groundwater exploration and the development of water infrastructure investments in Fatsa and its surroundings in the following years. Within this context, Sazcılar spring water remained on Fatsa's agenda for approximately fifty years; however, the intended outcomes were never fully achieved. Nevertheless, from the 1970s to the 2000s, the commercialization of Sazcılar spring water by the Municipality of Fatsa through its affiliated enterprises—alongside the provision of part of it to the public free of charge—represented a typical example of a public service approach prioritizing the common good. In later years, however, the bottling facility associated with this water source was first privatized, then shut down, and eventually replaced by a cultural center constructed as part of an urban prestige project. This transformation clearly reflected a shift in municipal priorities. This study aims to examine the social, cultural, and economic impacts of the gradual decline in the significance of Sazcılar spring water on Fatsa.

Keywords: Municipality of Fatsa, Bottling Facility of Sazcılar Spring Water, Sudere Village.

GİRİŞ

Erken Cumhuriyet dönemi kaynaklarına göre, Fatsa'nın içme suyu ihtiyacını karşılayan en önemli kaynak, şehir merkezine oldukça yakın konumda bulunan Sudere köyü sınırları içerisindeki Sazcılar memba suyuydu. Bölgeden geçen Bolaman ve Elekçi dereleri, debi bakımından önemli akarsular olmalarına rağmen su kalitesi ve hijyen koşulları açısından içme suyu olarak kullanıma elverişli değildi. Bu nedenle kasaba merkezinde sürekli ve güvenilir içme suyu temininde ciddi sıkıntılar yaşanmaktaydı. Bu yetersizlik, halkın günlük yaşamını doğrudan etkilemekteydi.

Kasaba sakinleri, ihtiyaç duydukları içilebilir suyu çoğu zaman Sazcılar gibi sınırlı sayıdaki temiz kaynaklardan temin etmek zorunda kalıyor; bu ise hem zaman hem de emek açısından önemli bir yük oluşturuyordu. Özellikle yaz aylarında artan su ihtiyacı, mevcut kaynaklar üzerindeki baskıyı daha da artırıyor ve zaman zaman toplumsal gerilimlere yol açıyordu. Bu durum, Fatsa'da erken dönemden itibaren içme suyu meselesinin yalnızca teknik bir altyapı sorunu olmadığını ve aynı zamanda sosyal ve ekonomik boyutları olan önemli bir yerel mesele haline geldiğini açıkça gösteriyordu (Güvenkaya, 1960: 7).

Fatsa'da yaşanan içme suyu sıkıntısının iki temel nedeni vardı: doğal koşullar ile dönemin altyapı, mühendislik ve kamu yatırımlarındaki yetersizlikler. Fatsa'da belediye başkanlığı yapmış olan A. Cevat Güvenkaya'ya göre, 1970'lere kadar Fatsa, su kaynaklarına yakın olmasına rağmen içilebilir su açısından yetersizdi. Fatsa eşrafından eczacı Fehmi Akar da aynı görüşü paylaşmaktaydı (Güvenkaya, 1960: 7). Akar'a göre bu sular yalnızca içilemez nitelikte olmakla kalmıyor, aynı zamanda birçok salgın hastalığın da kaynağını oluşturuyordu. Dolayısıyla Fatsa'da içilebilir su temini açısından Sazcılar memba suyunun kente taşınması temel çözüm yollarından biri olarak görülmekteydi (Akar, 2019).

6 Kasım 1967 tarihli resmî belgeden anlaşıldığı üzere, Ünye ve Fatsa'daki tüm taban araziler TBMM tarafından yeraltı suyu işletme sahası olarak tescil edilmiştir. Diğer yerlerde olduğu gibi, söz konusu arazilerdeki yeraltı sularının kullanımı belirli bir çerçeveye bağlanmıştır (Cumhurbaşkanlığı Cumhuriyet Arşivi, 6 Kasım 1967: ACA, 30-18-1-2, 212, 80, 10). Nitekim Ordu Çevre ve Şehircilik İl Müdürlüğü'nün 2014 yılı faaliyet raporuna göre, il sınırları içerisinde içme suyu niteliği taşıyan ve bölgesel ölçekte öne çıkan iki temel memba kaynağı bulunmaktaydı. Bu kaynaklardan biri, Ünye ilçesi sınırlarında yer alan ve yerel halk tarafından Çataltepe memba suyu olarak bilinen doğal su kaynağıdır. Diğeri ise Fatsa ilçe merkezine oldukça yakın bir konumda bulunan Sazcılar memba suyudur (Ordu Çevre ve Şehircilik İl Müdürlüğü, 2015: 42). Belirtildiği üzere, su temininin sınırlı olması ilerleyen yıllarda Fatsa

çevresinde yeraltı suyu araştırmalarının yapılmasına ve su altyapısı yatırımlarının başlatılmasına zemin hazırlamıştır. Nitekim bu çalışmada, söz konusu altyapı faaliyetleri üzerinden Fatsa özelinde bir değerlendirme yapılacaktır (Özcan, 2024: 58).

A. SAZCILAR MEMBA SUYUNUN TESİSLEŞMESİ

1. İnşa Sürecinin Uzaması

a. Siyasi ve Bürokratik Sebepler

Fatsa Belediye Başkanlığı yaptığı dönemde Ali Rıza Dizdaroğlu, Sazcılar memba suyunun tesisleştirilmesi konusunda oldukça istekliydi. Bu kapsamda, su kaynağının belediye tarafından işletmeye dönüştürülmesi amacıyla öncelikli olarak memba suyunun Fatsa ilçe merkezine nakledilmesine yönelik çalışmalar başlattı. 1973 yılında uygulamaya konulan projenin ilk etabı, suyun Sudere Köyü'nden başlayarak Garajlar mevkiine kadar uzanan isale hattı aracılığıyla ilçe merkezine taşınması şeklinde planlandı (Güneş Gazetesi, 21 Mart 1973: 1). Fatsa halkının bu projeye yönelik beklentileri oldukça yüksekti. Fatsa halkı, söz konusu memba suyunun evlere de bağlanmasını ümit etmekteydi (Güneş Gazetesi, 24 Ocak 1975: 2).



Görsel 1: Sazcılar Memba Suyunun Bulunduğu Kaynağı Gösteren Kroki: Sudere

1973 yılı baharının başlarında Başkan Dizdaroğlu, yürütülmekte olan proje hakkında hedefler ve bütçe konusunda kamuoyunu Güneş gazetesi aracılığıyla bilgilendirdi ve projenin nihai amacının Sazcılar memba suyunun bir tesiste işlenerek şişelenmesi olduğunu belirtti. Bu doğrultuda, toplam maliyeti 6,5 milyon lira olarak tahmin edilen projenin 1975 yılı itibarıyla tamamlanması planlandı (Güneş Gazetesi, 28 Mart 1973: 1) ve ihale işlemleri İller Bankası tarafından başlatıldı. Tesis yeri ise Elekçi Deresi'nin doğu tarafında, asfalt yol kenarında bulunan bir fındık bahçesi olarak belirlendi (Güneş Gazetesi, 27 Nisan 1974: 1).

10 Mart 1975'te Belediye Başkanlığı görevini devralan Yener Topaloğlu, göreve başlar başlamaz Sazcılar Memba Suyu Şişeleme Tesisi için gerekli olan birçok makine ve malzemenin teminini sağladı. Ardından projede gelinen aşamayı değerlendirmek ve sürece ilişkin nihai bir rapor hazırlamak üzere bir heyet oluşturdu. Heyet; Dr. Muhlis Arıkan, Dr. Osman Mutlu, Bakteriyolog Şerafettin Özyazıcı, İnşaat Mühendisi Aydın Nohut, Hidrojeolog Ali İper, Kimya Mühendisi Metin Çetinkaya ve Belediye Başkan Vekili Ayhan Tandoğdu gibi isimlerden oluştu (Güneş Gazetesi, 31 Ocak 1975: 3).

1975 yılı Mayıs ayı başlarında Başkan Topaloğlu, kamuoyuna birkaç gün içerisinde şişeleme tesislerinin inşaatına başlanacağını duyurdu (Güneş Gazetesi, 9 Mayıs 1975: 1). Ancak Haziran ayında gerçekleştirilen Belediye Meclisi toplantısında yaptığı "*En geç bir ay içerisinde Sazcılar memba suyu şişeleme tesisinin ihaleye çıkarılacağı*" yönündeki açıklama, süreçte henüz somut bir ilerleme kaydedilemediğini gösterdi (Güneş Gazetesi, 20 Haziran 1975: 2). Nitekim Ağustos ayında Ankara ziyaretinden dönüşünde yaptığı "Şişeleme tesisi konusunda karşılaştığımız bütün aksaklıklar giderildi. Başlanmasının dışında tesisin inşası ile ilgili bir sorun kalmadı." şeklindeki açıklama, sürecin işleyişine dair eleştiriye açık yönleri ortaya koydu (Güneş Gazetesi, 8 Ağustos 1975: 2).

Gazeteci Sıtkı Pazarbaşı'nın eleştirileri ve belediye meclisi toplantılarında yapılan tartışmalar, projenin başlangıcında kamuoyuyla paylaşılan bilgiler ile gelinen aşama arasında belirgin bir tutarsızlık bulunduğunu açıkça ortaya koydu (Güneş Gazetesi, 23 Mayıs 1975: 1; Güneş Gazetesi, 9 Mayıs 1975: 2). Buna rağmen gazeteci Hikmet Altıntaş'ın bir köşe yazısında 1975 yılını "altın yıl" olarak nitelendirmesi ve bu değerlendirmede Sazcılar memba suyuna özel bir vurgu yapması, dönemin siyasal ve toplumsal atmosferinde iyimser bir algı oluşturma çabası olarak değerlendirilebilir (Güneş Gazetesi, 11 Temmuz 1975: 1). Nitekim Başkan Topaloğlu'nun "Birkaç yıl sonra Fatsa, Doğu Karadeniz'in en modern şehri olacaktır." şeklindeki açıklaması da benzer bir yaklaşımın yansıması oldu (Güneş Gazetesi, 15 Ekim 1976: 3-6). Ancak izleyen üç yıl içinde kayda değer bir gelişme sağlanamadı. Nitekim Güneş gazetesinin 1 Temmuz 1977 tarihli sayısında Sazcılar Memba Suyu Şişeleme Tesisi'nin Ağustos ayı ortalarında faaliyete geçirileceği bildirildi. "27 Aylık İcraat Dönemi" başlığı altında yer alan "Yapımları devam etmekte olan belediye iş hanı, şişeleme tesisleri ve otobüs terminali inşaatları süratle ilerlemektedir. Bunlardan şişeleme tesisleri ağustos ayı başlarında hizmete girecektir…" şeklindeki beyana rağmen, 1978 yılı sonlarına gelindiğinde tesisin hâlâ faaliyete geçirilemediği anlaşıldı (Güneş Gazetesi, 11 Temmuz 1977: 4; Güneş Gazetesi, 13 Ocak 1978: 4).

Kaynağından isale hattı ile getirilen Sazcılar memba suyu, kapasitesi 60 ton olan ve iç yüzeyi tamamen seramikle kaplı hijyenik bir toplama havuzunda biriktirildi. Bu havuzda toplanan su, modern arıtma sistemlerinden geçirilerek ultraviyole filtreleme teknolojisiyle mikrobiyolojik açıdan güvenli hâle getirildi. Arıtılan memba suyu, 70°C sıcaklıkta yıkandıktan sonra 24 cm uzunluğundaki cam şişelere otomatik dolum sistemleriyle dolduruldu ve kapsüllenerek kasalar içerisinde satışa sunuldu (Mollaoğlu ve Ateşli, 2000: 15-16).

b. Hukuki Sürece Dayalı Gecikmeler: İstimlak Sorunu

Sazcılar Memba Suyu Şişeleme Tesisi ve garaj alanı için gerçekleştirilen istimlak işlemine arazi sahibi Sami Yücel itiraz etti. Yapılan yargılama sonucunda mahkeme Yücel'i haklı buldu ve masraflarla birlikte kendisine 3 milyon lira ek ödeme yapılmasına karar verdi. Ancak bu meblağı karşılayacak mali imkânı bulunmayan belediyenin bankadaki 350.000 lirasına haciz konuldu. Ayrıca söz konusu tutarın karşılanabilmesi için belediye, İller Bankası'ndan ek kredi de temin edemedi. Bu durum, tesisle ilgili sürecin uzamasına neden oldu (Güneş Gazetesi, 14 Temmuz 1978: 2).

2. Tesisin Açılışı

Fatsa Sazcılar Memba Suyu Tesisleri, uzun ve tartışmalı bir sürecin ardından 4 Ekim 1978 Çarşamba günü saat 14.00'te düzenlenen törenle hizmete açıldı. Açılış törenine Ordu Valisi Cafer Eroğlu, Fatsa Kaymakamı Ayhan Ergin, Fatsa Belediye Başkanı Nazmiye Komitoğlu, daire amirleri, çevre ilçelerin kaymakamları ve belediye başkanları ile yerel eşraftan bazıları katıldı. Davul ve zurna eşliğinde gerçekleştirilen törende, Vali Cafer Eroğlu'nun hayırlı olması temennisiyle kurdeleyi kesmesinin ardından protokol üyeleri şehir turu yaptı (Güneş Gazetesi, 6 Ekim 1978: 2).



Görsel 2: Sazcılar Memba Suyu Şişeleme Tesisi'nde Kullanılan Şişe Numunesi

Törenin ardından şehir dışından gelen misafirlere Liman Lokantası'nda yemek verildi. Yemekte söz alan Belediye Başkanı Nazmiye Komitoğlu, konuya ilişkin düşüncelerini şu şekilde ifade etti: "*Bugün yalnızca bir tesis açılışı gerçekleştirmedik. Bu nedenle söz konusu tesis, sadece ekonomik bir yatırım olarak görülmemelidir. Aynı zamanda Fatsa'yı ülkemizin dört bir yanında temsil edecek önemli bir fırsat olarak da değerlendirilmelidir*." (Güneş Gazetesi, 29 Eylül 1978: 1; Güneş Gazetesi, 6 Ekim 1978: 1). Ordu Sesi gazetesi yazarları da bu tesisin Fatsa'ya olduğu kadar bölgenin tanıtımına da katkı sağlayacağına ve bunun Ordu ili için önemli bir övünç kaynağı olacağına dikkat çekti (Güneş Gazetesi, 29 Ekim 1978: 1).

3. Tesisin Üretim Kapasitesi

Sazcılar Memba Suyu Şişeleme Tesisi'nin faaliyete geçtiği ilk dönemde günlük üretim kapasitesi yaklaşık 350 kasa su ile sınırlıydı. Oysa maliyet hesaplamalarına göre, amortisman giderleri de dikkate alındığında tesisin kârlı olabilmesi için günlük üretim ve satış miktarının en az 1.500 kasa olması gerekiyordu (Güneş Gazetesi, 3 Mart 1979: 4). Nitekim 1979 yılı belediye bütçesi görüşmeleri, tesisin işletme performansı açısından önemli bir dönüm noktası oldu. Mart ayı itibarıyla yapılan değerlendirmelerde, bu tesisin tam kapasiteyle çalışmadığı ve dolayısıyla beklenen kârlılığa ulaşamadığı ifade edildi. Bunun yanı sıra, kontrol amacıyla alınan su numunelerinin Hıfzıssıhha Enstitüsü tarafından olumlu raporlanmaması, üretimin bir süre durmasına yol açtı (Güneş Gazetesi, 23 Mart 1979: 4). Söz konusu durumun farkında olan belediye yetkilileri, üretim sürecindeki aksaklıkların giderilmesi ve gerekli izinlerin alınması için hızlı bir şekilde harekete geçti. Özellikle Hıfzıssıhha raporunun olumlu sonuçlanması amacıyla gerekli teknik ve hijyenik önlemler alındı ve tesisin üretim faaliyetlerine kısa süre içinde yeniden başlandı (Güneş Gazetesi, 23 Mart 1979: 4).

1988 yılının Temmuz ayı başlarında Fatsa ve çevresinde meydana gelen sel felaketi büyük bir tahribata yol açtı. Bu felakete bağlı olarak Sazcılar Memba Suyu Şişeleme Tesisi'ne su taşıyan boru hattının yaklaşık 3 km'lik bölümü kullanılamaz hâle geldi. Hat onarılıp eski hâline getirilene kadar belediye, Sazcılar suyunu geçici boru hatları aracılığıyla temin ederek abonelerin mağduriyetini önlemeye çalıştı. Ancak selin, Fatsa genelinde yarattığı geniş çaplı

yıkım nedeniyle bu planlamalarda gecikmeler yaşandı; tesise yeterli düzeyde su girişi sağlanamadı ve bu nedenle üretim birkaç hafta süreyle durduruldu (Güneş Gazetesi, 8 Temmuz 1988: 1).

2000 yılı itibarıyla belediye iştiraki olarak yeniden yapılandırılan ve modernize edilen Sazcılar Memba Suyu Şişeleme Tesisi, saatte 30 cl hacminde 10.000 adet şişe dolum kapasitesine ulaştı. Bu üretim kapasitesi, tesisin küçük ölçekli bir endüstriyel üretim düzeyine eriştiğini göstermektedir. Netice olarak tesis, Ünye Çataltepe ve Niksar Ayvaz şişe suyu tesisleri ile rekabet edebilecek seviyeyi yakalamıştır (Mollaoğlu ve Ateşli, 2000: 15-16).

B. TESİSLERDE YÜRÜTÜLEN FAALİYETLER

1. İşletme Konusundaki Tartışmaların Sonlandırılması

13 Ocak 1978 tarihli Güneş gazetesinde yayımlanan bir habere göre, o dönemde Sazcılar memba suyuna yönelik talep oldukça yüksekti. Tesisin şişeleme ünitesi henüz faaliyete geçmemiş olmasına rağmen, Sazcılar Memba Suyu adına bayilikler için taleplerin gelmeye başlaması, ürünün markalaşma sürecine ilişkin toplumsal beklentiyi ve pazar potansiyelini açıkça ortaya koymaktaydı (Güneş Gazetesi, 13 Ocak 1978: 4). Buna karşın, henüz faaliyete geçmemiş olmasına rağmen tesisin işletme modeli Fatsa Belediye Meclisi'nde yoğun tartışmalara konu oldu. Belediye Bütçe Komisyonu ve meclis üyeleri bu konuda günler süren müzakereler yürüttü ve iki temel yaklaşım etrafında görüş ayrılığı yaşadı. Meclis üyelerinin bir bölümü, diğer belediyelerdeki uygulamaları örnek göstererek tesisin doğrudan Fatsa Belediyesi tarafından işletilmesinin, kamu hizmetlerinin belediye eliyle yürütülmesi açısından daha uygun olacağını savundu. Buna karşılık diğer grup, belediyenin sınırlı mali ve idari kapasitesini dikkate alarak en rasyonel çözümün tesisin ihale yoluyla özel sektöre ya da bayilik sistemi aracılığıyla işletilmesi olduğunu ileri sürdü (Güneş Gazetesi, 17 Şubat 1978: 1).

Fatsa Belediye Meclisi'nde tesisin işletme modeline dair yaklaşık iki hafta süren tartışmalar arasında satış ve pazarlama stratejisine yönelik bir öneri de Fatsalı bazı kanaat önderlerinden geldi. Bu öneri, Niksar Belediyesi'nin Niksar Ayvaz Suyu markasıyla ürettiği şişe sularını Arap ülkelerine ihraç etmesine benzer şekilde, ihracat odaklı bir pazarlama stratejisinin Fatsa Belediyesi tarafından da benimsenmesi yönündeydi. Ancak yapılan değerlendirmeler sonucunda, tesisin öncelikle Fatsa ve çevresine, özellikle de mücavir alana hizmet verecek şekilde yapılandırılması yönünde ortak bir karar alınarak tartışmalar sonlandırıldı (Güneş Gazetesi, 13 Ocak 1978: 4).

2. Tesisin Pazarlama Stratejisini Belirleyen Unsurlar

a. Ünye Çataltepe Memba Suyu Örneği

Doğal içilebilirlik özelliğiyle öne çıkan ve bölge halkı tarafından yaygın biçimde tüketilen Sazcılar memba suyunun kalitesi yalnızca Fatsa ile sınırlı kalmadı. Nitekim haftanın belirli günlerinde çevre il ve ilçelerdeki lokanta, restoran ve diğer ticari işletmelere de düzenli olarak taşındı (Akar, 14 Nisan 2019). Ancak bu potansiyele rağmen, Sazcılar memba suyunun modern bir şişeleme tesisine dönüştürülememesi, yerel üretimin ulusal ölçekte markalaşmasının önünde önemli bir engel oluşturdu (Güneş Gazetesi, 29 Haziran 1971: 1). Buna karşılık, aynı dönemde Ünye Belediyesi'nin daha kurumsal bir yaklaşımla Çataltepe memba suyunu bir markaya dönüştürmesi, Fatsa'daki yerel yöneticilerin de dikkatini çekti. Nitekim Ünye Belediye Başkanı Mithat Kısacıkoğlu'nun öncülüğünde, ilçeye bağlı Çataltepe mevkiinde bulunan su kaynağı modern şişeleme ve pazarlama teknikleriyle Türkiye içme suyu pazarına sunuldu (Güneş Gazetesi, 2 Ekim 1972: 2).

Kısacıkoğlu'nun "*Çataltepe suyunu Türkiye deyince evvela Ünye'yi akla getirecek duruma sokacağım. Böylece Ünye imparatorluk olacak, ben de imparator*." şeklindeki ifadeleri, doğal

kaynakların birer prestij unsuru ve ekonomik kalkınma aracı olarak nasıl algılandığını açıkça göstermektedir (Güneş Gazetesi, 28 Eylül 1971: 3). Buna karşılık Fatsa'da, Sazcılar suyu gibi nitelikli bir kaynağın yeterince değerlendirilememesi dikkat çekmektedir. Söz konusu kaynak eş zamanlı olarak ticari anlamda geliştirilemediği gibi hijyenik ve sürdürülebilir bir içme suyu sistemine de dönüştürülemedi. "*Bu suyu kendimize yeterli olacak sıhhi şekle dahi getirmekten aciziz*." ifadesi, Fatsa kamuoyunda oluşan hayal kırıklığını ve yetersizlik algısını açık biçimde yansıtmaktadır (Güneş Gazetesi, 13 Ekim 1971: 1).

Ünye Belediye Başkanı Mithat Kısacıkoğlu'nun liderliğinde başlatılan teknik incelemeler ve maliyet analizleri, doğal kaynak yönetiminin yalnızca kamu hizmeti üretimiyle sınırlı olmadığını, aynı zamanda ekonomik değer yaratma potansiyeli açısından da ele alındığını göstermektedir. Buna karşılık Fatsa'da benzer bir yönetsel motivasyonun yeterince gelişmemesi, yerel yönetim anlayışındaki durağanlığı ortaya koymaktadır. Fatsa eşrafı tarafından dile getirilen "*Bu sular böyle akacak, yetkililer de öylece Ayvaz'a alık alık bakacaklar*." şeklindeki ifade hem bir memnuniyetsizlik göstergesi hem de idari zafiyetin ve ataletin halk nezdindeki yansıması olarak da değerlendirilmelidir. Nitekim Fatsa ve Ünye örnekleri, aynı coğrafi bölgede yer almalarına rağmen doğal kaynaklara yönelik yerel politika üretimi ve uygulama bakımından belirgin farklılıklar ortaya koymaktadır. Bu farklılıklar yalnızca maddi kaynaklar veya teknik kapasiteyle açıklanamaz; yerel yöneticilerin vizyonu, kamuoyu beklentileri ve yönetişim anlayışı da belirleyici unsurlar arasında yer almaktadır (Güneş Gazetesi, 16 Kasım 1971: 2; 5 Ekim 1971: 1).

Ünye'nin hızlı yükselişi, zamanla Fatsa'daki yerel dinamikleri de harekete geçirdi. Sazcılar memba suyunun bir belediye iştirakine dönüştürülerek ticarileştirilmesine yönelik altyapı arayışları Fatsas'da hız kazandı. 1972 yılı sonlarında Ünye Belediyesi'nin Çataltepe memba suyu için 7,5 milyon lira bütçe ayırması, Fatsa'da "*Demek ki kazanıyorlar ki bu kadar bütçeyi ayırabiliyorlar*." şeklinde bir algının oluşmasına yol açtı ve bu durum Fatsalıların Sazcılar Memba Suyu Şişeleme Tesisi'ne olan ilgisini daha da artırdı (Güneş Gazetesi, 28 Şubat 1973: 4). Dolayısıyla 1978 yılında Fatsa Belediyesi önemli bir adım atarak Sazcılar köyünde bulunan doğal memba suyunu belediyeye ait bir işletme bünyesinde değerlendirmek için işlemlerini başlattı. Uzun süre kamuoyunda âtıl kaldığı yönünde eleştirilen bu su kaynağının kurumsal bir yapıya kavuşturulması, yerel kalkınma açısından önemli bir gelişme olarak görüldü ve Fatsa halkı tarafından memnuniyetle karşılandı (Gümüşlü, 4 Eylül 2024).

b. Bayilikler

Sazcılar memba suyunun pazarlama stratejisi başlangıçta sistematik bir biçimde kurgulandı; ürünün yalnızca Fatsa sınırları içerisinde yer alan lokanta, restoran, park ve otellere dağıtılması öngörüldü. Ancak kısa süre içinde dağıtım araçlarının işletmeye dâhil edilmesi, personel ihtiyacının artması ve talebin yükselmesi, dağıtım ağının giderek genişlemesine yol açtı. Bu gelişmeler belediye yönetimini zorlamakla birlikte, tesisin faaliyete geçmesinden yalnızca birkaç ay sonra şehir merkezinde bir bayilik verilmesini gerekli kıldı. Ancak bir süre sonra bu bayilik uygulamasından da vazgeçildi. Söz konusu gelişme, dönemin basınında da yankı buldu ve Güneş gazetesinde "*Belediyemiz kendi suyunu kendi satacak*!" başlığıyla kamuoyuna aktarıldı (Güneş Gazetesi, 28 Aralık 1979: 1).

Belediye başkanlığı döneminin ilk yılında Fikri Sönmez, 4 Haziran 1980 tarihinde yaptığı belediye meclisi açılış konuşmasında, "*Şişeleme tesislerine artık yeni bir düzen getirdik. Fatsa bayiliğini iptal ettik. Kasabamızdaki işi belediye olarak biz yapıyoruz*." ifadeleriyle belediyenin süreçte doğrudan işletmeci rol üstlenme kararlılığını açık biçimde ortaya koydu (Güneş Gazetesi, 6 Haziran 1980: 4). Bu yaklaşım, Fatsa Belediyesi'nin yalnızca üretim aşamasında değil, aynı zamanda pazarlama ve satış süreçlerinde de aktif rol alma iradesini göstermesi bakımından dikkat çekiciydi.

Yerel yöneticiler, belediyenin üretimden pazarlamaya ve dağıtıma kadar tüm süreçleri tek başına koordine edebilmesi amacıyla farklı çözüm yolları aradı. Bu kapsamda başlangıçta araç kiralama yöntemi gündeme geldi; ancak kira bedelinin belediye bütçesi üzerinde oluşturacağı yük nedeniyle bu seçenekten vazgeçildi. Bunun yerine dağıtım faaliyetleri için bir kamyonet satın alındı. Ancak bütçe yetersizliği nedeniyle kamyonetin kasasının temin edilememesi, dağıtım faaliyetlerinin bir süre istenen düzeyde yürütülememesine neden oldu (Güneş Gazetesi, 28 Aralık 1979: 1). Tüm bu sınırlılıklara rağmen, kamyonetin temin edilmesiyle birlikte belediye yönetimi Sazcılar memba suyunun uzun vadede kârlı bir işletmeye dönüşeceği ve belediye bütçesine önemli katkı sağlayacağı yönünde iyimser bir beklenti taşıdı (Güneş Gazetesi, 28 Aralık 1979: 1). Başkan Sönmez'in 4 Haziran 1980'de yaptığı bir basın açıklamasında, Sazcılar Memba Suyu Tesisleri'nden piyasaya sunulan suların belediyeye ait araçlarla taşındığını belirtmesi, nakliye ve lojistik süreçlerde kaydedilen ilerlemeyi göstermesi bakımından önemlidir. Bu durum, belediyenin üretimden dağıtıma kadar uzanan süreci kurumsallaştırma yönünde adımlar attığını ortaya koymaktaydı (Güneş Gazetesi, 6 Haziran 1980: 1).

1980 yılının Ağustos ayı başlarından itibaren Sazcılar memba suyunun şehir içindeki ev ve iş yerlerine belediye kamyonetiyle dağıtımı, çalışanların can güvenliği endişelerini gerekçe göstererek hizmeti durdurmaları sonucunda sekteye uğradı. Fatsa'nın bu dönemde ülke genelindeki siyasal gerilimlerin ve 12 Eylül öncesi yoğun kutuplaşmanın en görünür biçimde yaşandığı yerlerden biri olması, söz konusu endişelerin yalnızca iş güvenliğiyle sınırlı kalmadığını, aynı zamanda dönemin politik atmosferiyle de ilişkili olduğunu gösterdi. Nitekim belediye yatırımlarına ve harcanan emeğe rağmen tesisin sürdürülebilir biçimde işletilememesi hem yerel yönetimin kapasitesine hem de siyasi koşulların ekonomik faaliyetler üzerindeki etkisine ilişkin eleştirileri beraberinde getirdi (Güneş Gazetesi, 22 Ağustos 1980: 1).

1981 yılının Nisan ayı itibarıyla, Fatsa Sazcılar memba suyunun bayiliği ihale yoluyla Gündüzler Kolektif Şirketi'ne devredildi ve belediye doğrudan işletmecilik faaliyetlerinden çekildi. Bu durum, belediyenin üretim ve dağıtım süreçlerini tek başına yürütme girişiminin sürdürülebilirlik açısından sınırlı kaldığını gösterdi; aynı zamanda yerel yönetimin ekonomik faaliyetlerde özel sektörle iş birliği arayışına yöneldiğini ortaya koydu. Bununla birlikte, söz konusu süreç değişikliği belediye yetkililerinin özellikle merkez bayiliği konusunda uygulama ve strateji geliştirme aşamasında belirli bir kararsızlık yaşadığını da gösterdi (Güneş Gazetesi, 3 Nisan 1981: 1).

Fatsa Sazcılar Memba Suyu Tesisleri'nde üretilen ve şişelenerek kasalara aktarılan suların dağıtımı, zamanla Orta ve Doğu Karadeniz'in yanı sıra Akdeniz Bölgesi'ne kadar genişletilmeye çalışıldı. Böylece Sazcılar Memba Suyu, bölgesel pazarda dolaşıma giren ve markalaşma sürecine adım atan bir içecek ürünü konumuna geldi (Mollaoğlu ve Ateşli, 2000: 15-16). Fatsa'daki söz konusu memba suyuna dayalı ticari faaliyetin sürdürülebilirliğini sağlamak ve hızlı hizmet sunmak amacıyla bölge bayilikleri verildi; böylece ürünün düzenli ve yaygın bir dağıtım ağına kavuşması hedeflendi. Nitekim Güneş gazetesinin 8 Haziran 1979 tarihli nüshasında yer alan bilgilere göre, Samsun-Çorum bölgesi bayiliği Kaynaroğlu Kardeşler adlı işletmeye verildi. Söz konusu işletmenin sahipleri, Güneş gazetesi aracılığıyla pazarlama faaliyetlerinde desteklerini gördükleri Muharrem Çebi, Korkmaz Çebi ve Şener Aras'ın yanı sıra Öz Fatsalılar ve Demirkol otobüs işletmeleri sahiplerine teşekkürlerini ilettiler (Güneş Gazetesi, 8 Haziran 1979: 1).

1980 yılı başları itibarıyla Sazcılar Memba Suyu Şişeleme Tesisi'nin Tokat–Amasya bölgesi bayiliği, Kalenderoğlu Kardeşler adlı yerel bir işletmeye verildi. Bu bayilik kapsamında işletmeye, düzenli olarak haftada bir, Çarşamba günleri su sevkiyatı yapıldı. Söz konusu uygulama, ürünün bölgesel ölçekte istikrarlı bir dağıtım ağına kavuşmasını sağladığı gibi

markanın yerel pazarda süreklilik kazanmasına da önemli ölçüde katkıda bulundu (Güneş Gazetesi, 4 Ocak 1980: 1).

c. Kamuoyu Baskısı

24 Eylül 1982 tarihli Güneş Gazetesi'nde yayımlanan "*Ünye Çataltepe Suyu Kapışılırken Fatsa Sazcılar Suyu Neden Satılamaz?*" başlıklı yazı, Sazcılar Memba Suyu Tesisleri'nin kuruluşundan yaklaşık üç yıl sonraki durumunu yansıtması bakımından dikkate değerdir. Yazıda, satış ve pazarlama sürecinde yaşanan sorunlara işaret edilerek çözüm merciinin belediye olduğu vurgulanmaktaydı (Güneş Gazetesi, 24 Eylül 1982: 3). Ancak bu yaklaşım, belirli ölçüde bir çelişkiyi de barındırmaktaydı. Zira, suyun sevk ve idaresinde belediye zaten önemli ölçüde rol almakta iken yaşanan sorunların çözümü için yeniden belediyenin işaret edilmesi, yönetimsel sorumluluğun doğru bir şekilde konumlandırılamadığını göstermektedir. Belediye bütçe görüşmelerinde tesisin sürekli zarar ettiği şekilde gündeme getirilmesi işletme ve pazarlama konusunda ciddi sorunlar olduğuna işaret etmektedir (Kına, 7 Kasım 2022).

d. Lojistik Destek

Sazcılar Memba Suyu Şişeleme Tesisi'nin üretim sürecindeki en temel girdisi cam su şişeleriydi. Ancak şişe temininde yaşanan düzensizlikler, tesisin sürdürülebilir üretim kapasitesini zaman zaman sekteye uğrattı. Nitekim 1985 yılına gelindiğinde dahi bu konuda yaşanan sorunların devam etmesi, tesisin kuruluşundan yıllar geçmesine rağmen üretim sürecinde yapısal bir istikrarsızlığın sürdüğünü gösterdi (Türe, 05 Nisan 2021; Kına, 7 Kasım 2022). Bu durum, iktisadi açıdan iki temel hususa işaret etti: Üretim faktörlerinin sürekliliğini sağlayacak etkin bir arz zinciri yönetiminin eksikliği ve pazarlama stratejisindeki yetersizliklerin lojistik altyapıdaki zayıflıklarla birleşerek tesisin ölçek ekonomilerinden tam anlamıyla yararlanmasını engellemesi (Güneş Gazetesi, 24 Mayıs 1985: 2). Bu bağlamda, dönemin Güneş gazetesinde yer alan "*Bu bir pazarlama ve planlama hatasıdır. Evvela yığınak, sonra taarruz gelir. Şişe olmadan su mu verilir?*" şeklindeki değerlendirme, tesisin planlama ve uygulama süreçlerindeki eksikliklere yönelik eleştirel bir bakışı yansıtmaktaydı (Güneş Gazetesi, 24 Mayıs 1985: 2).

Sazcılar Memba Suyu'nun Havza'daki temsilciliğini üstlenen Boğaziçi Dinlenme Tesisleri A.Ş.'nin lokantalarında ürünün yok denecek kadar az bulunması, Fatsa eşrafı tarafından dikkat çekici bir durum olarak değerlendirildi. Şirket yetkililerinden alınan bilgilere göre bu durumun temel nedeni, şişe yetersizliği sebebiyle belediyenin Havza'ya düzenli su sevkiyatı gerçekleştirememesiydi. Bu bağlamda, bazı Fatsalıların Güneş gazetesi aracılığıyla dile getirdikleri eleştiriler iki noktada yoğunlaştı: Fatsa'ya ait otobüs şirketlerinin, Sazcılar memba suyunun satılmadığı veya bulunmadığı bir tesiste neden mola verdikleri meselesi ve şişe yetersizliği nedeniyle Havza'daki dinlenme tesislerine su gönderilememesinin sorumluluğunu üstlenmesi gereken kişi veya kurumların hesap verip vermedikleri meselesi (Güneş Gazetesi, 10 Mayıs 1985: 2).

İlerleyen dönemlerde, Fatsa Özlem Otobüs İşletmesi yetkililerine yönelik Güneş gazetesi aracılığıyla dikkat çekici bir çağrı yapıldı. Söz konusu çağrıda, ticari rasyonaliteye uygun olup olmamasından bağımsız olarak, işletme şoförlerinin mola verecekleri mekânların seçiminde Sazcılar memba suyunun satışa sunulup sunulmadığının esas alınması gerektiği vurgulandı. Bu doğrultuda dile getirilen görüş, "*Sazcılar suyunun bulunduğu lokantalarda mola verilmesi, bulunmadığı mekânlarda ise durulmaması*" şeklinde ifade edildi. Nitekim bu düşünce Fatsa'da kısa sürede yaygın bir kanaate dönüştü (Güneş Gazetesi, 22 Mart 1985: 5).

Tesisin pazarlama sürecinde ihtiyaç duyduğu en önemli unsurlardan biri kasalardı. Su şişelerinin nakliyesi sırasında kullanılan kasalar, üretimden tüketiciye ulaşım aşamasında şişelerin güvenliğini sağlamada kritik bir rol oynuyordu. Bu nedenle kasaların hafif, dayanıklı

ve kolay taşınabilir olmasına özellikle dikkat edildi. İlk aşamada ahşap olarak üretilen kasalar, zamanla yerini plastik kasalara bıraktı. Söz konusu tesiste kullanılan kasalar başlangıçta Fatsa'da belediyenin anlaşmalı olduğu bazı marangozlar tarafından üretildi (Türe, 05 Nisan 2021). Ancak su dağıtımının farklı ilçe ve illere doğru genişlemesi, kasa tedarik sürecinin daha düzenli ve sistematik bir yapıya kavuşturulmasını zorunlu hâle getirdi. Bu nedenle belediye yetkilileri, nakliye kasası ihtiyacını karşılamak amacıyla Çarşamba ve Terme'deki atölyelere yöneldi. Ayrıca Ordu Cezaevi'nde bulunan tutukluların ve ÇAMSAN'ın da paydaş olduğu bir proje kapsamında yeni tip kasalar üretilmeye başlandı. Bu kasalar hem görünüm hem de dayanıklılık açısından daha kaliteli bulunarak bir süre boyunca ihtiyacı karşılayacak şekilde üretildi. (Güneş Gazetesi, 28 Ocak 1983: 1).

1983 yılı ortalarında, kasa yetersizliği gerekçe gösterilerek tesislerde üretim bir süre yavaşladı. Fatsa kamuoyunda bu durum kabul edilemez bulundu ve dönemin gazetelerinde tesis işleyişi sert biçimde eleştirildi. Söz konusu eleştirilerden birinde şu ifadeler yer aldı: "*Bu durumu bir de kasaları kırık ve kullanılamaz diyerek evlerinde yakanlara sormak gerekir. Peki bunlar kırılan ve kullanılamaz hâle gelen kasaların yerine yenilerinin konulması gerektiğini hiç bilmezler mi? Bilirler elbette bilirler. Ancak onlar başka niyetler peşindeler. Bir de halkın bu durumu fark edemeyeceğini sanırlar. Yazık, hem de çok yazık!*" (Güneş Gazetesi, 12 Ocak 1983: 2).

e. Dinlenme Tesisleri ve Servis Lokantalarının Yaklaşımları

Fatsa Sazcılar Memba Suyu'nun pazarlama açısından en önemli ulaşım noktaları dinlenme tesisleri ve servis lokantaları oldu. Asım Ertepe'nin kaptanlığını yaptığı 52 AU 151 plakalı otobüsle Fatsa'dan Ankara'ya seyahat eden bir yolcu, Merzifon'daki bir dinlenme tesisinde masalarda Sazcılar memba suyunun bulunmaması üzerine tesis yetkilisine sitemde bulundu. Bunun üzerine yetkili, Fatsa Sazcılar Memba Suyu Tesisleri'nin şişeleme bölümünde görevli personelin tutum ve davranışlarını eleştirerek, telefonlara çoğu zaman cevap verilmediğini; cevap verildiğinde ise siparişlerin zamanında ulaştırılmadığını ifade etti. Bu durumun doğal bir sonucu olarak tesiste Sazcılar suyuna erişimde aksaklıklar yaşandı ve işletme, alternatif olarak Niksar Ayvaz ile Ünye Çataltepe sularına yönelmek zorunda kaldı. Ayrıca dağıtım personelinin görevlerini yeterli ciddiyet ve sorumluluk bilinciyle yerine getirmediği yönünde de eleştiriler dile getirildi (Güneş Gazetesi, 21 Şubat 1986: 2). Personel konusunda yöneltilen eleştiriler üzerine Fatsa eşrafından bazı kişiler bir süre Sazcılar Memba Suyu Şişeleme Tesisi'ni gözlem altına aldı. Yapılan gözlemler sonucunda, dinlenme tesisi işletmelerinin iddialarının aksine, tesis çalışanlarının su talebinde bulunanlara zorluk çıkarmadıkları; hatta mesai saatleri dışında dahi hizmet sunmaktan kaçınmadıkları tespit edildi (Güneş Gazetesi, 12 Şubat 1986: 2).

18 Mart 1998 Cuma günü Ankara'dan Fatsa'ya hareket eden Fatsa Özler firmasına ait yolcu otobüsü, öğle yemeği molası için Sungurlu'daki Pınar Dinlenme Tesisleri'nde durdu. Tesisin lokanta bölümündeki masalarda farklı bir markaya ait su şişelerinin bulunduğunu gören Bolamanlı Mehmet Şahin, yetkiliyi çağırarak neden Fatsa Sazcılar memba suyunun servis edilmediğini sordu. Yetkiliden "*Ha Ünye suyu, ha Fatsa suyu, ne fark eder efendim*?" yanıtını alması üzerine lokantada bulunan 18 Fatsalı müşteri tepki olarak masadan kalktı; Mehmet Şahin ise grup adına şu karşılığı verdi: "*Biz de karşıdaki lokantaya gidiyoruz. Ha bu lokanta, ha o lokanta, ne fark eder*." (Güneş Gazetesi, 25 Mart 1988: 6).

f. Fiyat Politikası

Bir işletmenin fiyat politikası, gelir düzeyini, rekabet gücünü ve müşteri algısını belirleyen temel unsurlardan biri oldu. Doğru fiyatlandırma, maliyetlerin karşılanmasını, kâr elde edilmesini, talebin yönlendirilmesini ve işletmenin sürdürülebilirliğini sağladı. Bu bağlamda Sazcılar Memba Suyu Şişeleme Tesisi, hizmete başladığı tarihten itibaren tutarlı bir fiyat politikası geliştiremedi (Türe, 05 Nisan 2021). Mevsimsel koşullara, talep dalgalanmalarına ve

kurumsal anlaşmalara bağlı olarak fiyatlarda farklılıklar görüldü. Fiyatlandırmada standardın sağlanamaması, tesisin kurumsal kimliğinin zayıf kalmasına ve güvenilirlik konusunda zaman zaman sorunlar yaşanmasına neden oldu. Bu sebepledir ki; Ordu Sesi gazetesinin 9 Mart 1981 tarihli sayısında, Fatsa Sazcılar Memba Suyu Şişeleme Tesisi'nin fiyat politikası hakkında eleştirel bir haber yayımlandı ve Fatsa Belediyesi yetkilileri bu konuda daha dikkatli olmaları yönünde uyarıldı. Ayrıca Fatsa ve çevresi için önemli bir fırsat olan bu tesisin ilerleyen süreçte âtıl kalabileceği de hatırlatıldı (Güneş Gazetesi, 9 Mart 1981: 1).

Gerçekten de ilerleyen yıllarda bu değerlendirmelerin doğruluk payı daha açık biçimde görüldü. Sazcılar Memba Suyu Şişeleme Tesisi'nin merkez bayiliğini üstlenen Gündüzler Kolektif Şirketi, 1 Nisan 1981 tarihinden itibaren daha önce 90 lira olan bir kasa suyun satış fiyatını 80 liraya düşürdü ve piyasada bir satış sirkülasyonu oluşturmayı hedefledi (Güneş Gazetesi, 3 Nisan 1981: 2). Bu uygulama, bayiliğin piyasa dinamizmini canlandırma ve ürünün daha geniş bir tüketici kitlesine ulaşmasını sağlama yönünde stratejik bir girişim olarak değerlendirildi. Bununla birlikte fiyat indiriminin kısa vadede talep artışına katkı sağlama potansiyeli bulunsa da uzun vadede üretim maliyetleri ve kârlılık dengesi açısından sürdürülebilirliği tartışmalı bir durum ortaya çıkardı.

C. SAZCILAR MEMBA SUYU TESİSLERİNİN FATSA'NIN İKTİSADİ HAYATINA ETKİLERİ

1. Tesisin Halka Ücretsiz Su Hizmeti

a. Tesis Çeşmesinden Halka Arz

6 Ekim 1978 tarihli Güneş gazetesinde yer alan beyanatında dönemin Fatsa Belediye Başkanı Nazmiye Komitoğlu, Sazcılar Memba Suyu Şişeleme Tesisi'nin işleyişine dair önemli bazı değerlendirmelerde bulundu. Komitoğlu, Fatsa halkının tesisten su temininde herhangi bir engelle karşılaşmadığını ifade ederek diğer şehirlerdeki uygulamaları da yakından izlediklerini belirtti. Halkın sağlık koşulları ile birlikte çeşitli taleplerinin de gözetilmesi gerektiğini vurgulayan Komitoğlu, ilerleyen dönemde damacana sistemiyle dağıtıma geçilmesi hâlinde, bireysel kaplarla yapılan dolumlara sınırlama getirilebileceğini dile getirdi. Açıklamalarında özellikle ücretsiz su temininin belediye bütçesi üzerinde yarattığı mali yük üzerinde duran Komitoğlu, tesisin Fatsa'ya kazandırılması sürecinde belediyenin kayda değer miktarda harcama yaptığını hatırlattı. Bu maliyetlerin göz ardı edilmemesi gerektiğini ifade eden Komitoğlu, söz konusu su kaynağın tüketimi sırasında yapılan harcamaların en azından kısmen geri kazanılmasının belediye hizmetlerinin sürdürülebilirliği açısından zorunlu olduğuna dikkat çekti. Dolayısıyla söz konusu açıklamalar, ücretsiz kamu hizmetlerinin yalnızca sosyal fayda boyutuyla değil, aynı zamanda ekonomik sürdürülebilirlik ve yerel yönetimlerin mali özerkliği açısından da değerlendirilmesi gerektiğini gösterdi (Güneş Gazetesi, 6 Ekim 1978: 2).

Fatsa eşrafından Fahri Özcan'ın bu konudaki ifadeleri, Sazcılar memba suyunun halkın ihtiyaçlarına cevap verecek şekilde sunulmasının şehirde yarattığı memnuniyeti göstermesi açısından önemlidir. Özcan, süreci şu sözlerle anlattı: "*Sazcılar memba suyu, özellikle yaz aylarında bizim için vazgeçilmez bir imkân hâline geldi. Özellikle Ramazan aylarında, iftar öncesinde Sazcılar Memba Suyu Şişeleme Tesisleri'nin önü ana-baba günü olurdu. Üst üste ya da yan yana sıralanan bidonlar, termoslar, ibrikler ve güğümler adeta bir cümbüş alanı oluştururdu. Kimileri kahvehanelerde ara verdikleri sohbetleri çeşme başında sürdürürken, kimileri de sırasını beklerken yapılan tüm sohbetlere kulak misafiri olur, zaman zaman bu sohbetlere katılırdı. Sazcılar suyu zamanla bir içme suyu kaynağı olmanın ötesine geçti ve hatta Fatsa'da önemli bir sosyalleşme alanına dönüştü. Evlilikler, doğum ve ölüm haberleri, yeni açılan ve kapanan işyerleri, mahkeme sonuçları ve hatta siyasi dedikodular burada konuşulurdu. Bazı insanlar, sohbet ortamından kopmamak için sırasını başkalarına bile bırakırdı*." (Özcan, 16 Temmuz 2025).

b. Tankerlerle Mahallere Su Tevzisi

2000'li yılların başlarına kadar Fatsa Belediyesi, tankerlerle mahallelere taşıdığı Sazcılar memba suyunu halka ücretsiz olarak dağıttı. Ancak belediyeye ait memba suyu şişeleme tesisi yıkılarak yerine Fatsa Kültür Sarayı inşa edildi. Bu süreçte, yol kenarında yapılan bir çeşme aracılığıyla Fatsa halkının su ihtiyacının buradan karşılaması sağlandı. Ne var ki yapılan analizlerde, farklı su kaynaklarının karışması sonucu Sazcılar memba suyunun kirlendiği tespit edildi ve bunun üzerine söz konusu çeşme de hizmete kapatıldı. Buna rağmen belediye yetkilileri suyun yeniden kullanıma açılabilmesi için gerekli önlemleri almaya çalıştı ve kısmen de olsa bunda başarılı oldu (Demirel, 1 Temmuz 2008; Türe, 05 Nisan 2021).

2016 yılı itibarıyla Sazcılar memba suyu, Fatsa'nın çeşitli noktalarında halka sunulmaya devam etti. Yöre halkı tarafından özellikle şifa niyetiyle tüketilen bu suya ait şebeke hatları ve çeşmeler, OSKİ Fatsa Şube Müdürlüğü'ne bağlı teknik ekipler tarafından temizlendi ve yenilendi. 110 metre kotundan çıkan memba suyu, yaklaşık 2.000 metre uzunluğundaki hat üzerinden yeniden düzenlendi. İlçe merkezinde yer alan dört ayrı çeşmenin bakım, onarım ve temizlik çalışmaları tamamlandı. Çeşmelerin kurnaları, tarihi dokuya uygun Osmanlı motifli unsurlarla değiştirildi ve çalışma yapılan noktalara kurumsal tabelalar yerleştirildi. Ayrıca OSKİ laboratuvar denetim ekipleri, içme suyunu düzenli olarak kontrol etti; çeşmelerden alınan numuneleri mobil laboratuvar aracılığıyla analiz ederek suyun kalite değerlerini sürekli izledi (Özcan, 16 Temmuz 2025).

Fatsa Belediyesi'nin Sazcılar memba suyunu tankerlerle mahallelere kadar ulaştırarak sunduğu hizmet, halk arasında büyük bir memnuniyet yaratmaktaydı. Tankerlere yerleştirilen hoparlörlerden yapılan "*Sazcılar memba suyu*" anonsları, mahallelerde heyecan uyandırmaktaydı. Zira eline kap kacak alan mahalle sakinleri, tankeri kaçırmamak için adeta hızlı ve hareketli bir tempo içine girmekteydi. Dönemin Fatsa'nın sevilen simalarından Kemancı Emrecan Özcan bu durumu şu sözlerle anlatmaktadır: "*O zaman Dumlupınar Mahallesi'nde, okulun hemen arkasında, kütüphanenin yakınında oturuyorduk. Odamın penceresi, su tankerinin mahallemize geldiğinde durduğu noktaya bakıyordu. Tanker her zaman aynı saatte orada olurdu. Dolayısıyla insanlar da o saatte orada toplanırdı. Kimler yoktu ki? Başta babaannem, Kayaköylülerden rahmetli Safvet ve Dursunali amcalar, Komitoğullarından komşularımız, alt kat komşumuz Hidayet abla, Serdaroğullarından rahmetli Durdane teyze… Daha kimler kimler, kimler? Zaman değişiyor, günler geçiyordu ama tanker başındaki sohbet hiç değişmiyordu. Kimin hasta olduğu, kimin vefat ettiği, kimin düğününün olacağı; askere gidenler ya da tezkeresini alanlar… Günün bütün haberleri orada konuşulurdu. Kısacası su tankerleri, her mahalle için aynı zamanda bir sosyalleşme alanıydı*." (Özcan, 24 Nisan 2026).

2. Kasaba ve Çevresinin Gelişimine Katkısı

Fatsa Sazcılar Memba Suyu Şişeleme Tesisi'nin çevresinde gelişen kentsel hareketlilik, söz konusu alanın imar sürecine dâhil edilmesine doğrudan katkı sağladı. Bu durum, su kaynağının şişeleme amacıyla işletmeye açılmasının yalnızca ekonomik bir girişim olmadığını; aynı zamanda kentsel gelişim dinamiklerini harekete geçiren önemli bir unsur hâline geldiğini göstermekteydi (Türe, 05 Nisan 2021). Nitekim tesisin kurulmasının ardından çevredeki arazi değerlerinde kayda değer bir artış yaşandı. Bu ekonomik dönüşüm yalnızca taşınmaz fiyatlarının yükselmesiyle sınırlı kalmadı; aynı zamanda bölgede yeni konut inşaatlarının hız kazanmasına da zemin hazırladı. Ortaya çıkan inşaat, iskân ve yol faaliyetleri, bir yandan yerel istihdamı artırarak sektöre doğrudan katkı sağladı, diğer yandan yapı malzemeleri, hizmet sektörü ve yan sanayi üzerinden Fatsa'nın kent ekonomisini canlandırdı. Yeni konut alanlarının gelişmesiyle birlikte kentin sosyo-mekânsal yapısında genişleme yaşandı ve yerleşim dokusu giderek daha modern bir görünüm kazandı (Güneş Gazetesi, 18 Ağustos 1973: 4).

18 Ağustos 1973 tarihli Güneş gazetesinde yayımlanan bir ilan, tesisin bölgesel emlak piyasası üzerindeki etkilerini somut biçimde ortaya koydu. "*Bulunmaz Fırsat*!" başlığıyla verilen ilanda, tesisin hemen yanında ve imar planında yol üzerinde yer alan biri 330 m², diğeri 380 m² büyüklüğündeki iki parselin satışa çıkarıldığı duyuruldu. Söz konusu parsellerin değeri, tesisin açılmasının ardından önceki değerinin yaklaşık üç katına yükseldi. Bu artış, yalnızca taşınmazların ekonomik değerindeki spekülatif yükselişi değil, aynı zamanda kamu yatırımlarının gayrimenkul piyasası üzerindeki doğrudan etkisini de açıkça ortaya koydu (Güneş Gazetesi, 18 Ağustos 1973: 4).

1980'li yılların ortalarında Sazcılar memba suyunun temin edildiği güzergâh üzerinde gerçekleştirilen iyileştirme çalışmaları bahsedilen dönüşümün önemli bir parçası oldu. Bu çalışmalar sadece teknik bir düzenleme niteliği taşımamakta, aynı zamanda Fatsa'nın şehirleşme sürecine de büyük ölçüde katkı sağlamaktaydı. Suyun daha sağlıklı ve düzenli biçimde şehre ulaştırılması, kentsel altyapının güçlendirilmesine hizmet etti. Bu gelişmeler, modern hizmetlere erişim bakımından önemli bir eşik oluşturdu (Güneş Gazetesi, 20 Aralık 1985: 8).

4. Ticari Niteliğini Kaybetmesi

1982 yılının Mart ayı başlarında gerçekleştirilen Fatsa Belediyesi Bütçe Görüşmeleri, üç oturum hâlinde gerçekleştirildi ve Sazcılar Memba Suyu Şişeleme Tesisi'ne ilişkin tartışmalar görüşmeler en son oturumda yapıldı. Son oturumda söz alan Belediye Başkanı Ş. Sami Durukan, tesisin önceki yıllarda yıllık ortalama zararının yaklaşık 1,5 milyon lira düzeyinde olduğunu belirtti. Ancak 1982 yılı Mart ayı itibarıyla bu zararın 500 bin lira civarına gerilediğini ifade etti. Aynı dönemde tesiste 18 işçi ve 2 memur olmak üzere toplam 20 personel istihdam edilmekteydi. Ayrıca tesise tahsis edilen aracın yakıt ve bakım giderleri dâhil olmak üzere düzenli olarak karşılanması gereken sabit aylık masrafları da mevcuttu. Bu açıklamalar, tesisin mali performansında kısmi bir iyileşme yaşandığını gösterse de sürdürülebilirlik açısından sağlıklı veri ortaya koymuyordu (Güneş Gazetesi, 4 Aralık 1982: 4). Bu ise kamuoyunda sert eleştirilere yol açıyordu. Bu sebeple 1983 yılı ortalarında Fatsa Kaymakamı Sami Durukan, belediye bütçesi üzerinde yük oluşturan ve her yıl zarar ettiği öne sürülen Sazcılar Memba Suyu Tesisleri'ne müdahalede bulundu ve idaresini ele aldı. Nitekim Kaymakam Durukan'ın bu müdahalesiyle söz konusu tesis, uzun bir aradan sonra ilk kez kâr etme eğilimi gösterdi. Durukan, il ve ilçelerle kurduğu temasların yanı sıra otobüs işletmeleriyle de iletişime geçti ve böylece tesisin daha etkin çalışmasını ve gelir elde eder hâle gelmesini sağladı. Bir önceki yılın son altı ayı ile 1983 yılının ilk altı ayına ait veriler karşılaştırıldığında, tesisin mali performansında belirgin bir iyileşme görülmekteydi (Güneş Gazetesi, 12 Ağustos 1983: 3).

1982 Yılının Son Altı Ayı (TL)		1983 Yılının İlk Altı Ayı (TL)	
Temmuz	644.215	Ocak	944.018
Ağustos	997.257	Şubat	1.415.241
Eylül	881.163	Mart	1.681.363
Ekim	765.067	Nisan	1.954.667
Kasım	581.592	Mayıs	1.581.602
Aralık	594.604	Haziran	2.594.664

Tablo 3: 1982'nin Son Altı Ayı ile 1983'ün İlk Altı Ayı İtibarıyla Sazcılar memba Suyu Tesisleri'nde Elde Edilen Su Satışı Gelirleri

Kaymakam Durukan'ın teşvikiyle, bir yayla yerleşmesi olan Korgan'daki bazı esnaf, kaynak sularının bizzat bulunduğu bir bölgede faaliyet göstermelerine rağmen, Sazcılar Memba Suyu Şişeleme Tesisi'ni desteklemek amacıyla toplu siparişler verdi. Bu destek, sembolik bir nitelik taşımasına karşın, Fatsa Belediye Meclisi toplantılarında olumlu bir atmosferin oluşmasına katkı sağladı (Güneş Gazetesi, 27 Aralık 1985: 2). Ancak ilerleyen yıllarda tesis yeniden eski

durumuna dönüştü. Eylül 1989 itibarıyla tesisin belediye bütçesinde yarattığı açık yaklaşık 2,5 milyar liraya ulaştı. Tesisin kuruluşundan itibaren uzun vadeli ve sürdürülebilir bir kârlılık düzeyine erişememesi, işletmenin sürekli maliyet üreten bir yapı sergilediğini ortaya koydu (Türe, 05 Nisan 2021). Nitekim Fatsa Belediyesi'nin 1987 yılından itibaren Sosyal Sigortalar Kurumu'na (SSK) biriken yaklaşık 300 milyon liralık prim borcunun tahsili amacıyla belediyeye ait tüm menkul ve gayrimenkul varlıklarına haciz uygulandı (Güneş Gazetesi, 8 Eylül 1989: 4). Ordu İcra Müdürlüğü tarafından işleme alınan ve toplam 19 dosyadan oluşan bu süreçte, borçların ödenmemesi hâlinde satışa çıkarılacak taşınmazlar arasında 44 dönümlük Şehir Asri Mezarlığı, Dolunay Motel, Belediye İşhanı ve Sazcılar Memba Suyu Şişeleme Tesisi de yer aldı (Güneş Gazetesi, 26 Ocak 1990: 1).

Sazcılar Memba Suyu Şişeleme Tesisi'nin satışa çıkarılacağına ilişkin tartışmaların ve bazı anlaşmazlıkların gündeme gelmesinin ardından tesise yönelik ilgi belirgin biçimde azaldı ve bu durum kamuoyunda yoğun eleştirilere yol açtı. Bu gelişmeler karşısında Fatsa halkı, "*Allah Allah! Ne günlere kaldık; hadi diğerleri neyse de mezarlıklarımız da mı satılacak?*" sözleriyle tepkilerini dile getirdi (Güneş Gazetesi, 26 Ocak 1990: 1). Nitekim 9 Temmuz 1993 tarihli Güneş gazetesinde yayımlanan bir yazıda şu ifadelere yer verildi: "*İlçemizin simgesi hâline gelen Sazcılar Memba Suyu, birtakım sorumsuzluklar yüzünden akmaz hâle gelmiştir. Sazcılar köyünden borularla ilçe merkezine getirilen ve burada şişelenip paketlenerek çevre il ve ilçelere gönderilen suyun mevcut durumu içler acısıdır. Yıllardır gerekli bakım ve onarımları yapılmayan borular, çevredeki bazı vatandaşlar tarafından izinsiz şekilde tali borular çekilerek kişisel kullanıma yönlendirilmiştir. Ayrıca yıllardır bakımsız kalan ve çürüyen hatlardan sızan sular toprağa akarak ziyan olmuştur. Hangi vicdansız, hangi hakla ana boruları işgal ederek kendi evine hat çekmiştir? Tüm bu olumsuzluklar yaşanırken belediye yetkililerinin herhangi bir müdahalede bulunmaması dikkat çekici bir kayıtsızlığı açıkça ortaya koymuştur*." (Güneş Gazetesi, 9 Temmuz 1993: 7).

Tartışmaların yoğunlaştığı sırada Samsun Belediyesi tarafından tesisin deposundan alınan su örnekleri üzerinde yapılan analizlerde, suyun "*içilemez derecede kirli ve mikroplu*" olduğu yönünde rapor verildiği çeşitli çevrelerde duyuldu. Buna karşılık, aynı belediyenin Ünye ve Ordu kaynaklarından aldığı su numuneleri üzerinde gerçekleştirdiği tahlillerde söz konusu suların temiz ve içilebilir olduğu rapor edildi. Ancak yapılan analizlerin güvenilirliği konusunda kamuoyunda ciddi şüpheler oluştu. Nitekim Sazcılar memba suyuna ilişkin ilk raporun temiz çıktığı, daha sonra ise belirsiz nedenlerle ikinci bir rapor düzenlenerek suyun kirli ve içilemez olduğunu ileri sürüldü. Ayrıca Hıfzıssıhha Enstitüsü'nde görevli, ismi açıklanmayan bir personelin, Fatsa Belediyesi yetkililerine tahlil sonuçlarının gerçeği yansıtmayabileceğini ihbar ettiği yönünde söylentiler yayıldı. Bu durumun Sazcılar memba suyunun pazar payını azaltma ve rakip markaları öne çıkarma amacına hizmet eden bir yıpratma stratejisi olarak yorumlanabilir. (Güneş Gazetesi, 7 Ekim 1994: 3). Su tahlilleri üzerinden Sazcılar Memba Suyu hakkında olumsuz kanaatlerin oluşturulmaya çalışılması, yerel düzeyde bir itibar zedelenmesi sürecine işaret etmekteydi. Bununla birlikte su numunesine ilişkin farklı raporların düzenlenmesi laboratuvar sonuçlarının güvenilirliğine gölge düşürdüğü gibi kamuoyunda da güvensizlik ortamı yaratmaktaydı (Türe, 05 Nisan 2021).

1995 yılı itibarıyla yapılan mali değerlendirmelere göre tesisin yıllık gideri 5.809.752.436 TL olarak kayda geçti, buna karşılık gelirleri ise 3.955.239.502 TL'de kaldı. Bu veriler ışığında tesisin yıllık net zararı 1.854.512.934 TL'ye ulaştı. Söz konusu açık, tesisin kamu kaynaklarıyla finanse edilen bir yatırım olmasına rağmen ekonomik açıdan verimli işletilemediğini ortaya koydu (Mollaoğlu ve Ateşli, 2000: 15-16). Bu mali tablonun oluşmasında 1994 yılının Ağustos ayı başlarında Fatsa ve çevresinde etkili olan yoğun yağışların yol açtığı sel felaketinin de etkisi büyüktü. Felaket sırasında düşen yıldırım, Fatsa Devlet Hastanesi ile birlikte Sazcılar Memba Suyu Şişeleme Tesisi'nin elektrik trafolarına ciddi zarar verdi. Aynı zamanda tesis bünyesindeki

birçok cihaz da bu durumdan olumsuz etkilendi. Ortaya çıkan hasarın giderilmesi birkaç hafta sürdü ve onarımlar gerçekleştirilmiş olsa da cihazlardan önceki verimlilik düzeyinin tam olarak sağlanamadı (Güneş Gazetesi, 5 Ağustos 1994: 1). Bu nedenle 2000 yılı itibarıyla tesisin mevcut üretim altyapısı modern teknolojiyle yenilendi. Şişe ve damacana üretiminin yanı sıra pet şişe sistemine geçilmesi yönünde yeni bir planlama süreci başlatıldı. Ancak söz konusu planlamanın uygulamaya tam olarak geçirilemediği de ortadaydı (Mollaoğlu ve Ateşli, 2000: 15-16).

2000'li yıllarda artan maliyetler, teknik altyapı eksiklikleri ve özel sektör rekabeti nedeniyle belediyelerin işlettiği su tesislerinin etkinliği azaldı. Şişeleme teknolojisindeki yetersizlik ve zayıf pazar stratejileri, memba sularının ekonomik potansiyelinin sürdürülebilir biçimde değerlendirilmesini engelledi (Ordu İli Yıllığı, 2014). 1 Nisan 2005 tarihinde dönemin Fatsa Belediye Başkanı Hüseyin Anlayan, kendisine yöneltilen bir soru üzerine yaptığı açıklamada, Sazcılar Memba Suyu Şişeleme Tesisi yetkililerinin suyun sağlık açısından herhangi bir risk taşımadığını ifade ettiklerini ve bu açıklamayla kamuoyundaki endişeleri gidermeye çalıştıklarını belirtti. Anlayan ayrıca, ruhsatlandırma sürecinin tamamlanmasının ardından tesisin Özel İdare'ye devredilerek özelleştirilmesinin planlandığını ifade etti (Güneş Gazetesi, 1 Nisan 2005: 4). Nitekim ilerleyen yıllarda tesisin özelleştirilme süreci tamamlandı. Ancak söylentilere göre Fatsa Belediyesi, tesisi bünyesine almak istememesinin asıl nedeni söz konusu suyun yüksek oranda alüminyum içerdiği ve mikroplu olmasıydı. Bu tür söylentilerin etkisiyle, Özel İdare tarafından 25 milyar ile 120 milyar lira arasında belirlenen kira bedeli nedeniyle tesisi işletmek üzere herhangi bir girişimcinin ihaleye girmediği görüldü. Bu koşullar altında tesis işlevsiz hâle geldi ve kaderine terk edildi (Güneş Gazetesi, 25 Ağustos 2006: 8).

D. SAZCILAR MEMBA SUYU TESİSLERİNİN FATSA'NIN SOSYAL, KÜLTÜREL HAYATINA ETKİLERİ

1. Toplumsal ve Kültürel Hayata Etkileri

Sazcılar Memba Suyu Şişeleme Tesisi, Fatsa'nın yalnızca ekonomik gelişimine değil, kültürel ve sosyal hayatında da etkili oldu. Tesisin şehir merkezinden uzak bir bölgede konumlanması, buraya telefon hattı çekilmesini zorunlu kıldı (Kına, 7 Kasım 2022; Türe, 05 Nisan 2021). Dönemin koşullarında belediyeye ait yalnızca sekiz telefon hattı bulunmaktaydı. Bu sınırlı imkânlar içinde mevcut hatlardan biri olan itfaiye amirinin evinde bulunan hat, şişeleme tesisine tahsis edildi. Bu karar kamuoyunda farklı tepkilere yol açtı. Özellikle itfaiye hizmetlerinin aksayabileceği yönündeki endişeler, yerel basında ve halk arasında eleştirel ve alaycı yorumlara konu oldu. Nitekim itfaiye amirinin evinde telefon hattı bulunmaması durumunda yangın ihbarlarının doğrudan yapılamayacağı, bu nedenle haber ulaştırmak için bir koşucu atlet istihdam edilmesi gerektiği yönünde ironik değerlendirmelerde bulunuldu (Güneş Gazetesi, 6 Ekim 1978: 2). Fatsa Kaymakamı Ayhan Ergin, telefon hattı konusunda şehirde oluşan eleştirel ve alaycı söylemleri kamu hizmeti anlayışıyla bağdaşmadığını ifade ederek tepkisini dile getirdi. Ayrıca, itfaiye amirinin evine kısa sürede yeni bir telefon hattı çekilmesi için ilgili makamlara başvurulduğuna dair kamuoyuna bir bilgilendirmede bulundu (Güneş Gazetesi, 13 Ekim 1978: 3).

Sazcılar memba suyu birçok farklı alanda varlığını hissettirdiği gibi yöre kültürüne de konu oldu. Fatsa eşrafından ve esnafından bazılarında Sazcılar memba suyunun kültürel etkilerini şu şekilde görmekteyiz: Emekli bankacı Fahrettin Ateşli'nin kaleme aldığı şiirinde bu suyun kendisinde uyandırdığı hissiyat şöyleydi:

"Sevdiğimi götürdüm Sazcılar deresine,

Bayıldı ormanına, vadisine, tepesine.

Baktık kaynağı yeşil bağlardan, kayalardan,

Ayrılık var mı şifa suyu Sazcılardan…" (Güneş Gazetesi, 13 Ekim 2006: 3)

Sazcılar memba suyuna ilişkin düşüncelerini Fatsa eşrafından eczacı Fehmi Akar, duygulu ifadelerle şu şekilde dile getirdi: "*Sazcıların berrak kaynağından süzülen bu su, yalnızca bedenleri değil gönülleri de serinletti; iftar sofralarının vazgeçilmezi oldu ve Fatsa'nın sosyal ve kültürel hayatında silinmez bir iz bıraktı. Her yudumunda doğanın cömertliğini, geçmişin hatırasını ve ortak hafızayı yaşattı. Sazcılar memba suyu, sözlü anlatımlarla bundan sonra da hatırlanacak ve gönüllerdeki yerini koruyacaktır*." (Akar, 14 Nisan 2019). Aynı şekilde Fatsa eşrafından merhum Halil İbrahim Aktaş ise Sazcılar memba suyuna atfen kaleme aldığı bir şiirinde şu dizelere yer verdi:

"Kayalardan süzülür billur bir rüya,

Yeşil vadilerden düşer Fatsa'ya.

Bir damlası serinlik, bir yudumu şifa,

Sazcılar suyudur bize armağan…

Orman fısıldar, rüzgârla yarışır,

Kaynaklar çağlar, toprağa karışır.

İçtikçe insanın gönlü barışır,

Her nefeste huzur, her damlada can…

İftar sofralarında ilk yudum sensin,

Yorgun dudakları ferahlatan sensin.

Fatsa'nın kalbinde ölümsüz bensin,

Ey Sazcılar, zaman hayran sana …" (Aktaş, 12 Temmuz 2018).

2. Tesisi Yeniden Canlandırma Çabaları

Özellikle basın yayın yolu ile Sazcılar memba kaynak suyu işleme tesislerini ayakta tutmak için yoğun çaba sergilendi. Emekli bankacı Fahrettin Ateşli, 27 Şubat 2007 tarihli Güneş gazetesinde kendisine ayrılan köşesinde "*1951'den Bugüne Fatsa*" başlığıyla kaleme aldığı yazısında, Fatsa Belediye Meclisi'nin Sazcılar Memba Suyu Şişeleme Tesisinin yıkılmasına yönelik bir karar aldığını ifade etmiştir (Güneş Gazetesi, 27 Şubat 2007: 5). Bu andan itibaren bu konudaki tartışmalar ve eleştiriler 2020'li yılların başına kadar devam etti. Nitekim 2020 yılının Mart ayı başlarında Fatsa Söz Haber Gazetesi'nde yayımlanan ve "*Ordu'da bir döneme damgasını vuran Fatsa Sazcılar Suyu tekrar işletmeye açılıyor. Ordu Büyükşehir Belediyesi Su ve Kanalizasyon İdaresi (OSKİ), Sazcılar Memba Suyu'nun işletme hakkını ihaleye çıkardı*." şeklinde başlayan haber, yöre halkında büyük bir heyecan yarattı.

Gazete haberlerine yansıdığı kadarıyla açılan ihaleyi 158 bin TL bedelle Fatsa'nın ilk sanayicilerinden Mazhar Tanrıkulu kazandı. Mavi yazılı şişesiyle hafızalarda yer eden Sazcılar memba suyunun işletmesini devralan Tanrıkulu'nun yeni bir marka oluşturmayı hedeflediği ve bu durumun "*Tanrıkulu, Fatsa memba suyunu yeniden Fatsa ile özdeşleştirmek istiyor*." başlığıyla kamuoyuna yansıdığı ifade edildi. Konuya ilişkin açıklamasında Tanrıkulu, "*Türkiye'de ve yurt dışında tüm analizlerin yapılacağını, uzmanlarla ve üniversitelerin ilgili bölümleriyle birlikte yürütülecek çalışmalar sonucunda uygun bulunması hâlinde en kısa sürede Fatsa'da yeni bir tesis kurma çalışmalarına başlayacağımızı belirttim. Başvuru dilekçemde de ifade ettiğim üzere bu işletme üzerinden herhangi bir ticari beklentim olmayacağımı vurguladım. Amacım, Fatsa'nın gelişimi ve tanıtımı doğrultusunda bu su kaynağını değerlendirmektir. Daha açık ifade etmek gerekirse ilçemizde özellikle Fatsaspor*

olmak üzere spor, sanat ve kültür alanındaki faaliyetlere ekonomik destek sağlayacak bir tesis kurmayı planladım." dedi (Fatsa Söz Haber Gazetesi, 12 Mart 2020).

2023 yılının Kasım ayı içerisinde Tanrıkulu, işletme hakkını yeniden devralarak Sazcılar Memba Suyu'nu tekrar hayata geçirmek istedi. Tanrıkulu konuyla ilgili olarak yerel bir gazeteye verdiği demeçte, "*Bu suyun boşa akıp gitmesine hiçbir zaman razı olmadım. Geçtiğimiz yıllarda başlattığım çalışmalar tamamlandıktan sonra suyun işletme hakkını aldım. Ancak araya salgının girmesi ve öngörülemeyen bazı gelişmeler nedeniyle işi bir süre askıya aldık. Aradan geçen süre içerisindeki olumlu gelişmeler beni yeniden bu hedefe yöneltti. Gerekli bürokratik işlemler tamamlandıktan sonra en kısa zamanda suyu halkımızın hizmetine sunmayı planlıyoruz.*" ifadelerini kullandı. Ancak tüm iyi niyetine ve çabalarına rağmen bu girişimden beklenen sonuç elde edilmedi (Güneş Gazetesi, 13 Nisan 2023). Üstelik dönemin Fatsa Belediye Başkanı Hüseyin Anlayan'ın döneminde söz konusu tesis yıkılarak yerine Fatsa Belediyesi Kültür Sarayı inşa edildi. Kente özgü kültürel belleğin korunmasına yönelik bir yaklaşım olarak, Sazcılar Memba Suyu Şişeleme Tesisi'nden geriye kalan yalnızca nostaljik bir çeşmedir (Güneş Gazetesi, 25 Mayıs 2007: 3).

Sonuç

Bu çalışma, Sazcılar Memba Suyu Şişeleme Tesisi üzerinden yerel ölçekte bir kamu girişiminin ekonomik, kurumsal ve toplumsal dönüşüm sürecini çok boyutlu olarak ele almıştır. Elde edilen bulgular, söz konusu tesisin yalnızca bir üretim ve dağıtım birimi olarak değil, aynı zamanda yerel kalkınma, kamusal hizmet sunumu ve toplumsal hafıza açısından da önemli bir işlev üstlendiğini göstermektedir. Bununla birlikte tesisin tarihsel süreci incelendiğinde, kurumsal sürekliliğin sağlanamaması, mali istikrarsızlık, altyapı yetersizlikleri ve yönetimsel müdahalelerin değişkenliği gibi faktörlerin, işletmenin uzun vadeli sürdürülebilirliğini zayıflattığı anlaşılmaktadır. Özellikle ekonomik rasyonalite ile sosyal beklentiler arasındaki uyumsuzluk, tesisin performansını doğrudan etkilemiş ve zamanla kamusal bir yatırımın verimlilik tartışmalarını beraberinde getirmiştir. Öte yandan Sazcılar Memba Suyu'nun yalnızca ekonomik bir değer değil, aynı zamanda yerel kimlik ve kültürel aidiyet unsuru olarak da algılandığı görülmektedir. Bu yönüyle tesis, kapanma ve yeniden işletmeye açılma girişimleriyle birlikte, Fatsa'nın toplumsal belleğinde sembolik bir yer edinmiştir.

Sonuç olarak Fatsa ve Fatsa Belediyesi özelinden kaleme alınan bu çalışma, yerel kamu işletmelerinin başarısının yalnızca üretim kapasitesiyle değil; kurumsal yönetim, sürdürülebilir finansman, altyapı bütünlüğü ve toplumsal kabul gibi çok katmanlı unsurlarla birlikte değerlendirilmesi gerektiğini ortaya koymaktadır. Sazcılar Memba Suyu örneği, bu açıdan yerel kalkınma politikaları ve kamu işletmeciliği literatürü için öğretici bir vaka niteliği taşımaktadır.

Kaynakça

1. Arşivler

Cumhurbaşkanlığı Cumhuriyet Arşivi (BCA): *30-18-1-2, 212, 80, 10* (6 Kasım 1967).

2. Gazeteler

Fatsa Söz Haber

Güneş

Ordu Sesi

3. Raporlar

Mollaoğlu, R. Ç. ve D. Özcan Ateşli. (2000). *Fatsa (Ordu) Çevre Durum Raporu*. Fatsa: Fatsa Kaymakamlığı.

Ordu Valiliği. (2015). *Ordu İli 2014 Yılı Çevre Durumu Raporu*. Ordu: Ordu Çevre ve Şehircilik İl Müdürlüğü Yayınları.

4. Mülakatlar

Akar, F., *14 Nisan 2019 Tarihli Mülakat* (Osman Niyazi oğlu, 1947/Fatsa doğumlu, Eczacı).

Aktaş, H. İ., *12 Temmuz 2018 Tarihli Mülakat*, (Mustafa oğlu, 1940/Fatsa doğumlu, Büfe İşletmecisi).

Demirel, F., *1 Temmuz 2008 Tarihli Mülakat* (Abdülbaki oğlu, 1933/Fatsa doğumlu, Yapraklı sakinlerinden emekli çiftçi).

Gümüşlü, M., *4 Eylül 2024 Tarihli Mülakat* (Sami oğlu, 1948 / Fatsa doğumlu, Emekli).

Kına, İ., *07 Kasım 2022 Tarihli Mülakat* (Mustafa Oğlu, 1966/Fatsa Doğumlu, Eczacı).

Çatalpınar eşrafından ve esnafından, Eczacı)

Özcan, E. *16 Temmuz 2025 Tarihli Mülakat* (Bekiroğlu oğlu, 1993/ Fatsa doğumlu, Eğitimci-Müzisyen).

Özcan, F., *16 Temmuz 2025 Tarihli Mülakat* (Mehmet oğlu, 1949/ Fatsa doğumlu, Emekli).

Türe, A., *5 Nisan 2021 Tarihli Mülakat*, (Ali Osman oğlu, 1960/Fatsa doğumlu, Emekli).

5. Tetkik Eserler ve Basılmamış Notlar

Güvenkaya, A. C. (1960?). *Fatsa'nın Tarihçesine Dair.* Fatsa: Basılmamış Notlar).

Özcan, T. (2024). *Çatalpınar Turizmine Doğal Bir Alternatif Geçmişten Günümüze Elmaköy Şifalı Su Kaynakları*. Ordu ve Tokat İlleri Turizm Arzı. Ankara: Artıkel Yayınevi.

6. İnternet Erişimi

https://*www.fatsagazetesi.net/gundem/sazcilar-memba-suyu-oski-tarafindan-denetleniyor-7924* (E.T. 09/ 07/2025).

https://*www.fatsasozgazetesi.com/2023/11/07/sazcilar-suyu-yeniden-gundemde* (E.T. 09/07/ 2025).

https://*www.gunesgazetesi.net/haberler/2805/24904/sazcilar-suyu-bir-donemin-tadi-damaklarda-kaldi.html* (E.T. 09/07/ 2025).

https://*chatgpt.com/c/68adf2f9-ccd4-832d-a9e1-32cc8a8fa2af (E.T. 30/08/2025).*

BEHAVIORAL AND PSYCHIATRIC PROBLEMS ASSOCIATED WITH EPILEPSY IN LATE CHILDHOOD AND ADOLESCENCE- DRUG EFFECTS, NON-PHARMACOLOGICAL APPROACHES, AND A PUBLIC HEALTH-BASED PERSPECTIVE

Research Assistant Elif TÜRKDÖNMEZ AK

Ordu University, Faculty of Medicine, Department of Physiology, Ordu, Türkiye

Prof. Dr. Nilgün ULUTAŞDEMİR

Ordu University, Faculty of Medicine, Department of Public Health, Ordu, Türkiye

ABSTRACT

Introduction and aim: This review aimed to evaluate behavioral and psychiatric problems associated with epilepsy in late childhood and adolescence, with particular emphasis on the potential contribution of antiseizure medications, the role of non-pharmacological interventions, and the relevance of public health-based approaches.

This study was designed as a narrative review of clinical, experimental, and review-based studies published over the last decade, together with relevant international guidelines and reports. The literature was examined in relation to epilepsy, late childhood, adolescence, psychiatric comorbidity, behavioral problems, antiseizure medications, non-pharmacological treatment, and public health.

Results: Current evidence indicates that epilepsy in late childhood and adolescence is associated not only with recurrent seizures but also with attention problems, anxiety, depressive symptoms, irritability, behavioral dysregulation, and social adjustment difficulties, all of which may substantially affect quality of life and long-term functioning. While some of these problems are related to seizure type, disease severity, and underlying etiology, others may be exacerbated by antiseizure medications through adverse effects such as sedation, irritability, cognitive slowing, or mood changes. Recent findings suggest that psychoeducation, family-centered support, school-based interventions, sleep hygiene, physical activity, cognitive-behavioral approaches, and psychosocial support may serve as important complementary strategies alongside pharmacological treatment.

Discussion and Conclusion: Focusing exclusively on seizure control is insufficient in this population. Strengthening public health awareness may help patients, families, teachers, and primary care professionals recognize symptoms earlier, facilitate timely referral, and improve psychosocial outcomes. A biopsychosocial, public health-oriented framework supported by appropriate non-pharmacological interventions should be prioritized in comprehensive epilepsy care.

Keywords: Epilepsy; Behavioral Problems; Psychiatric Comorbidity; Psychosocial Burden; Non-pharmacological interventions; Health Science

GİRİŞ

Epilepsi, geç çocukluk ve ergenlik dönemlerinde yaygın rastlanan kronik bir nörolojik bozukluktur. Tekrarlayan nöbetlerin yanı sıra dikkat eksikliği, anksiyete, depresyon, irritabilite, davranışsal düzensizlikler ve sosyal uyum güçlükleri gibi önemli komorbiditelerle ilişkilidir (Operto, et al., 2021). Bu sorunlar, yaşam kalitesini önemli ölçüde düşürerek akademik başarıyı, sosyal ilişkileri ve uzun vadeli işlevselliği olumsuz etkilemekte; hastalığın sosyoekonomik yükünü artırmaktadır (Szaflarski, et al., 2024; Shlobin & Sander, 2021). Dünya Sağlık Örgütü verilerine göre küresel ölçekte yaklaşık 51,7 milyon kişiyi etkileyen epilepsi, düşük ve orta gelirli ülkelerde erişim zorlukları nedeniyle önemli bir halk sağlığı sorunu oluşturmakta olup, geliştirilmiş tanı, tedavi ve önleme stratejilerine ihtiyaç duyulmaktadır (Feigin, et al., 2025).

Geç çocukluk ve ergenlik dönemi, nörobilişsel ve psikososyal gelişimin hızlandığı, hormonal değişimlerin belirginleştiği ve beyin plastisitesinin hızlandığı bir gelişim penceresidir. Epilepsiye eşlik eden psikiyatrik ve davranışsal belirtiler bu yaş grubunda okul başarısı, akran ilişkileri, özsaygı ve tedaviye uyum üzerinde belirgin sonuçlar doğurabilir (Viner, Allen, & Patton, 2017; Graf, Biroli, & Belsky, 2021). Bu bağlamda epilepsi değerlendirmesi, nöbet kontrolünün yanı sıra gelişimsel kırılganlık, psikiyatrik/davranışsal yük ve işlevsellik üzerindeki etkileri birlikte ele alan bir çerçevede yürütülmelidir.

Epilepsinin karmaşık patofizyolojisi ve heterojen klinik yapısı, komorbiditelerin ortaya çıkışında nörobiyolojik, genetik, psikososyal ve tedaviyle ilişkili birçok etmenin birlikte rol oynayabileceğini göstermektedir. Ergenlik döneminde görülen psikiyatrik ve davranışsal bozuklukların nörobiyolojik mekanizmalarının anlaşılması, bu komorbid durumların farmakolojik ve farmakolojik olmayan stratejilerle daha etkili biçimde yönetilmesine katkı sağlayabilir (Mula, 2017; Anam, Hunter, & Afzal, 2016; Salpekar & Ertenu, 2024; Höller, Trinka, & Jacobs, 2025). Bu nedenle sorunların erken tanınması, nöbet tipi, hastalık şiddeti ve etiyolojiye dayalı tanısal yaklaşımların güçlendirilmesi; antiepileptik ilaçların olası bilişsel ve davranışsal yan etkilerini azaltmayı hedefleyen multidisipliner stratejilerin geliştirilmesi bireysel ve toplumsal düzeyde kritik öneme sahiptir.

Epilepsi sendromlarına özgü topolojik ağ anormalliklerinin gen ifadesi paternleri gibi biyobelirteçlerle ilişkilendirilmesi, tanı ve tedavinin bireyselleştirilmesine katkı sağlayabilir (Wang, et al., 2022). Yapılan çalışmalar da gösteriyor ki epilepsi, yalnızca nöbetlerle sınırlı bir hastalık olarak değil; bilişsel, psikolojik ve sosyal sonuçları kapsayan geniş bir klinik çerçevede ele alınmalıdır (Seidenberg, Pulsipher, & Hermann, 2009; Lin, Mula, & Hermann, 2012). Epileptogenezin moleküler mekanizmalarının aydınlatılması, komorbiditelerin erken tanınması ve hedefe yönelik müdahalelerin geliştirilmesi açısından temel önem taşımaktadır (Zhang, et al., 2024; Stafstrom & Carmant, 2015). Ayrıca bilişsel-davranışsal müdahaleler, öz-yönetim eğitimleri ve hizmet modellerinin nöbet kontrolü ile yaşam kalitesi üzerindeki etkileri değerlendirilmesi gerektiği düşünülmektedir (Huang, et al., 2025).

Dolayısıyla, geç çocukluk ve ergenlik döneminde epilepsinin çok boyutlu etkilerinin erken dönemde belirlenebilmesi için nöbet seyri, tedavi yanıtı, bilişsel-psikiyatrik belirtiler ve işlevsellik düzeyi yakından izlenmelidir. Ayrıntılı ve düzenli kayıtlarla desteklenen multidisipliner değerlendirme süreçlerinin klinik bakımın ayrılmaz bir parçası hâline getirilmesi, bireyselleştirilmiş tedavi ve destek yaklaşımlarının geliştirilmesi açısından gereklidir.

Bu derleme, geç çocukluk ve ergenlik döneminde epilepsiye eşlik eden davranışsal ve psikiyatrik sorunları multidisipliner bir bakış açısıyla incelemeyi amaçlamaktadır. Bu kapsamda bilişsel ve davranışsal komorbiditelerin epilepsi sendromu, etiyoloji, nöbet sıklığı ve hastalık şiddetiyle ilişkisi; ağ temelli yaklaşımlar çerçevesinde ele alınarak epilepsinin beyin üzerindeki geniş etkileri değerlendirilecektir (Hermann, et al., 2021). Ayrıca medikal tedavilerin

yanı sıra farmakolojik olmayan müdahaleler, halk sağlığı stratejileri, nöbetlerin bilişsel-davranışsal sonuçları ve tedavi yaklaşımlarının bu süreçteki rolü tartışılacaktır.

Son dönemde yapay zekâ tabanlı algoritmalar epilepside tanı, prognoz ve tedavi süreçlerine yönelik yenilikçi olanaklar sunmaktadır(Gutman, Shmilovitch, Aran, & Shelly, 2024; Öztatlıcı, Eroğlu, Öztatlıcı, & Göl, 2024; Wang, Cao, Zhang, Zheng, & Xu, 2025). Bununla birlikte, geç çocukluk ve ergenlik döneminde klinik izlem, psikiyatrik/davranışsal değerlendirme ve farmakolojik olmayan destek stratejileriyle bütünleştirilen yaklaşımlar, epilepsinin bireysel ve toplumsal yükünün azaltılmasında daha uygulanabilir ve bütüncül bir çerçeve sunmaktadır.

Metodoloji

Bu çalışma, geç çocukluk ve ergenlik döneminde epilepsiye eşlik eden davranışsal ve psikiyatrik sorunları, antiepileptik ilaçların olası bilişsel/duygudurum etkilerini ve farmakolojik olmayan müdahaleleri değerlendiren anlatı derlemesi niteliğindedir. Literatür taramasında "epilepsy", "adolescence", "late childhood", "psychiatric comorbidity", "behavioral problems", "antiseizure medications", "non-pharmacological interventions", "sleep hygiene", "school-based interventions" ve "public health" anahtar kelimeleri ve bunların kombinasyonları kullanılmıştır. Öncelikle son on yılda yayımlanan klinik çalışmalar, sistematik derlemeler, güncel kılavuzlar ve halk sağlığı raporları değerlendirilmiştir. Bu derleme sistematik derleme veya meta-analiz olarak tasarlanmadığından nicel kalite değerlendirmesi yapılmamış; mevcut kanıtlar tematik olarak sentezlenmiştir.

Epidemiyoloji, Klinik Önem ve Başlıca Nöropsikiyatrik Komorbiditeler

Geç çocukluk ve ergenlik evrelerinde epileptik nöbetlere eşlik eden en yaygın nöropsikiyatrik komorbiditeler arasında depresyon, anksiyete, dikkat ve yürütücü işlev bozuklukları ile uyku düzensizlikleri öne çıkmaktadır (Zhang, et al., 2024; Kaşak, Kurt, Hesapçıoğlu, & Ceylan, 2023; Operto, et al., 2021; Berg, Caplan, & Hesdorffer, 2011). Bu komorbiditeler sıklıkla bir arada seyreder. Depresyon ve anksiyete semptomları, özellikle yeni tanı konulan vakalarda, yetersiz nöbet kontrolü durumlarında veya akademik/sosyal kayıpların yoğunlaştığı olgularda belirginleşir (Forthoffer, Tarrada, Brissart, Maillard, & Hingray, 2021; Yenici, Aydınli, & Çalışkan, 2019). Duygusal semptomlar, isteksizlik, okul başarısında gerileme, öfke nöbetleri, akran ilişkilerinden uzaklaşma, geleceğe dair kaygı ve somatik şikayetler şeklinde maskelenebilir. Bu bağlamda, çocuk ve ergenlerde erişkin depresyon fenomenolojisinden ziyade gelişimsel döneme özgü klinik sunumların tanınması zorunludur (Bektaş & Aydın, 2024).

Dikkat bozuklukları ve yürütücü işlev (DEHB) defisitleri de klinik açıdan kritik öneme sahiptir; okul performansında düşüş, ödev tamamlama zorluğu, planlama güçlükleri ve çalışma belleği bozuklukları hem epilepsiye hem de eşlik eden DEHB'ye atfedilebilir (Ayta, 2014; Berg, Weerd, Reuvekamp, & Meere, 2021; Cainelli, et al., 2020; Ahmed, Darwish, Khalifa, & Haridy, 2022; Nickels, Zaccariello, Hamiwka, & Wirrell, 2016). Bu defisitler, tedaviye uyumu bozarak ilaç kullanım düzensizliği, uyku hijyeni ihlalleri ve okul fobisine yol açabilir. Uyku bozuklukları ise nöbet eşiğini düşürerek depresif-anksiyöz semptomları şiddetlendirir (Oyegbile-Chidi, et al., 2022; Eşkut, Tamer, Delibaş, & Erdoğan, 2020; Moskaleva, et al., 2018; Costanza, Siciliano, Gallai, Gamirova, & Carotenuto, 2025). Uyku seviyesindeki azalma, dikkat, duygu durumu, enerji seviyesi ve aile işlevselliğini olumsuz etkilediğinden, epilepsi yönetiminde öncelikli müdahale hedefleri arasında yer alır. Bu doğrultuda, depresyon, anksiyete ve DEHB gibi komorbiditelerin erken saptanması amacıyla evrensel tarama protokolleri uygulanmalıdır (Valente, et al., 2024). Ayrıca epilepsiye eşlik eden psikiyatrik ve davranışsal sorunlar multifaktöriyel niteliktedir; nöbet başlangıç yaşı, etiyoloji, sıklık, interiktal aktivite, bilişsel durum, sosyal destek, aile dinamikleri ve sağlık hizmetlerine erişim gibi etkenler etkileşim içindedir (Swinkels, Kuyk, Dyck, & Spinhoven, 2005). Erken başlangıçlı ve dirençli

epilepsilerde nörobilişsel kırılganlık artmakta olup, bu durum davranış regülasyonu ve duygu durumu stabilitesini bozmaktadır. Ergenlik döneminde akran kabulü, beden imgesi, özerklik ve akademik başarı hayati öneme sahiptir. Epilepsi tanısı, sürücü ehliyeti kısıtlamaları, spor aktivitelerinde sınırlamalar, ebeveyn aşırı korumacılığı ve stigma kaygısı nedeniyle özsaygı ve sosyal katılımı azaltır (Kim, Jang, Ahn, Yum, & Ko, 2023; ÇOBAN, 2023). Stigma, okul devamsızlığı, sosyal kaçınma ve yardım arayışında gecikmelere neden olur. Stres-nöbet ilişkisi de bidireksiyonel niteliktedir: Stres nöbetleri provoke ederken, sık nöbetler kronik stres yoluyla anksiyete ve depresyonu besler (Michaelis, et al., 2023; Jhaveri, et al., 2023). Bu kısır döngüyü kırmak amacıyla farmakoterapiye ek olarak aile ve okul temelli destek sistemlerinin kurulması zorunlu görünmektedir.

Epilepsi Yönetiminde Farmakolojik Olmayan Yaklaşımlar

Epilepsi tedavisinde farmakolojik olmayan müdahaleler, farmakoterapinin bir alternatifi olmaktan ziyade tamamlayıcı bir rol üstlenmelidir. Literatür, psikoeğitim, bilişsel-davranışçı temelli stratejiler, aile odaklı destek programları, uyku düzenlemeleri, fiziksel aktivite, öz-yönetim eğitimleri ve okul temelli uyarlamaların, özellikle psikososyal yükün azaltılmasında anlamlı faydalar sağladığını ortaya koymaktadır (Tourjman, et al., 2022). Psikoeğitim, hastalığın kavranması, tetikleyicilerin belirlenmesi, ilaç uyumu, acil durum protokolleri ve damgalanma ile mücadele stratejileri açısından temel bir müdahale niteliğindedir. Geç çocukluk ve ergenlik döneminde psikoeğitim, yalnızca hastaya değil, ebeveynlere, bakım verenlere ve uygun durumlarda öğretmenlere de uygulanmalıdır. Bu yaklaşım, yanlış inanışları minimize eder, nöbet anındaki aşırı kaygı ve uygunsuz müdahaleleri önler (Makhado, Sepeng, & Makhado, 2024).

Mevcut kanıtlar, geç çocukluk ve ergenlikte epilepsiye en sık eşlik eden yükün dikkat sorunları, anksiyete/depresif belirtiler, uyku bozuklukları ve sosyal işlevsellikte azalma olduğunu göstermektedir; ancak bu ilişkinin büyüklüğü epilepsi sendromu, nöbet kontrol düzeyi, etiyoloji ve çevresel stresörlere göre heterojenlik göstermektedir. Bu nedenle komorbidite değerlendirmesi standart nörolojik izlemin ayrılmaz bir parçası olarak yapılandırılmalıdır.

Bilişsel-davranışçı terapiler, anksiyete belirtileri, kaçınma davranışları, olumsuz otomatik düşünceler ve öz-yeterlik kaybı gibi unsurlar üzerinde etkili olabilir. Epilepsiye özgü uyarlanmış bilişsel ve davranışsal müdahaleler, stres yönetimi ile problem çözme becerilerini geliştirerek yaşam kalitesini iyileştirebilir (Feng, et al., 2022; Düzova, Şeflek, Eren, Öztürk, & Tutar, 2025) Özellikle psikolojik semptomların nöbet korkusu ve damgalanma ile ilişkili olduğu vakalarda bu yöntemler yüksek etkinlik gösterir. Aile temelli müdahaleler ise iletişim kalitesini artırır, bakım yükünü paylaşır ve aşırı koruyuculuk ile bağımsızlık dengesini optimize eder. Epilepsili ergenlerde aile tutumları, öz-bağımsızlık gelişimi, tedaviye uyum ve sosyal katılımı belirleyici faktörler olarak öne çıkar (Passos, et al., 2023; Kaşak, Kurt, Hesapçıoğlu, & Ceylan, 2023; Wei, Dong, Ye, & Xiao, 2024). Ailelerin, nöbetleri yalnızca izleyen pasif gözlemciler olmaktan öte, ruhsal semptomların erken saptanmasında aktif paydaşlar olması esastır.

Fiziksel aktivite ve düzenli egzersiz, çocuk ve ergen ruh sağlığı üzerinde genel olarak olumlu etkiler sergiler; inflamasyonun azalması, özsaygının güçlenmesi, uyku kalitesinin yükselmesi ve sosyal katılımın artması gibi çoklu mekanizmalar aracılığıyla fayda sağlar (Hu, Li, & Yang, 2023; Çelik & Yılmaz, 2023). Epilepsili ergenlerde, bireysel nöbet profiline göre güvenlik önlemleri alınarak tasarlanan fiziksel aktivite programları, gereksiz kısıtlamaların aksine fonksiyonel kapasiteyi destekler. Uyku hijyeni müdahaleleri de temel farmakolojik olmayan stratejiler arasındadır. Düzenli uyku-uyanıklık döngüleri, ekran maruziyetinin sınırlandırılması, kafein kısıtlaması ve gece nöbetleri için izlem protokolleri hem nöbet kontrolünü hem de duygusal semptomları iyileştirmede kritik öneme sahiptir (Baranwal, Yu, & Siegel, 2023). Dirençli epilepsi veya seçilmiş vakalarda ketojenik diyet gibi metabolik yaklaşımlar,

multidisipliner takip altında değerlendirilebilir; ancak çocuk ve ergenlerde psikososyal etkiler, uyum oranları ve aile yükü de dikkate alınmalıdır (Fidan & Özkaya, 2024; Operto, et al., 2023). Bu bütüncül yaklaşım, farmakolojik tedavinin ötesinde, bireysel farklılıkları ve gelişimsel özellikleri gözeterek epilepsili çocuk ve ergenlerin yaşam kalitesini artırmayı hedeflemelidir (Reyes, Busch, Kiriakopoulos, Oyegbile-Chidi, & Hermann, 2026).

Antiepileptik İlaçların Davranışsal/Psikiyatrik Etkileri ve Klinik Değerlendirmeler

Antiepileptik ilaçların davranışsal ve psikiyatrik etkileri tek bir nedene indirgenmemeli; ancak yeni ilaç başlanması, hızlı doz artışı, polifarmasi, eşlik eden gelişimsel/psikiyatrik bozukluklar ve aile tarafından bildirilen yeni davranış değişiklikleri birlikte değerlendirilmelidir (Lyndon, Dworetzky, & Baslet, 2025; Strzelczyk & Schubert-Bast, 2022). Klinik pratikte amaç, ilacı yalnızca nöbet kontrolü açısından değil, bilişsel hız, dikkat, uyku, irritabilite ve duygudurum üzerindeki olası etkileri bakımından da izlemektir. Bu bölümde, antiepileptik ilaçların olası psikiyatrik ve bilişsel etkilerini klinik izlem açısından özetleyen bir çerçeve sunulmuştur (Tablo 1).

Tablo 1- Antiepileptik ilaçların olası psikiyatrik-bilişsel etkileri ve klinik değerlendirmede dikkat edilmesi gereken noktalar

Antiepileptik ilaçların olası etkisi	**Antiepileptik ilaçların Olası psikiyatrik-bilişsel etki**	**Klinik dikkat noktası**
Sedatif etkisi belirgin antiepileptikler (Datta 2023; Lyndon, Dworetzky, and Baslet 2025; Strzelczyk and Schubert-Bast 2022)	Sedasyon, dikkat azalması, bilişsel yavaşlama, okul performansında düşüş	Başlangıç sonrası yeni gelişen yorgunluk, dikkat kaybı ve işlevsellikte azalma aile/okul geribildirimi ile birlikte sorgulanmalıdır.
İrritabilite ile ilişkilendirilebilen antiepileptikler (Datta 2023; Lyndon, Dworetzky, and Baslet 2025; Mula 2017).	İrritabilite, ajitasyon, öfke patlamaları, duygudurum dalgalanması	Semptomların ilaç başlangıcı veya doz artışı ile zamansal ilişkisi, ergenlik dönemi davranış değişikliklerinden ayrıştırılmalıdır.
Polifarmasi	Bilişsel yük artışı, uyku düzeninde bozulma, duygusal dalgalanma	İlaç-ilaç etkileşimleri ve toplam yan etki yükü düzenli gözden geçirilmeli, mümkün olan en düşük etkili rejim hedeflenmelidir.
Psikiyatrik/gelişimsel kırılganlığı olan hastalar	Dikkat sorunları, anksiyete veya depresif belirtilerde belirginleşme	Önceden var olan semptomlar ile ilaca bağlı kötüleşme ayrımı için başlangıç değerlendirmesi yapılandırılmış biçimde kaydedilmelidir.

Mevcut kanıtlar bazı ASM'lerin belirli hastalarda davranışsal veya bilişsel yan etkilere katkıda bulunabileceğini desteklemektedir; ancak bu etkiler her ajan için aynı düzeyde değildir ve çoğu zaman hastalığın kendisi, nöbet yükü ve eşlik eden kırılganlıklarla birlikte değerlendirilmelidir. Bu nedenle yorumlar tek nedenli açıklamalara indirgenmeden, klinik bağlama duyarlı biçimde yapılmalıdır.

Antiepileptik ilaçlar, belirli olgularda davranışsal ve psikiyatrik semptomlara katkıda bulunabilir; bu bağlamda, davranışsal değişimlerin ilaç başlanması, doz ayarlaması ve polifarmasi ile ilişkisi titizlikle sorgulanmalıdır. Bununla birlikte, epilepsinin biyopatolojik ağı, gelişimsel bağlamı ve çevresel stresörler bütüncül bir yaklaşımla değerlendirilmeli; tek nedenli etiyolojik açıklamalardan kaçınılmalıdır.

Halk sağlığı perspektifinden epilepsi yönetimi yalnızca nöbet sıklığını azaltmaya odaklanmamalı; depresyon ve anksiyete taraması, okul devamı, akran ilişkileri, aile yükü, stigma ve hizmete erişim gibi göstergeleri de kapsamalıdır (Carter et al. 2022; Pellinen, Treatment gaps in epilepsy, 2022; Clifford, Brothers, and Lang 2023; Nepal et al. 2025).

Farkındalık programları, öğretmen ve birinci basamak çalışanlarının eğitimi, aileye yönelik psikoeğitim ve uygun yönlendirme mekanizmaları özellikle geç çocukluk ve ergenlik döneminde psikososyal sonuçları iyileştirebilir.

Okul-aile-sağlık sistemi iş birliği; nöbet anı yönetimi, devamsızlığın azaltılması, damgalanma ile mücadele ve ruhsal belirtilerin erken fark edilmesi açısından belirleyicidir. Dijital araçlar ve uzaktan izlem çözümleri erişimi destekleyebilir; ancak bu teknolojiler temel klinik izlemin yerine geçmemeli, özellikle kaynak kısıtlı ortamlarda eşitsizlikleri azaltacak tamamlayıcı modeller olarak değerlendirilmelidir (Spreadbury, Young, and Kipps 2022; Pellinen et al. 2024).

Eğitim, Politika ve Geleceğe Dönük Hizmet Planlaması

Epilepsi ile yaşayan çocuk ve adölesanlar için etkili politika geliştirme; stigma azaltma, okul temelli desteklerin standartlaştırılması, ruh sağlığı taramalarının izlemlere entegrasyonu ve erişilebilir sevk zincirlerinin kurulmasını gerektirir. Özellikle kırılgan gruplarda erken tanı ve düzenli psikososyal değerlendirme, uzun dönem işlevselliği artırabilecek temel halk sağlığı adımlarıdır.

Gelecekteki hizmet modelleri, nöroloji ile çocuk/ergen ruh sağlığı, okul sağlığı ve aile hekimliği arasındaki koordinasyonu güçlendirmelidir. Teknolojik yenilikler yararlı olabilir; ancak mevcut kanıtlar en güçlü biçimde çok disiplinli, aile ve okul entegrasyonunu içeren bakım modellerini desteklemektedir.

Halk sağlığı politikaları yalnızca nöbet mortalitesi ya da acil başvuru sayıları gibi sınırlı göstergelere odaklanmamalıdır. Yaşam kalitesi, okul devamı, akran ilişkileri, damgalanma, depresyon ve anksiyete taramaları ile aile yükü de izlem göstergeleri arasında yer almalıdır (Clifford, Brothers, & Lang, 2023; Carter, et al., 2022). Geç çocukluk ve adölesan dönemde epilepsiye eşlik eden davranışsal ve psikiyatrik sorunlar, hastalığın ikincil ya da tali unsurları değil; klinik gidişi, yaşam kalitesini ve toplumsal katılımı belirleyen temel bileşenlerdir. Depresyon, anksiyete, dikkat sorunları, uyku bozuklukları, sosyal geri çekilme ve damgalanma; nöbet kontrolü sağlansa dahi sürerek işlevselliği bozabilir (Zhong, et al., 2022; Operto, et al., 2021).

Epilepsi hakkında kamuoyu farkındalığını artırmak ve hastaların yaşadığı sosyal damgalanmayı azaltmak, entegre halk sağlığı stratejilerinin temel taşlarından biridir. Halk sağlığı hizmeti ile bilgilendirme ve eğitimlerin düzenlenmesi, bireylerin hastalığa yönelik doğru bilgiye ulaşmasını sağlayarak özellikle önyargıları ortadan kaldırmayı hedefler (Silva & Marques, 2023). Bu kampanyalar aynı zamanda epilepsi hastalarının sosyal entegrasyonunu destekleyerek yaşam kalitelerini artırabilirken (Reyes et al., 2026), küresel çapta 50 milyondan fazla aktif epilepsi hastası olduğu göz önüne alındığında bu tür girişimler daha geniş bir toplumsal kabul ve destek ortamı yaratmak için elzemdir (Narodova, 2025). Bu bağlamda, epilepsi hastaları için destek grupları ve çevrimiçi platformlar gibi mekanizmalar, bilgi paylaşımını ve duygusal desteği kolaylaştırarak hastaların ve ailelerinin güçlenmesine yardımcı olabilir (Dahiya & Bagga, 2024). Bu platformlar aracılığıyla toplanan veriler, hastalığın yönetimi ve prognozu hakkında değerli bilgiler sağlayarak, epilepsi araştırmalarına da katkıda bulunabilir. Bu tür toplumsal katılım ve veri toplama yaklaşımları, hastalığın yaygınlığına ve oluşturduğu yüke rağmen, epilepsiye yönelik sağlık politikalarının ve hizmet sunumunun iyileştirilmesi için somut adımlar sunmaktadır (Gallani, Lee, & Moura, 2025). Bununla birlikte, dijital teknolojilerin sunduğu yeni imkanlar, zihinsel iyilik halini destekleyici çözümlerin daha

erişilebilir, kişiselleştirilmiş ve etkin olmasını sağlayarak, epilepsiyle ilişkili psikiyatrik komorbiditelerin yönetiminde de önemli rol oynayabilir (Jokeit, Kaufmann, Peltola, & Imbach, 2024). Bu tür dijital müdahaleler, dijital teknolojilerin sunduğu yeni olanaklar, bilişsel davranışçı terapi ve farkındalık temelli yaklaşımlar gibi farmakolojik olmayan stratejileri entegre ederek, genç epilepsi hastalarının psikososyal gelişimini destekleyebilir ve stigmatizasyonun olumsuz etkilerini hafifletebilir. Bu entegre dijital çözümler, aynı zamanda tedavi uyumunu artırarak nöbet kontrolünü iyileştirebilir ve genel yaşam kalitesini önemli ölçüde yükseltebilir (Spreadbury, Young, & Kipps, 2022). Davranışsal ve öz yönetim müdahaleleri, farmakolojik tedavilere ek olarak stres, anksiyete ve depresyon düzeylerini azaltmada etkili olabilir (Jhaveri, et al., 2023). Bu tür müdahaleler, bireylerin kendi durumlarını daha iyi yönetmelerini sağlayarak, hastalığın tüm yüküyle başa çıkmalarına yardımcı olmakla kalmayıp, aynı zamanda yaşam kalitelerini de iyileştirebilir (Jhaveri, et al., 2023). Bu multidisipliner yaklaşımlar, epilepsinin sadece nörolojik bir bozukluk olmaktan öte, bireyin tüm yaşamını etkileyen karmaşık bir durum olduğunu kabul ederek, bütüncül bir bakım felsefesini benimsemektedir.

Sağlık Hizmetlerine Erişim, Koordinasyon ve Politika Geliştirme

Epilepsi hastalarının sağlık hizmetlerine zamanında ve etkin bir şekilde erişimi, optimal tedavi sonuçları ve yaşam kalitesinin sürdürülmesi için elzemdir. Bu bağlamda, hasta verilerinin toplanması ve analizi için dijital araçların kullanılması, tanı, tedavi ve takip süreçlerinde önemli gelişmeler sağlayabilir (Almalawi, Khan, Alsolami, Abushark, & Alfakeeh, 2023). Bu teknolojiler, özellikle nöroloji pratiğinde dijital sağlık teknolojilerinin büyümesiyle birlikte, hastaların tedaviye uyumunu artırırken, aynı zamanda uzaktan izleme ve kişiselleştirilmiş müdahalelerle bakım kalitesini yükseltebilir (Spreadbury, Young, & Kipps, 2022). Ayrıca, nörogörüntüleme verileri ile yapay zeka algoritmalarının entegrasyonu, nöbet kaynaklarının daha hassas lokalizasyonunu ve bireyselleştirilmiş cerrahi yaklaşımların planlanmasını mümkün kılmaktadır (Partamian, et al., 2025). Bu entegrasyon, özellikle fokal dirençli epilepsi vakalarında, epileptojenik zonun doğru bir şekilde belirlenmesi için interiktal intrakraniyal EEG verilerine dayalı makine öğrenimi modellerinin geliştirilmesiyle cerrahi başarı oranlarını artırabilir (Qamar, Lee, & Abibullaev, 2025). Bu durum, minimal invaziv cerrahi tekniklerin ve nöromodülasyon stratejilerinin etkinliğini artırarak, hastalar için daha güvenli ve etkili tedavi seçenekleri sunmaktadır (Wang, Yuan, & Jing, 2025; Mirchi, et al., 2022; Gopal, et al., 2025).

Benzer şekilde, dijital sağlık teknolojileri ile nörolojik pratikte entegrasyon, sürekli izleme ve veri toplama imkanı sunarak hasta uyumunu artırabilir ve terapötik kararlar için geniş veri hacmi sağlayabilir (Kim & Kim, 2025; Torri, et al., 2024). Bu durum, epilepsinin tedavisinde kişiselleştirilmiş yaklaşımların geliştirilmesine olanak tanımakta ve özellikle ilaca dirençli fokal epilepsilerde epileptojenik ağların delineasyonunda sanal epileptik hasta modelleri gibi yenilikçi metodolojilerin kullanımını teşvik etmektedir (Wang, et al., 2023). Bununla birlikte, invaziv nörofizyoloji ve tüm beyin bağlantı kuramı gibi ileri teknikler, epilepsi ağlarının daha derinlemesine anlaşılmasına ve dolayısıyla daha hedefli tedavi stratejilerinin geliştirilmesine olanak sağlamaktadır (Langbein, et al., 2024; Xiao, et al., 2024). Bu sayede, epilepsi tedavisindeki temel zorluklardan biri olan kişiselleştirilmiş tedavi yaklaşımlarının geliştirilmesi ve hastaların yaşam kalitesinin artırılması için yeni ufuklar açılmaktadır. Bu gelişmeler, özellikle Big Data ve yapay zeka gibi ileri bilişim teknolojilerinin nörobilim ve nörolojideki entegrasyonuyla hız kazanmakta, böylece inovatif tedavi yöntemlerinin geliştirilmesine ve hastalar için iyileştirilmiş tanı ve tedavi seçenekleri sunulmasına olanak tanımaktadır (Dipietro, et al., 2023; Hamam, 2024). Gelecekte, bu entegrasyonun derin öğrenme teknikleri ve sinir ağları ile birleşerek epilepsi nöbetlerinin tespiti ve tahmini konusunda daha güvenilir ve hassas sistemler oluşturması beklenmektedir.

Epilepsi yönetimine yönelik etkili politikaların geliştirilmesi; toplumsal farkındalığın artırılması, hasta haklarının korunması ve erişilebilir sağlık hizmetlerinin sağlanması açısından temel öneme sahiptir. Bu kapsamda, epilepsi ile yaşayan bireylerin sosyal yaşama katılımını destekleyen, ayrımcılığı önleyen ve iş gücüne entegrasyonlarını teşvik eden yasal düzenlemeler büyük önem taşımaktadır. Ayrıca, nöroetik ilkelerin ve nöroteknoloji düzenlemelerinin uygulanması, özellikle beyin aktivitesini kaydeden ya da değiştiren implante edilebilir ve implante edilemez sinir cihazlarının kullanımına bağlı etik sorunların ele alınmasında ve kişisel nöromahremiyetin korunmasında belirleyici rol oynamaktadır (Yuste, 2023). Bu bağlamda, nöbet öngörüsüne yönelik uzun dönemli çok modlu kayıtlarla beyin elektriksel aktivitesindeki döngüsel örüntülerin tanımlanması ve kapalı döngü stimülasyon paradigmalarının tasarlanması, tedavi etkinliğini artırma potansiyeline sahiptir (Ferrero, et al., 2025). Aynı şekilde, yapay zekâ ve derin öğrenme algoritmalarının uyarlanabilir stimülasyon parametrelerinin optimizasyonunda kullanılması, nöbetlerin erken evrelerinde müdahaleyi mümkün kılarak invaziv cihazların etkinliğini artırabilir (Merk, et al., 2023). Öte yandan, bu sistemlerin hasta verileriyle etkileşimi; yapay zekâ modellerinin yorumlanabilirliği, genellenebilirliği ve güvenliği açısından kapsamlı değerlendirmeleri ve standart protokolleri gerekli kılmaktadır (Özçelik & Saribekiroğlu, 2025). Bu çerçevede, yapay zekâ destekli sinir ağı modellerinin elektroensefalografi sinyallerinden epilepsi tespiti ve nöbet öngörüsü amacıyla geliştirilmesi, geleneksel yöntemlere kıyasla daha hızlı ve doğru sonuçlar sağlayarak klinik karar verme süreçlerini optimize edebilir (Lucas, Revell, & Davis, 2024). Bununla birlikte, bu sistemlerin klinik uygulamaya aktarılmasında model güvenilirliği, algoritmik şeffaflık ve bireyselleştirilmiş tedavi yaklaşımlarına uyarlanabilirlik gibi temel güçlüklerin dikkate alınması gerekmektedir (Husnain, Rasool, Saeed, Gill, & Hussain, 2023). Bu bağlamda, sanal beyin ikizleri kavramı, bireyselleştirilmiş stimülasyon protokollerinin tasarlanmasında ve epileptik nöbetlerin tetiklenmesine ilişkin en uygun parametre aralığının belirlenmesinde önemli bir metodolojik zemin sunmaktadır (Makhalova, et al., 2022).

METODOLOJİ

Bu derleme çalışmasının metodolojisi, “adolescent epilepsy”, “late childhood epilepsy”, “psychological comorbidities associated with epilepsy in late childhood and adolescence”, “non-pharmacological approaches to epilepsy” ve “public health approach to epilepsy and psychological comorbidity” anahtar kelimeleri kullanılarak NCBI ve PubMed veri tabanlarında gerçekleştirilen literatür taramasına dayandırılmıştır.

SONUÇ VE DEĞERLENDİRME

Geç çocukluk ve adölesan dönemde epilepsinin etkileri, bireysel klinik sınırları aşarak okul sistemi, birinci basamak sağlık hizmetleri, toplum ruh sağlığı ve sosyal politika alanlarıyla doğrudan ilişki içindedir. Bu bağlamda, halk sağlığı perspektifi, nöbet yönetimine eşdeğer ağırlıkta psikososyal izlem ve destek modelinin oluşturulmasını zorunlu kılmaktadır (Xu, et al., 2022). Özellikle bu yaş grubunda depresif belirtiler, anksiyete, uyku bozuklukları, dikkat sorunları ve okul uyum güçlükleri zaman zaman nöbetlerin kendisinden daha belirgin bir işlevsel yük oluşturabilmektedir. Bu belirtilerin epilepsiyle ilişkili olabileceğinin gözden kaçırılması ise uygun uzman yönlendirmelerinin gecikmesine ve komorbid sorunların kronikleşmesine yol açabilir. Bu doğrultuda, birinci basamak sağlık hizmetleri ve çocuk nöroloji polikliniklerinde kısa süreli ruh sağlığı taramalarının standart izlem protokollerine entegre edilmesi önem taşımaktadır.

Sağlık okuryazarlığının ve toplumsal farkındalığın artırılması, epilepsili çocuk ve ergenlerin klinik ve psikososyal sonuçlarını doğrudan etkileyen temel unsurlardan biridir. Ailelerin, öğretmenlerin ve akran çevresinin epilepsiye ilişkin bilgi düzeyinin yükselmesi; damgalanmanın azalmasına, nöbet anında uygun müdahalenin sağlanmasına, okul devamlılığının desteklenmesine ve yardım arama davranışlarının güçlenmesine katkı sağlayabilir (Pitta, et al., 2025). Özellikle okul odaklı sosyal yapıların belirleyici olduğu toplumlarda, okul sağlığı uygulamaları ve öğretmen eğitimleri epilepsiye eşlik eden davranışsal ve psikiyatrik sorunların erken saptanması açısından kritik öneme sahiptir. Bununla birlikte, çocuk ve ergen ruh sağlığı hizmetlerine erişimdeki güçlükler, randevu bekleme süreleri, kırsal bölgelerde uzman eksikliği ve ekonomik yük gibi faktörler, epilepsili gençlerde psikososyal sorunların derinleşmesine neden olabilmektedir (Cook, et al., 2023). Bu nedenle tele-sağlık, e-sağlık destekleri, aile eğitimi modülleri ve basamaklı bakım modelleri gibi erişilebilir ve sürdürülebilir yaklaşımlar epilepsi bakımının önemli bileşenleri olarak değerlendirilmelidir.

Geç çocukluk ve adölesan dönemde epilepsiye eşlik eden davranışsal ve psikiyatrik sorunlar, hastalığın ikincil ya da tamamlayıcı unsurları olarak değil; klinik seyri, yaşam kalitesini, akademik başarıyı ve toplumsal katılımı belirleyen temel bileşenler olarak ele alınmalıdır. Depresyon, anksiyete, dikkat bozuklukları, uyku düzensizlikleri, sosyal geri çekilme ve damgalanma, nöbet kontrolü sağlansa dahi devam ederek bireyin genel işlevselliğini olumsuz etkileyebilir. Bu nedenle epilepsinin değerlendirilmesi ve yönetimi yalnızca nöbet sıklığı veya tedavi yanıtı üzerinden yapılandırılmamalı; bilişsel, psikolojik, sosyal ve gelişimsel boyutları kapsayan biyopsikososyal bir çerçevede yürütülmelidir. Ayrıca epilepsinin heterojen yapısının gen ekspresyon paternleri, moleküler mekanizmalar ve genetik yatkınlık belirteçleri üzerinden daha kapsamlı biçimde anlaşılması, yalnızca nöbetlerin değil, davranışsal ve psikiyatrik sonuçların da bireyselleştirilmiş biçimde değerlendirilmesine katkı sağlayacaktır. Bununla birlikte, davranışsal değişikliklerin yalnızca biyolojik yatkınlıkla açıklanması yeterli değildir; antiepileptik ilaç başlanması, doz değişiklikleri, polifarmasi, gelişimsel dönem özellikleri ve çevresel stresörler birlikte değerlendirilmelidir (Strzelczyk & Schubert-Bast, 2022).

Farmakolojik tedavilere ek olarak psikoeğitim, aile ve okul temelli destek programları, uyku hijyeni, fiziksel aktivite, öz-yönetim stratejileri ve psikoterapi yaklaşımları, epilepsi bakımında etkin tamamlayıcı araçlar olarak öne çıkmaktadır (Wang & Liu, 2025). Bu yaklaşımların halk sağlığı bakışıyla bütünleştirilmesi; erken tanı, düzenli izlem, hizmetlere erişim, damgalanmanın azaltılması ve yaşam kalitesinin korunması açısından gereklidir. Bu çerçevede halk sağlığı politikaları yalnızca nöbet mortalitesi, acil başvuru oranları veya ilaç kullanımı gibi sınırlı göstergelere odaklanmamalı; okul devamlılığı, akademik işlevsellik, akran ilişkileri, damgalanma düzeyi, depresyon ve anksiyete belirtileri, aile yükü ve genel yaşam kalitesi gibi parametreleri de izlem kriterleri arasına dâhil etmelidir.

Teknolojik gelişmeler de epilepsi bakımında yeni olanaklar sunmaktadır. Özellikle yapay zekâ destekli karar sistemleri, dijital izlem araçları ve kapalı döngü nöromodülasyon yaklaşımları, gelecekte epilepsi yönetiminin daha öngörülebilir, kişiselleştirilmiş ve hasta merkezli bir yapıya kavuşmasına katkı sağlayabilir. Semptom başlangıcını öngörebilen ve bireysel ihtiyaçlara göre uyarlanabilir stimülasyon sağlayabilen sistemler, yalnızca nöbet kontrolünü iyileştirmekle kalmayıp hastaların yaşam kalitesini de artırabilecek yenilikçi bir bakım vizyonu sunmaktadır (Kassiri, Muneeb, Salahi, & Dabbaghian, 2024; Carè, Chiappalone, & Cota, 2024). Bununla birlikte, bu teknolojik yaklaşımların klinik izlem, psikiyatrik değerlendirme, aile-okul desteği ve erişilebilir sağlık hizmetleriyle bütünleştirilmesi gerekmektedir.

Sonuç olarak, geç çocukluk ve adölesan dönemde epilepsi bakımının temel hedefi yalnızca nöbetleri azaltmak değil; çocuğun ve ergenin duygusal, davranışsal, bilişsel, akademik ve sosyal iyilik hâlini bütüncül biçimde korumaktır. Bu yaş grubunda sürdürülebilir ve etkili bir bakım modeli; farmakolojik tedavilerin yanı sıra farmakolojik olmayan müdahaleleri, erken tarama programlarını, ayrıntılı klinik kayıtları, damgalanmayı azaltıcı politikaları, dijital sağlık çözümlerini ve erişilebilir ruh sağlığı hizmetlerini içeren çok boyutlu bir yaklaşımı gerekli kılmaktadır. Bu nedenle geç çocukluk ve ergenlik döneminde epilepsi yönetimi, yalnızca nöbet sıklığı ve ilaç yanıtını değil; ruh sağlığı, bilişsel işlev, uyku, okul uyumu, aile desteği ve sosyal katılımı birlikte izleyen bütüncül bir bakım modeli üzerine yapılandırılmalıdır.

ARAŞTIRMA SINIRLILIKLARI VE GELECEK ÇALIŞMALAR

Bu derleme, epilepsiye eşlik eden davranışsal ve psikiyatrik sorunların karmaşık yapısını kapsamlı biçimde irdelemekle birlikte belirli sınırlılıklar içermektedir. Başlıca sınırlılık, ilaç etkileşimlerinin uzun vadeli nörogelişimsel etkilerine dair kapsamlı boylamsal araştırmaların yetersizliği olup, bu mevcut verilerin klinik yorumlanmasını kısıtlamaktadır. Ayrıca, kapalı döngü nöroteknolojilerin etik boyutları ile hasta mahremiyeti üzerindeki etkilerine ilişkin niceliksel çalışmalar sınırlıdır (Haag, Starke, Ploner, & Ienca, 2025). Gelecekteki araştırmalar, bu boşlukları gidermek üzere çok merkezli ve disiplinlerarası tasarımlarla farmakolojik/farmakolojik olmayan müdahalelerin uzun dönemli etkinliğini ve güvenliğini; yapay zekâ tabanlı tanı/tedavi sistemlerinin adaptif işlevselliğini ve kişiselleştirilmiş sağlık desteğini değerlendirmelidir (Perry, Sun, Munro, Boulton, & Guastella, 2024; Nigar, 2024,). Nöromorfik bilgi işlem ile derin öğrenme tabanlı algoritmaların rutin elektroensefalogram yorumlamasında uzman düzeyinde başarı gösterdiği belirtilse de (Bhatti, Yadav, Monga, & Kumar, 2024; Tveit, et al., 2023), aşırı uyum, sınırlı veri setleri ve model yorumlanabilirliği gibi sorunlar klinik yaygınlaşmayı engellemektedir. Özellikle epileptik deşarjları algılayan kapalı döngü beyin stimülasyon sistemlerinde yanlış pozitif oranları ile gereksiz stimülasyon riskleri dengelenmelidir (Merk, et al., 2023). Bu teknolojilerin etkinliğini pekiştirmek için çok merkezli prospektif kohort çalışmaları yürütülmeli; nörogörüntüleme ve genetik testler gibi multimodal veriler bütünleştirilerek biyolojik mekanizmalar aydınlatılmalı (Sun, Wu, Guo, Wang, & Ma, 2025), yapay zekâ modellerinin genellenebilirliği artırılmalıdır (Liu, Hu, & Bao, 2025).

REFERANSLAR

Ahmed GK, Darwish AM, Khalifa H, Haridy NA. Relationship between Attention Deficit Hyperactivity Disorder and epilepsy: a literature review. The Egyptian Journal of Neurology Psychiatry and Neurosurgery . 2022;58(1). doi:10.1186/s41983-022-00482-w

Almalawi A, Khan AI, Alsolami F, Abushark YB, Alfakeeh AS. Managing Security of Healthcare Data for a Modern Healthcare System. Sensors . 2023;23(7):3612. doi:10.3390/s23073612

Anam S, Hunter SJ, Afzal KI. The Effects of Antiepileptic Drugs on Pediatric Cognition, Mood, and Behavior. Journal of Pediatric Epilepsy . 2016;6(1):3. doi:10.1055/s-0036-1584935

Ayta S. Cognitive Dysfunctions in Epileptic Syndromes. Journal of the Turkish Epilepsi Society . Published online January 1, 2014. doi:10.5505/epilepsi.2014.70894

Baranwal N, Yu PK, Siegel N. Sleep physiology, pathophysiology, and sleep hygiene. Progress in Cardiovascular Diseases . 2023;77:59. doi:10.1016/j.pcad.2023.02.005

Bektaş HM, Aydın BN. Relationship Between Problematic Internet Use and Depression Levels in Children and Their Mothers' Psychological Resilience. Çocuk ve Gençlik Ruh Sağlığı Dergisi / Turkish Journal of Child and Adolescent Mental Health . 2024;31(2):160. doi:10.4274/tjcamh.galenos.2024.09825

Berg AT, Caplan R, Hesdorffer DC. Psychiatric and neurodevelopmental disorders in childhood-onset epilepsy. Epilepsy & Behavior . 2011;20(3):550. doi:10.1016/j.yebeh.2010.12.038

Berg L van den, Weerd AW de, Reuvekamp M, Meere JJ van der. Associating executive dysfunction with behavioral and socioemotional problems in children with epilepsy. A systematic review. Child Neuropsychology . 2021;27(5):661. doi:10.1080/09297049.2021.1888906

Bhatti S, Yadav A, Monga M, Kumar N. Comparative Analysis of Deep Learning Approaches for Harmful Brain Activity Detection Using EEG. arXiv (Cornell University) . Published online December 10, 2024. doi:10.48550/arxiv.2412.07878

Cainelli E, Favaro J, Carli PD, et al. Executive Functions and Attention in Childhood Epilepsies: A Neuropsychological Hallmark of Dysfunction? Journal of the International Neuropsychological Society . 2020;27(7):673. doi:10.1017/s1355617720001125

Carè M, Chiappalone M, Cota VR. Personalized strategies of neurostimulation: from static biomarkers to dynamic closed-loop assessment of neural function. Frontiers in Neuroscience . 2024;18. doi:10.3389/fnins.2024.1363128

Carter B, Cook G, Bray L, Collingwood A, Saron H, Rouncefield-Swales A. Parents'/caregivers' fears and concerns about their child's epilepsy: A scoping review. PLoS ONE . 2022;17(9). doi:10.1371/journal.pone.0274001

Clifford L, Brothers SL, Lang A. Self-Disclosure Patterns Among Children and Youth with Epilepsy: Impact of Perceived-Stigma. Adolescent Health Medicine and Therapeutics . Published online February 1, 2023:27. doi:10.2147/ahmt.s336124

Cook G, Bray L, Carter B, et al. A cross-sectional survey of healthcare professionals supporting children and young people with epilepsy and their parents/carers: which topics are raised in clinical consultations and can healthcare professionals provide the support needed? Epilepsy & Behavior . 2023;149:109543. doi:10.1016/j.yebeh.2023.109543

Costanza C, Siciliano M, Gallai B, Gamirova R, Carotenuto M. Epilepsy and Sleep. In: IntechOpen eBooks . IntechOpen; 2025. doi:10.5772/intechopen.1008482

Çelik KG, Yılmaz İ. Physical Activity: From Health to the Academic Success. DergiPark (Istanbul University) . Published online February 20, 2023. Accessed August 2025. https://dergipark.org.tr/tr/pub/kafkassbd/issue/76363/1253675

ÇOBAN BG. EPİLEPSİ VE TOPLUMSAL DAMGALANMA. Türkiye Mesleki ve Sosyal Bilimler Dergisi . 2023;(12):10. doi:10.46236/jovosst.1314528

Dahiya L, Bagga R. Digital Epidemiology: Leveraging Social Media for Insight into Epilepsy and Mental Health. arXiv (Cornell University) . Published online December 2, 2024. doi:10.48550/arxiv.2412.01692

Datta A. The impact of anti-seizure medications on psychiatric disorders among children with epilepsy: Both a challenge and an opportunity? PubMed . 2023;32(3):177. Accessed November 2025. https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/37534124

Dipietro L, Gonzalez-Mego P, Ramos-Estebanez C, et al. The evolution of Big Data in neuroscience and neurology. Journal Of Big Data . 2023;10(1). doi:10.1186/s40537-023-00751-2

Düzova ÜS, Şeflek Z, Eren F, Öztürk Ş, Tutar MF. A computer-assisted rehabilitation program improves self-management, cognition, and quality of life in epilepsy: A randomized controlled trial. Epilepsy & Behavior . 2025;164:110277. doi:10.1016/j.yebeh.2025.110277

Eşkut N, Tamer P, Delibaş DH, Erdoğan E. Evaluation of a group of epilepsy patients in terms of sleep quality, fatigue and depression. SANAMED . 2020;15(3):285. doi:10.24125/sanamed.v15i3.452

Feigin VL, Vos T, Nair B, et al. Global, regional, and national burden of epilepsy, 1990–2021: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2021. The Lancet Public Health . 2025;10(3). doi:10.1016/s2468-2667(24)00302-5

Feng H, Wang M, Zhao H, et al. Effect of cognitive behavioral intervention on anxiety, depression, and quality of life in patients with epilepsy. PubMed . 2022;14(7):5077. Accessed February 2026. https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/35958485

Ferrero JJ, Hassan AR, Yu Z, et al. Closed-loop electrical stimulation prevents focal epilepsy progression and long-term memory impairment. Nature Neuroscience . 2025;28(8):1753. doi:10.1038/s41593-025-01988-1

Fidan HM, Özkaya V. CURRENT DIET APPROACHES APPLIED IN CHILDREN WITH AUTISM SPECTRUM DISORDER. DergiPark (Istanbul University) . Published online February 19, 2024. Accessed September 2025. https://dergipark.org.tr/tr/pub/gsbdergi/issue/86858/1439803

Forthoffer N, Tarrada A, Brissart H, Maillard L, Hingray C. Anxiety and Depression in Newly Diagnosed Epilepsy: A Matter of Psychological History? Frontiers in Neurology . 2021;12. doi:10.3389/fneur.2021.744377

Gallani S, Lee B, Moura LMVR. Achieving epilepsy care for all: Ecosystem-based transformation. Epilepsia . 2025;66(8):2669. doi:10.1111/epi.18400

Gopal J, Bao J, Harland T, et al. Machine learning predicts spinal cord stimulation surgery outcomes and reveals novel neural markers for chronic pain. Scientific Reports . 2025;15(1):9279. doi:10.1038/s41598-025-92111-8

Graf GHJ, Biroli P, Belsky DW. Critical Periods in Child Development and the Transition to Adulthood. JAMA Network Open . 2021;4(1). doi:10.1001/jamanetworkopen.2020.33359

Gutman B, Shmilovitch AH, Aran D, Shelly S. Twenty-Five Years of AI in Neurology: The Journey of Predictive Medicine and Biological Breakthroughs (Preprint). JMIR Neurotechnology . 2024;3. doi:10.2196/59556

Haag L, Starke G, Ploner M, Ienca M. Ethical gaps in closed-loop neurotechnology: a scoping review. npj Digital Medicine . 2025;8(1):510. doi:10.1038/s41746-025-01908-4

Hermann BP, Struck AF, Busch RM, Reyes A, Kaestner E, McDonald CR. Neurobehavioural comorbidities of epilepsy: towards a network-based precision taxonomy. Nature Reviews Neurology . 2021;17(12):731. doi:10.1038/s41582-021-00555-z

Höller Y, Trinka E, Jacobs J. Epilepsy grand challenge 2025. Frontiers in Neurology . 2025;16. doi:10.3389/fneur.2025.1693132

Hu S, Li X, Yang L. Effects of physical activity in child and adolescent depression and anxiety: role of inflammatory cytokines and stress-related peptide hormones. Frontiers in Neuroscience . 2023;17:1234409. doi:10.3389/fnins.2023.1234409

Hu Y, Shan Y, Du Q, et al. Gender and Socioeconomic Disparities in Global Burden of Epilepsy: An Analysis of Time Trends From 1990 to 2017. Frontiers in Neurology . 2021;12. doi:10.3389/fneur.2021.643450

Huang Y, Nevitt SJ, Mayer J, et al. Service delivery, behavioural, and self-management interventions for adults with epilepsy. Cochrane library . 2025;2025(9). doi:10.1002/14651858.cd015284.pub2

Husnain A, Rasool S, Saeed A, Gill AY, Hussain HK. AI'S Healing Touch: Examining Machine Learning's Transformative Effects On Healthcare. Journal Of World Science . 2023;2(10):1681. doi:10.58344/jws.v2i10.448

Jhaveri DJ, McGonigal A, Becker C, et al. Stress and Epilepsy: Towards Understanding of Neurobiological Mechanisms for Better Management. eNeuro . 2023;10(11). doi:10.1523/eneuro.0200-23.2023

Jokeit H, Kaufmann E, Peltola J, Imbach L. Precision epileptology: digital biomarkers and cognitive proxies for personalized care. Clinical Epileptology . 2024;37(4):311. doi:10.1007/s10309-024-00682-9

Kassiri H, Muneeb A, Salahi R, Dabbaghian A. Closed-Loop Implantable Neurostimulators for Individualized Treatment of Intractable Epilepsy: A Review of Recent Developments, Ongoing Challenges, and Future Opportunities. IEEE Transactions on Biomedical Circuits and Systems . 2024;18(6):1268. doi:10.1109/tbcas.2024.3456825

Kaşak M, Kurt ANÇ, Hesapçıoğlu ST, Ceylan MF. Psychiatric comorbidity and familial factors in childhood epilepsy: Parental psychopathology, coping strategies, and family functioning. Epilepsy & Behavior . 2023;148:109444. doi:10.1016/j.yebeh.2023.109444

Keikhosrokiani P, Isomursu M, Uusimaa J, Kortelainen J. A sustainable artificial-intelligence-augmented digital care pathway for epilepsy: Automating seizure tracking based on electroencephalogram data using artificial intelligence. Digital Health . 2024;10. doi:10.1177/20552076241287356

Kim HJ, Jang HN, Ahn H, Yum M, Ko T. Long-Term Pharmacological and Psychosocial Outcomes of Adolescent-Onset Epilepsy: A Single-Center Experience. Annals of Child Neurology . 2023;31(2):113. doi:10.26815/acn.2022.00451

Kim JB, Kim B. Digital Healthcare in Future Medicine: From Research to Clinical Practice in Neurology. Journal of Clinical Neurology . 2025;21(2):93. doi:10.3988/jcn.2025.0044

Koirala N, Adhikari S, Adhikari M, et al. Assistive Artificial Intelligence in Epilepsy and Its Impact on Epilepsy Care in Low- and Middle-Income Countries. Carolina Digital Repository (University of North Carolina at Chapel Hill) . Published online May 1, 2025. doi:10.17615/rkd6-pm77

Langbein J, Boddeti U, Kreinbrink M, et al. Therapeutic approaches targeting seizure networks. Frontiers in Network Physiology . 2024;4. doi:10.3389/fnetp.2024.1441983

Lin JJ, Mula M, Hermann BP. Uncovering the neurobehavioural comorbidities of epilepsy over the lifespan. The Lancet . 2012;380(9848):1180. doi:10.1016/s0140-6736(12)61455-x

Liu B, Hu C, Bao P. Precision TMS through the integration of neuroimaging and machine learning: optimizing stimulation targets for personalized treatment. Frontiers in Human Neuroscience . 2025;19. doi:10.3389/fnhum.2025.1682852

Lyndon S, Dworetzky BA, Baslet G. Psychiatric and behavioural side effects of antiseizure medications in epilepsy. Journal of Neurology . 2025;273(1):45. doi:10.1007/s00415-025-13591-2

Makhado TG, Sepeng NV, Makhado L. A systematic review of the effectiveness of epilepsy education programs on knowledge, attitudes, and skills among primary school learners. Frontiers in Neurology . 2024;15. doi:10.3389/fneur.2024.1356920

Makhalova J, Villalon SM, Wang H, et al. Virtual epileptic patient brain modeling: Relationships with seizure onset and surgical outcome. Epilepsia . 2022;63(8):1942. doi:10.1111/epi.17310

Merk T, Köhler RM, Peterson V, et al. Invasive neurophysiology and whole brain connectomics for neural decoding in patients with brain implants. Research Square (Research Square) . Published online September 20, 2023. doi:10.21203/rs.3.rs-3212709/v1

Michaelis R, Schöller H, Popkirov S, et al. Psychological precursors of epileptic seizures. Epilepsia . 2023;65(3). doi:10.1111/epi.17865

Mirchi N, Warsi NM, Zhang F, et al. Decoding Intracranial EEG With Machine Learning: A Systematic Review. Frontiers in Human Neuroscience . 2022;16. doi:10.3389/fnhum.2022.913777

Moskaleva PV, Шилкина ОС, Shnayder NA, Artyukhov I, Дмитренко ДВ, Yuryeva EYu. Advances in the Management of Sleep Disorders in Juvenile Myoclonic Epilepsy. International Journal of Biomedicine . 2018;8(2):108. doi:10.21103/article8(2)_ra3

Mula M. Epilepsy and Psychiatric Comorbidities: Drug Selection. Current Treatment Options in Neurology . 2017;19(12). doi:10.1007/s11940-017-0483-0

Narodova EA. Digital Tools for Seizure Monitoring and Self-Management in Epilepsy: A Narrative Review. Journal of Clinical Medicine . 2025;14(24):8701. doi:10.3390/jcm14248701

Nepal G, Yadav JK, Lamsal S, Ojha R. Pragmatic strategies for improving prevention, diagnosis, and treatment of epilepsy in low- and middle-income countries. Epilepsy Research . 2025;215:107586. doi:10.1016/j.eplepsyres.2025.107586

Nickels K, Zaccariello MJ, Hamiwka L, Wirrell E. Cognitive and neurodevelopmental comorbidities in paediatric epilepsy. Nature Reviews Neurology . 2016;12(8):465. doi:10.1038/nrneurol.2016.98

Nigar N. AI in Remote Patient Monitoring. arXiv (Cornell University) . Published online July 4, 2024. doi:10.48550/arxiv.2407.17494

Operto FF, Labate A, Aiello S, et al. The Ketogenic Diet in Children with Epilepsy: A Focus on Parental Stress and Family Compliance. Nutrients . 2023;15(4):1058. doi:10.3390/nu15041058

Operto FF, Pastorino GMG, Pippa F, et al. Psychiatric Symptoms and Parental Stress in Children and Adolescents With Epilepsy. Frontiers in Neurology . 2021;12. doi:10.3389/fneur.2021.778410

Oyegbile-Chidi T, Harvey D, Eisner J, et al. The Relationship Between Sleep, Cognition and Behavior in Children With Newly-Diagnosed Epilepsy Over 36 Months. Frontiers in Neurology . 2022;13. doi:10.3389/fneur.2022.903137

Özçelik S, Saribekiroğlu M. TÜRKİYE SAĞLIK SİSTEMİNDE YAPAY ZEKA TABANLI KLİNİK KARAR DESTEK SİSTEMLERİNİN ENTEGRASYONU İÇİN BİR SOSYO-TEKNİK ÇERÇEVE MODELİ. DergiPark (Istanbul University) . Published online March 30, 2025. Accessed October 2025. https://dergipark.org.tr/en/pub/toplumsalbilimler/issue/93778/1746498

Öztatlıcı M, Eroğlu S, Öztatlıcı H, Göl M. Artificial Intelligence in Diagnosis and Treatment. Gaziantep Islam Science and Technology University . 2024;5(2):107. doi:10.46871/eams.1470170

Partamian H, Jahromi S, Corona L, et al. Machine learning on interictal intracranial EEG predicts surgical outcome in drug resistant epilepsy. npj Digital Medicine . 2025;8(1):138. doi:10.1038/s41746-025-01531-3

Passos MLG de A, Pereira AC, Teixeira ARF, et al. Drug-resistant seizures in a teenager with a variant of uncertain significance in PCDH19. Arquivos de Neuro-Psiquiatria . Published online September 1, 2023. doi:10.1055/s-0043-1774529

Pellinen J. Treatment gaps in epilepsy. Frontiers in Epidemiology . 2022;2. doi:10.3389/fepid.2022.976039

Perry N, Sun C, Munro M, Boulton K, Guastella AJ. AI technology to support adaptive functioning in neurodevelopmental conditions in everyday environments: a systematic review. npj Digital Medicine . 2024;7(1):370. doi:10.1038/s41746-024-01355-7

Pitta S, Papadopoulos A, Tsiamaki E, et al. Teachers' and School Professionals' Knowledge and Attitudes Towards Epilepsy in Greece: Misconceptions and Management Options for Affected Students—A Survey Study. Education Sciences . 2025;15(5):591. doi:10.3390/educsci15050591

Qamar WUR, Lee M, Abibullaev B. Deep learning in intracranial EEG for seizure detection: advances, challenges, and clinical applications. Frontiers in Neuroscience . 2025;19. doi:10.3389/fnins.2025.1677898

Reyes A, Busch RM, Kiriakopoulos ET, Oyegbile-Chidi T, Hermann BP. The role of social context in cognitive and neurobehavioural outcomes in epilepsy. Nature Reviews Neurology . 2026;22(3):152. doi:10.1038/s41582-026-01184-0

Salpekar JA, Ertenu DD. Common Ground: We Can Comprehensively Treat Pediatric Epilepsy and Psychiatric Comorbidities. Epiliepsy currents/Epilepsy currents . 2024;24(6):381. doi:10.1177/15357597241250159

Seidenberg M, Pulsipher DT, Hermann BP. Association of Epilepsy and Comorbid Conditions. Future Neurology . 2009;4(5):663. doi:10.2217/fnl.09.32

Shlobin NA, Sander JW. Learning from the comorbidities of epilepsy. Current Opinion in Neurology . 2021;35(2):175. doi:10.1097/wco.0000000000001010

Silva RP, Marques JG. The homeless, seizures, and epilepsy: a review. Journal of Neural Transmission . 2023;130(10):1281. doi:10.1007/s00702-023-02685-8

Spreadbury JH, Young A, Kipps C. A Comprehensive Literature Search of Digital Health Technology Use in Neurological Conditions: Review of Digital Tools to Promote Self-management and Support. Journal of Medical Internet Research . 2022;24(7). doi:10.2196/31929

Stafstrom CE, Carmant L. Seizures and Epilepsy: An Overview for Neuroscientists. Cold Spring Harbor Perspectives in Medicine . 2015;5(6). doi:10.1101/cshperspect.a022426

Strzelczyk A, Schubert-Bast S. Psychobehavioural and Cognitive Adverse Events of Anti-Seizure Medications for the Treatment of Developmental and Epileptic Encephalopathies. CNS Drugs . 2022;36(10):1079. doi:10.1007/s40263-022-00955-9

Sun Y, Wu Z, Guo L, Wang W, Ma X. Risk factor analysis and establishment of a predictive model for epilepsy comorbid with depression. PLoS ONE . 2025;20(9). doi:10.1371/journal.pone.0331441

Swinkels W, Kuyk J, Dyck R van, Spinhoven Ph. Psychiatric comorbidity in epilepsy. Epilepsy & Behavior . 2005;7(1):37. doi:10.1016/j.yebeh.2005.04.012

Szaflarski JP, Besson H, D'Souza W, et al. Effectiveness and tolerability of brivaracetam in patients with epilepsy stratified by comorbidities and etiology in the real world: 12-month subgroup data from the international EXPERIENCE pooled analysis. Journal of Neurology . 2024;271(6):3169. doi:10.1007/s00415-024-12253-z

Torri F, Vadi G, Meli A, et al. The use of digital tools in rare neurological diseases towards a new care model: a narrative review. Neurological Sciences . Published online June 10, 2024. doi:10.1007/s10072-024-07631-4

Tourjman V, Gill LN, Ahmed G, et al. Psychosocial Interventions for Attention Deficit/Hyperactivity Disorder: A Systematic Review and Meta-Analysis by the CADDRA Guidelines Work GROUP. Brain Sciences . 2022;12(8):1023. doi:10.3390/brainsci12081023

Tveit J, Aurlien H, Plis SM, et al. Automated Interpretation of Clinical Electroencephalograms Using Artificial Intelligence. JAMA Neurology . 2023;80(8):805. doi:10.1001/jamaneurol.2023.1645

Valente KD, Reilly C, Carvalho RM, et al. Consensus-based recommendations for the diagnosis and treatment of anxiety and depression in children and adolescents with epilepsy: A report from the Psychiatric Pediatric Issues Task Force of the International League Against Epilepsy. Epilepsia . 2024;65(11):3155. doi:10.1111/epi.18116

Viner R, Allen NB, Patton G. Puberty, Developmental Processes, and Health Interventions. In: The World Bank eBooks . ; 2017:107. doi:10.1596/978-1-4648-0423-6_ch9

Wang C, Yuan X, Jing W. Artificial intelligence in electroencephalography analysis for epilepsy diagnosis and management. Frontiers in Neurology . 2025;16. doi:10.3389/fneur.2025.1615120

Wang G, Wu W, Xu Y, Yang Z, Xiao B, Long L. Imaging Genetics in Epilepsy: Current Knowledge and New Perspectives. Frontiers in Molecular Neuroscience . 2022;15. doi:10.3389/fnmol.2022.891621

Wang H, Liu X. Medication self-management in patients with epilepsy: a narrative review of current status, influencing factors, and intervention strategies. Frontiers in Neurology . 2025;16:1657256. doi:10.3389/fneur.2025.1657256

Wang H, Woodman M, Triebkorn P, et al. Delineating epileptogenic networks using brain imaging data and personalized modeling in drug-resistant epilepsy. Science Translational Medicine . 2023;15(680). doi:10.1126/scitranslmed.abp8982

Wang N, Cao F, Zhang LH, Zheng Y, Xu D. Multi-omics: a bridge connecting genotype and phenotype for epilepsy? Biomarker Research . 2025;13(1):86. doi:10.1186/s40364-025-00798-8

Wei W, Dong L, Ye J, Xiao Z. Current status and influencing factors of family resilience in families of children with epilepsy: a cross-sectional study. Frontiers in Psychiatry . 2024;15. doi:10.3389/fpsyt.2024.1354380

Xiao W, Li P, Kong F, et al. Unraveling the Neural Circuits: Techniques, Opportunities and Challenges in Epilepsy Research. Cellular and Molecular Neurobiology . 2024;44(1). doi:10.1007/s10571-024-01458-5

Xu Z, Tian X, Wang X, Chen Y, Xu Q, Assenza G. Editorial: The comorbid anxiety and depression disorder in patients with epilepsy: Diagnosis, prevention and treatment. Frontiers in Neurology . 2022;13. doi:10.3389/fneur.2022.974462

Yenici A, Aydınli N, Çalışkan M. Depression and Anxiety Observed In Parents of Children Diagnosed with Chronic Neurological Diseases. Çocuk Dergisi / Journal of Child . Published online January 1, 2019. doi:10.5222/j.child.2019.87094

Yuste R. Advocating for neurodata privacy and neurotechnology regulation. Nature Protocols . 2023;18(10):2869. doi:10.1038/s41596-023-00873-0

Zhang X, Sun M, Wang J, et al. Analysis of related factors for neuropsychiatric comorbidities in children with epilepsy. European journal of medical research . 2024;29(1). doi:10.1186/s40001-024-01751-5

Zhong R, Li Z, Chen Q, Zhang H, Zhang X, Lin W. Effects of insomnia and levels of depression and anxiety symptoms on quality of life in people with epilepsy. BMC Psychiatry . 2022;22(1). doi:10.1186/s12888-022-04154-0

INVESTIGATION OF THE ANTIOXIDANT ACTIVITY AND ALZHEIMER'S AND CANCER PROTECTIVE POTENTIAL OF BLACK CUMIN HONEY OBTAINED FROM IZMIR

İZMİR'DEN TEMİN EDİLEN ÇÖREKOTU BALININ ANTİOKSİDAN ETKİSİNİN VE ALZHEIMER VE KANSERE KARŞI KORUYUCU POTANSİYELİNİN ARAŞTIRILMASI

Prof. Dr. Melek Çol AYVAZ

Ordu Üniversitesi, Fen-Edebiyat Fakültesi, Kimya Bölümü, Ordu, Türkiye

ORCID ID: 0000-0001-5155-5784

Taner KAYACI

Ordu Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kimya Anabilim Dalı, Ordu, Türkiye

ORCID ID: 0009-0002-1815-4625

Prof. Dr. Mutlu Sönmez ÇELEBİ

Ordu Üniversitesi, Fen-Edebiyat Fakültesi, Kimya Bölümü, Ordu,

ORCID ID: 0000-0002-8816-6763

ABSTRACT

Honey is one of the most widely consumed food products worldwide. Thanks to its high nutritional value and natural ingredients, honey has gained popularity as a sweetener, flavoring agent, and energy source, and is considered a functional food globally. Black cumin honey, obtained from the flora where the black cumin plant - produced in a limited region in Turkey - is widespread, and therefore rarely studied, was investigated for its total phenolic and flavonoid content and antioxidant activity, as well as its inhibitory potential on cholinesterase enzymes and its effectiveness in preventing hydroxyl radical damage to plasmid DNA.

Water extracts of black cumin honey obtained from 5 different local producers in Buca district of Izmir in 2023 were prepared.

According to the Folin-Ciocalteu and aluminum chloride colorimetric methods, total phenolic and total flavonoid contents were determined in the ranges of 0.637-0.787 mgGAE/g honey and 12.73-136.53 µg QE/g honey, respectively. Honey sample 1, which has the highest total phenolic content (9.84 mg/mL), scavenged half of the DPPH radicals in the environment, while honey samples with 25 mg/mL showed an average iron chelation potential of 22.53%. Catalase activity was highest in honey samples richer in flavonoids, with an average value of 16.16% for 2.5 mg/mL honey. Furthermore, when honey samples were evaluated in terms of the cholinergic hypothesis, which is effective in Alzheimer's treatment, 25 mg/mL portions inhibited both acetyl and butyryl cholinesterase enzymes by approximately 5% on average. Agarose gel electrophoresis revealed that while it did not reduce the damage caused by hydroxyl radicals generated in the medium as effectively as trolox, it did increase the density of

superhelical forms and decrease the density of open circular forms to a small degree, suggesting a cancer-protective property.

This preliminary study, conducted on black cumin honey which has been studied to a less content, suggests that simultaneous studies could be carried out on black cumin honeys produced by different producers in different regions. These studies could include additional methods to enhance antioxidant activity data, as well as analyses based on measuring the combined effect of black cumin honey when combined with another food item to highlight its nutritional value.

Keywords: Honey, Antioxidant activity, Alzheimer Disease, DNA repair.

ÖZET

Bal, dünya çapında en yaygın tüketilen gıda ürünlerinden biridir. Yüksek besin değeri ve doğal bileşenleri sayesinde bal, tatlandırıcı, aroma verici ve enerji kaynağı olarak popülerlik kazanmış ve küresel olarak fonksiyonel bir gıda olarak kabul edilmektedir. Türkiye'de sınırlı bir bölgede yaygın olarak yetiştirilen ve bu nedenle nadiren incelenen çörek otu bitkisinin florasından elde edilen çörek otu balı, toplam fenolik ve flavonoid içeriği, antioksidan aktivitesi, kolinesteraz enzimleri üzerindeki inhibitör potansiyeli ve plazmid DNA'ya hidroksil radikal hasarını önlemedeki etkinliği açısından araştırılmıştır.

2023 yılında İzmir'in Buca ilçesinde bulunan 5 farklı yerel üreticiden temin edilen çörek otu balının su özütleri hazırlandı.

Folin-Ciocalteu ve alüminyum klorür kolorimetrik yöntemlerine göre, toplam fenolik ve toplam flavonoid içerikleri sırasıyla 0,637-0,787 mgGAE/g bal ve 12,73-136,53 µg QE/g bal aralıklarında belirlenmiştir. En yüksek toplam fenolik içeriğe (9,84 mg/mL) sahip olan 1 numaralı bal örneği, ortamdaki DPPH radikallerinin yarısını temizlerken, 25 mg/mL'lik bal örnekleri ortalama %22,53 demir şelasyon potansiyeli göstermiştir. Katalaz aktivitesi, flavonoid bakımından daha zengin bal örneklerinde en yüksek olup, 2,5 mg/mL bal için ortalama %16,16 değerindedir. Ayrıca, Alzheimer tedavisinde etkili olan kolinerjik hipotez açısından bal örnekleri değerlendirildiğinde, 25 mg/mL'lik kısımlar hem asetil hem de bütiril kolinesteraz enzimlerini ortalama yaklaşık %5 oranında inhibe etmiştir. Agaroz jel elektroforezi, ortamda oluşan hidroksil radikallerinin neden olduğu hasarı trolox kadar etkili bir şekilde azaltmasa da, süperhelikal formların yoğunluğunu artırdığını ve açık dairesel formların yoğunluğunu az miktarda azalttığını ortaya koyarak kansere karşı koruyucu bir özelliğe işaret etmektedir.

Daha az kapsamlı olarak incelenmiş çörek otu balı üzerinde yapılan bu ön çalışma, farklı bölgelerdeki farklı üreticiler tarafından üretilen çörek otu balları üzerinde eş zamanlı çalışmalar yapılabileceğini göstermektedir. Bu çalışmalar, antioksidan aktivite verilerini iyileştirmek için ek yöntemler içerebileceği gibi, besin değerini vurgulamak amacıyla çörek otu balının başka bir gıda maddesiyle birlikte kullanıldığında ortaya çıkan birleşik etkisinin ölçülmesine dayalı analizleri de içerebilir.

Anahtar Kelimeler: Bal, Antioksidan aktivite, Alzheimer hastalığı, DNA onarımı

GİRİŞ

Türk Gıda Kodeksi (TGK) Bal Tebliği'ne (2020) göre bal; bitki nektarlarının, bitkilerin canlı kısımlarının salgılarının veya bitkilerin üzerindeki bitki emici böceklerin salgılarının arı tarafından toplanıp özgün maddelerle birleştirildikten sonra su içeriği azaltılarak peteklere depolanıp olgunlaştırılması sonucu oluşan ve doğası gereği kristalleşebilen doğal bir üründür ve arıların yararlandığı kaynağa göre çiçek balı, salgı balı ve besleme balı olmak üzere 3 ana gruba ayrılmaktadır (Durmaz, 2020). Balın kimyasal bileşimi; floristik yapı, çevresel koşullar, arı kolonilerinin durumu ve iklimsel değişkenliklere bağlı olarak farklılık göstermektedir. Bal, başlıca karbonhidrat ve sudan oluşmakla birlikte; organik asitler, amino asitler, proteinler, uçucu bileşikler, çeşitli enzimler ve fenolik bileşikler gibi birçok biyoaktif maddeyi de içermektedir (Güzel & Bahçeci, 2019). Bu bileşenlerin oranları, balın kalitesini belirlemede temel rol oynamaktadır. İnsan sağlığı açısından faydalı özellikler taşıyan balların, çiçek kaynaklı nektarlardan üretildiği ve antioksidan içeriklerinin de bu bitki kaynağına bağlı olarak şekillendiği çeşitli çalışmalarla ortaya konmuştur (Gül & Pehlivan, 2018). Ayrıca farklı coğrafi bölgelerde ve bitki çeşitlerinden elde edilen balların, içerdiği fenolik maddeler ve enzim düzeyleri gibi bileşenler yönünden belirgin farklılıklar gösterdiği bildirilmiştir (Karlıdağ & Solak-amet, 2025).

Monofloral ballar, arıların büyük ölçüde tek bir bitki türünden topladığı nektardan elde edilir ve bu nedenle daha belirgin bir aromaya sahiptir. Türkiye'de ayçiçeği, kekik, nane, okaliptus ve kestane gibi bitkiler yaygın monofloral bal kaynaklarıdır (Doğan, Erdoğan, & Demirci, 2019).

Bal, içerdiği doğal bileşenler sayesinde önemli bir antioksidan potansiyel taşımaktadır. Gıdalarda ve insan metabolizmasında oksidatif hasarı önleyen antioksidanlar, serbest radikallerin ve reaktif oksijen türleri (ROT) nin etkisini azaltarak hücresel yapıları koruma işlevi görmektedir. Balın işlenmesi, depolanması veya çevresel etkenlere maruz kalması sonucu ROT nin oluştuğu bilinmektedir. Bu reaktif bileşikler, hücre zarında yer alan lipitlerle, proteinlerle ve genetik materyallerle (DNA) etkileşime girerek çeşitli dejeneratif hastalıklara zemin hazırlayabilir (Gül & Aksoy, 2019). Balın antioksidan kapasitesi büyük oranda içerdiği fenolik bileşiklere, flavonoidlere ve bazı enzimatik savunma sistemlerine bağlıdır. Yapılan araştırmalar, özellikle koyu renkli balların antioksidan seviyelerinin daha yüksek olduğunu ve bu balların daha fazla fenolik madde içerdiğini ortaya koymuştur (Güzel & Bahçeci, 2019). Bu bileşiklerin, serbest radikallerin absorbsiyonunu sağlayarak balın antioksidan etkisini belirleyici rol oynadığı belirtilmektedir (Öztürk & Serdaroğlu, 2021). Ayrıca, balın diyetle alınan doğal bir antioksidan olarak değerlendirilmesi ve geleneksel tedavi yöntemlerine yardımcı olarak kullanılması, özellikle oksidatif stresin neden olduğu kronik rahatsızlıklarda destekleyici bir strateji olarak ön plana çıkmaktadır (Ekici & Gölgeli, 2021). Hatta içerdikleri biyoaktif bileşenler sayesinde kanser hücreleri üzerinde de umut verici etkiler göstermektedir.

Beyin dokusu, yüksek oranda oksijen tükettiğinden dolayı oksidatif strese karşı oldukça hassastır; bu nedenle antioksidan etkili doğal gıdalar sinir sistemi sağlığında önemli bir yere sahiptir (Gül & Özkök, 2021). Yapılan çalışmalarda, özellikle koyu renkli balların içerdiği fenolik bileşiklerin nöron dejenerasyonunu azalttığı, hafıza ve öğrenme kapasitesini artırdığı, ayrıca nöroinflamasyonu baskıladığı tespit edilmiştir (Arslan, 2019). Beyinde asetilkolin düzeylerini artırarak kognitif işlevlerin iyileştirilmesine katkıda bulunduğu ve Alzheimer tipi nörodejeneratif hastalıklarda destekleyici besin olarak kullanılabileceği bildirilmektedir (Kaya & Demirtaş, 2022).

Düğünçiçeğigiller familyasına ait olan *Nigella sativa L.*, Türkiye'de genellikle Afyon, Isparta, Burdur, Çorum ve Konya illerinde yayılış gösteren tek yıllık otsu bir bitki türüdür (Aygün & Karataş, 2024). Halk arasında çörek otu olarak bilinen *Nigella sativa* L. bitkisinin tohumları,

geleneksel tıpta yüzyıllardır çeşitli hastalıkların tedavisinde kullanılmaktadır. Özellikle Orta Doğu ve Uzak Doğu başta olmak üzere pek çok coğrafyada, bu bitkinin tedavi edici özelliklerinden yaygın şekilde yararlanıldığı bilinmektedir (Duran & Kaya, 2022).

Çörek otu balı, çörek otu bitkisinin çiçeklerinden arılar tarafından üretilen bir monofloral bal türüdür. Bu bal, yüksek düzeyde fenolik bileşikler, uçucu yağlar ve antioksidan içerikler sayesinde hem besleyici hem de fonksiyonel özelliklere sahiptir. Genel bal kompozisyonu (%82 karbonhidrat, %17 su ve %0.7 mineral) çerçevesinde çörek otu bileşenleri de eklenerek hem tat hem aroma profilini güçlendirmektedir (Okur ve ark., 2019). Çörek otu balı, doğal bal matriksine çörek otu tohumlarından geçen fitokimyasallar sayesinde önemli bir biyoaktif içerik profiline sahiptir. Başta timokinon olmak üzere p-simen, karvakrol, timol ve pinen gibi uçucu yağ bileşikleri içermektedir. Bu bileşenler hem kimyasal kararlılık hem de fonksiyonel özellikler açısından balın değerini artırmaktadır. Timokinon, özellikle antioksidan ve antiinflamatuvar etkileriyle tanınan bir bileşiktir. Aynı zamanda çörek otu balının toplam fenolik içeriği ve antioksidan kapasitesi, bu balın koyu renkli yapısıyla da ilişkilidir; çünkü fenolik bileşiklerin miktarı genellikle balın rengini de etkilemektedir.

Kesin olarak nedeni bilinmeyen, beyindeki düşük asetilkolin seviyeleri, amiloid-β birikimleri, tau protein hiperfosforilasyonu, oksidatif stres ve inflamasyon gibi çeşitli risk faktörlerinden kaynaklandığı bildirilen Alzheimer hastalığı (AH), beyin hücrelerinin kaybıyla ilişkili bilişsel işlev azalması ve hafıza kaybıyla karakterize kronik bir nörodejeneratif hastalıktır (Tok, 2025). Asetilkolin seviyelerinin azalması olarak yorumlanan kolinerjik hipotezin Alzheimer hastalığının patogenezinde en çok vurgulanan hipotez olması sebebiyle Alzheimer hastalığında sinaptik aralıktaki asetilkolin ortamını kontrol etmek için asetilkolinesteraz inhibitörleri geliştirilmiştir. Asetilkolinin hidrolizi esas olarak Asetil kolinestreaz (AChE) tarafından sağlanır ve butiril kolin esteraz (BuChE) ikincil bir rol oynar. AH ilerledikçe, beyindeki AChE seviyesi giderek azalırken, BuChE seviyesi AH'nin geç evrelerinde normal seviyenin %165'ine yükselir ve bu da BuChE'nin geç AH'de AChE'nin hidrolizini devraldığını düşündürmektedir (Tok, 2025; Chen ve ark., 2023). Bununla birlikte, hem AChE hem de BuChE inhibitörlerinin tedavide önemli bir rol oynayabileceğine dair kanıtlar mevcuttur.

Bu çalışmada Türkiye'de kısıtlı bir bölgede üretimi yapılan çörekotu bitkisinin yaygın olduğu floradan temin edilen ve bu nedenle nadir olarak incelemelere konu olan çörekotu balları üzerinde temel bir biyokimyasal araştırma planlanmıştır.

MATERYAL ve METOD

Materyal

Bu çalışmada analiz edilen çörek otu balları bilgisi İzmir'in Buca ilçesinde ağırlıklı bitki örtüsünün çörek otu olduğu bilgisinin alındığı 5 farklı yerel üreticiden 2023 yılında temin edildi. Bal örnekleri analiz edilinceye kadar laboratuvarda oda sıcaklığında cam şişelerde karanlık bir ortamda muhafaza edildi.

Bal Numunelerinin Analiz İçin Hazırlanması

Bal numunelerinin toplam fenolik ve flavonoid içeriğinin tespiti ve spektrofotometrik yöntemlerle antioksidan aktivitelerinin belirlenmesi amacıyla gerçekleştirilecek testlerde kullanılacak ekstraktları destile su kullanılarak son konsantrasyonu 0.3 g/mL olacak şekilde bal numunesinin tartılan kısmı üzerine suyun ilavesi ve vortex/sonikatör yardımıyla iyi derecede karıştırılmasıyla hazırlandı (Lawag ve ark., 2023). Hazırlanan stok ekstrakt çözeltileri küçük parçalara ayrılarak +4 °C'de tutuldu.

Toplam Fenolik İçeriğin Saptanması

Bal örneklerinin su ekstraktlarının toplam fenolik madde içerik miktarları Folin-Ciocalteu ayıracının kullanıldığı Folin-Ciocalteu yöntemi ile tespit edildi (Singleton, Orthofer, & Lamuela-Raventós, 1999). Bu amaçla su ile hazırlanan bal ekstraktlarından ependorf tüp içerisine alınan uygun miktar (50/100 µL) üzerine 1/10 oranında su ile seyreltilerek hazırlanan, Folin-Ciocalteau reaktifinden (FCR) 600 µL ilave edildikten sonra, karışım şiddetli bir şekilde vorteks ile çalkalandı ve oda sıcaklığında karanlıkta 10 dakika süreyle bekletildi. Süre sonunda her bir tüpe su ile hazırlanmış olan %2'lik sodyum karbonat (Na_2CO_3) çözeltisinden 500 µL ilave edildi ve aynı şekilde karıştırıldı. Elde edilen son karışımlar (ependorf içerikleri) oda sıcaklığında karanlıkta 1 saat süreyle bekletildi. Ayrıca bal numunelerinin renkli olması sebebiyle ölçüm yapılacak dalga boyunda kaynaklanabilecek muhtemel etkilerinin elimine edilmesi için karşılık gelecek tüplerde ise aynı miktarda alınan numune üzerine 600 µL su ve 500 µL Na_2CO_3 çözeltisi ilave edilerek numune körleri oluşturuldu.

Numunelerin test edildiği şartlar altında eş zamanlı olarak 0,125 mg/mL'lik gallik asit çözeltisinden farklı hacimlerde (0-10-25-50-100 µL) alınarak son hacim (100 µL) aynı olacak şekilde hazırlanan tüplerdeki numuneler üzerine eşit miktarda folin reaktifi ve Na_2CO_3 çözeltisi eklendi. Bir saatlik süre sonunda hem numunelerin, hem de standart olarak kullanılan gallik asidin değişik miktarlarının bulunduğu tüm tüplerin 760 nm'de absorbansları kaydedilmiştir (Doğan, Çelik, & Doğan, 2017). Öncelikle gallik asidin ortamdaki nihai konsantrasyonuna karşı ölçülen absorbans değerinden yararlanarak standart çalışma grafiği çizildi ve bu grafiğin doğru denkleminden faydalanılarak tüm örneklerin (numune absorbansı değerinden numune körü için ölçülen absorbans değerinin çıkarılmasıyla hesaplanan net absorbans değeri) toplam fenolik içerik (TPİ) değerleri gallik asit eşdeğeri (GAE) olarak mg GAE/g bal olacak şekilde hesaplandı.

Toplam Flavonoid İçeriğin Saptanması

Toplam flavonoid içeriğinin (TFİ) miktarının belirlenmesi işlemi flavonoid standardına karşı alüminyum klorür kolorimetrik testi kullanılarak yaygın olarak gerçekleştirilir. Çörekotu bal numunelerinin su ekstraktlarının toplam flavonoid içeriklerinin belirlenmesi amacıyla ekstraktların yeterli miktarlarının son hacimleri 100 µL olacak şekilde etanol ile eşitlendikten sonra 30 µL %5'lik $NaNO_2$ ve 30 µL %5'lik $AlCl_3$ ilave edilip 5 dakika bekletildikten sonra 200 µL 1 M NaOH ilavesinin ardından son hacim 840 µL su ilave edilerek 1200 µL'ye tamamlanmaktadır. Numune içermeyen köre karşı tüm tüp içeriklerinin 510 nm deki absorbansları kaydedildi. Aynı işlemler 0,25 mg/mL kuersetinin (etanolde çözülerek hazırlanmış) değişen miktarlarının farklı tüpler içinde aynı şartlara tabii tutulmasıyla da yapılarak elde edilen absorbans değerlerinden standart kalibrasyon grafiği oluşturuldu ve numunelerin TFİ değerleri çizilen grafiğin doğru denkleminden yararlanılarak kuersetin eşdeğeri (mgQTE/ g bal) olarak hesaplandı (Kim, Jeong & Lee, 2003).

DPPH Radikal Süpürme Aktivitesinin Belirlenmesi

DPPH serbest radikalinin antioksidanlar tarafından indirgenmesine dayanan spektrofotometrik bu yöntemle DPPH radikalinin temizlenmesi yani koyu mor renginin azalmasıyla antioksidan aktivitenin belirlenmesi amaçlanır (Asnaashari ve ark., 2025; Qi ve ark., 2025).

Çörek otu balı numunelerinin su ekstraktlarının DPPH radikali süpürücü etkileri ticari olarak satın alınan 2,2-difenil-1-pikrilhidrazil (DPPH) radikalinin metanolik çözeltisinin menekşe/mor rengini giderebilme gücü ile değerlendirildi. Bu amaçla ekstraktların değişen miktarları (10-100 µL) taze olarak hazırlanmış metanolik DPPH çözeltisi ile bir araya getirildikten sonra 30 dakika süre boyunca karanlıkta tutuldu. Süre sonunda 517 nm de her bir tüp içeriğinin

absorbans değeri ölçüldü ve DPPH radikal süpürme yüzdesi aşağıdaki eşitlik yardımıyla hesaplandı.

% Süpürme Aktivitesi = **[**($A_{kör}$ - A_{numune}) / $A_{kör}$] x 100

$A_{kör}$: Numune hacmi kadar su (numune çözücüsü) ile DPPH çözeltisinin karıştırılması ile hazırlanan (son hacmi 1300 µL) karışımın absorbansı,

A_{numune}: Numune ile DPPH çözeltisinin karıştırılması ile hazırlanan (son hacmi 1300 µL) karışımın absorbansıdır.

Seçilen her bir konsantrasyon için hesaplanan % süpürme aktivitesi değerlerinin konsantrasyona karşı grafiğe geçirilmesiyle oluşturulan grafikten yararlanarak IC_{50} değerleri hesaplandı IC_{50} değeri ne kadar düşükse, serbest radikal temizleme yeteneğinin o kadar güçlü olduğu bilinir (Azim ve ark., 2025).

Fe^{2+} ile Şelat Oluşturma Aktivitesinin Belirlenmesi

Ekstraktların Fe^{2+} iyonunu şelatlayabilme potansiyelleri Dinis yöntemi takip edilerek incelendi. Bu yöntemde ortama ilave edilen antioksidan bileşikler Fe^{2+} iyonunun ferrozin ile kompleks oluşturmasına engel olarak renk yoğunluğunun azalmasına sebep olur (Sethi ve ark., 2023).

Bu yöntemde uygun miktardaki bal numunesi ve standart şelatlayıcı ajan EDTA, 0.05 mL $FeCl_2$ çözeltisine (2 mM) aktarıldı ve 30 dakika süreyle numune/EDTA ile Fe^{2+} arasındaki etkileşimle yani Fe^{2+} iyonlarının mümkün olduğunca şelatlanması sağlandı. Reaksiyon, 0.1 mL ferrozin reaktifinin (5 mM) eklenmesiyle başlatıldı ve karıştırıldıktan sonra oda sıcaklığında 10 dakika bekletildi. Süre sonunda karışımın absorbans değerleri 562 nm'de kaydedildi (Turan ve ark., 2016). Okunan absorbansların aşağıdaki eşitlikte kullanılmasıyla bal numunelerinin 25 mg/mL'lik kısımlarının şelatlama potansiyeli (%) hesaplandı. DPPH radikali süpürme aktivitesi testinde izah edildiği şekilde numunenin kendisinin sebep olacağı absorbansı elimine etmek için numune körü de yapıldı.

Şelatlama potansiyeli (%) = [($A_{kör}$ - A_{numune}) / $A_{kör}$] x 100

$A_{kör}$: Numune hacmi kadar su yanında diğer tüm reaktifleri de içeren karışımın (son hacmi 1300 µL) absorbansı,

A_{numune}: Numune ve diğer tüm reaktifleri de içeren karışımın (son hacmi 1300 µL) absorbansıdır.

Katalaz Aktivitelerinin Belirlenmesi

Katalaz aktiviteleri 50 mM fosfat tamponu (pH=7) içerisinde uygun miktarda ekstraktın yaklaşık 25 mM hidrojen peroksit (H_2O_2) çözeltisi üzerine ilave edilerek hidrojen peroksitin dismutasyonunun spektrofotometrik olarak 240 nm de takip edilmesiyle belirlendi. Bu amaçla tüplerden birine sadece tampon içerisinde H_2O_2, diğer tüplere de sıra ile aynı miktarda H_2O_2 yanında bal numuneleri eklenmiştir. İlavenin ardından karıştırma işlemi yapıldı ve 10 dakika süre sonunda tüp içeriklerinin absorbansları 240 nm de ölçüldü. H_2O_2 için molar ekstinksiyon katsayısı olarak 42 $M^{-1}cm^{-1}$'in kullanılmasıyla her bir tüpteki hidrojen peroksit konsantrasyonu ve böylelikle bal örneklerinin katalaz etkinliği göstererek aşağıdaki reaksiyon gereği hidrojen peroksiti su ve oksijene ayrıştırma potansiyelleri hesaplandı (Mir ve ark., 2022; Aksu, 2018).

Antikolinesteraz Aktivitesi

Bal numunelerinin su ekstraktlarının kolin esteraz enzimlerini inhibe edebilme potansiyelleri Ellman ve ark., (1961) tarafından modifiye edilen spektrofotometrik yöntem izlenerek ölçülmüştür.

Asetilkolinesteraz inhibisyon aktivitesini ölçmek için pH sı 8 olan 0.1 mM sodyum fosfat tamponu içerisinde her bir bal ekstraktının 100 µL'lik kısımları ayrı tüpler içerisinde enzim kaynağı olarak kullanılan yılan balığı asetilkolinesterazı (EC 3.1.1.7) ve 0.2 M DTNB (5.5′-Ditiyobis(2-nitrobenzoik asit) (son hacim 1.25 mL) ile oda sıcaklığında 15 dakika boyunca bir araya getirilmiştir. Süre sonunda ekstrakt tarafından inhibisyona uğramayan enzim miktarını belirlemek için nihai konsantrasyonu 0.2 M olacak şekilde asetil tiyokolin iyodür çözeltisi substrat olarak her bir tüpe ilave edildi ve karıştırmanın ardından 15 dakika süreyle enzimatik reaksiyonun gerçekleşmesi sağlandı. Bu süre sonunda inhibitör potansiyeli araştırılan bal örneklerinin etki etmediği enzim kısmının ilave edilen substratı hidroliz etmesi sonucu açığa çıkan tiyokolinlerle ortama ilave edilmiş olan DTNB'nin etkileşimi sonucunda 5-tiyo-2-nitrobenzoat anyonunun oluşumuna bağlı olarak oluşan sarı rengin şiddeti 412 nm'de ölçüldü. Potansiyel enzim inhibitörü olarak test edilen bal numunelerinden içermeyen tüp, kör tüp olarak belirlendi ve bu tüpün absorbansı $A_{kör}$ (tampon ve ekstraksiyon çözücüsü olarak sudan oluşan karışım) olarak kaydedildi (en yüksek absorbans değeri kör tüpte elde edilir). Her bir bal numunesini içeren dolayısıyla farklı ölçülerde inhibisyon etkisi göstererek farklı absorbanslar veren diğer tüp içeriklerinin absorbans değerleri kullanılarak her bir örnek için inhibisyon yüzdesi aşağıdaki eşitlik kullanılarak hesaplandı.

Bal numunelerinin butirilkolinesteraz enzim inhibisiyonu potansiyeli ise aynı prosedürün uygulanmasıyla sadece enzim ve susbtrat olarak sırasıyla at serum butirilkolinesterazı (EC 3.1.1.8) ve butiril tiyokolin klorit kullanılmasıyla test edildi.

Her iki inhibisyon testinde de karşılaştırma yapmak adına 2003'te FDA onayı almış olan AChE'yi seçici olarak inhibe etme potansiyeli bilinen bir alkaloid türevi galantamin pozitif kontrol olarak kullanılmışır (Yıldırım & Güzeldemirci, 2023).

İnhibisyon yüzdesi (%) = $(A_{kör}-A_{örnek}) / A_{kör}$ x 100

Bal Numunelerinin Hidroksil Radikali Tarafından Oluşturulan DNA Hasarını Önleme Etkinliklerinin İncelenmesi

Bal numunelerinin sahip oldukları antioksidan aktiviteleri sayesinde serbest radikallerin nükleik asitler üzerinde oluşturacağı zararı giderebilme potansiyellerini ortaya koyabilmek amacıyla son hacim 12 µL olacak şekilde 50 mM fosfat tamponu (pH=7) içerisinde 0,25 µg pBR 322 plazmid DNA'sı üzerine 2µL 1.0 mM EDTA-$FeSO_4$ ve 1 µL %1'lik H_2O_2 çözeltisi eklenerek DNA üzerinde hasar oluşturulmaya çalışıldı. Hasar oluşturulan diğer tüplere ise her bir bal numunesinden 0,3 g/mL'lik kısımlarından 2 µL eklendi ve karışım ısıtıcılı sallayıcı blok kullanılarak 37 °C'da 30 dakika inkübe edildi. İnkübasyondan sonra karışımların üzerine agaroz jel yükleme boyası (25 mg bromofenol mavisi ve 40 g sukroz saf su ile karıştırılarak son hacim 100 mL'ye tamamlandı) eklenerek her biri %1'lik agaroz (0,5 µg/mL EB içeren) üzerinde elektroforeze tabii tutuldu. Elektroforez işlemi 1 saat süreyle 100 voltluk akım uygulanarak Tris-Asetik Asit-EDTA (1X TAE) yürütme tamponu (10X TAE: 48,4 g Tris, 11,2 mL glasiyal asetik asit ve 20 mL 0,5 M EDTA çözeltisinin saf su ile iyice karıştırılarak hacminin 1000 mL'ye tamamlanması ile hazırlandı) içerisinde gerçekleştirildi. Elektroforez işleminin bitiminde jel UV ışığı altında görüntülendi ve fotoğrafı kaydedildi (Çol Ayvaz ve ark., 2018).

SONUÇ ve TARTIŞMA

Toplam Fenolik ve Flavonoid İçerik

Balda bulunan fenolik ve flavonoid bileşikleri bitkilerden elde edilen ikincil metabolitlerdir. Bu bileşikler bitkiler için güneş, ultraviyole radyasyonu, mikroorganizmalar, böcekler ve otçul hayvanlar gibi çeşitli çevresel faktörlere karşı doğal bir savunma mekanizması görevi görür. Ek

olarak, nektarda bulunarak tozlaşmada önemli bir rol oynarlar ve böylece böcekleri bitkilere çekerler. Fenolik bileşiklerin karakterize edilmesi, nektarın bitki kaynağını belirlemeye ve belirli monofloral balları sınıflandırmaya yardımcı olabilir (Nguyen ve ark., 2024). Bal, nöroprotektif, antioksidan ve antiinflamatuvar olarak etkili olan makro besinler ve mikro besinler açısından zengindir. Siyah kimyon (*Nigella sativa* L.), immünomodülatör aktiviteye sahip bir bitkidir. Siyah kimyon tohumlarının içeriği uçucu yağ, alkaloidler, saponinler, tanenler, polifenoller ve yağlı yağlardır. Siyah kimyon, immünostimülanlar olarak hareket eden, vücudu serbest radikallerden koruyabilen vücut direncini artıran ve kilo aldırıcı olarak görev yapan timokinon bileşikleri içerir (Hardia ve ark., 2025).

Sadece tohumu için yetiştirilen bitkinin çiçekleri, nektar bakımından bol miktarda bulunduğu için bal üretiminde kullanılır. Siyah kimyon tohumunun balla karıştırılmasıyla ilgili birkaç çalışma yürütülürken, siyah kimyon balını inceleyen çok az çalışma vardır. Bu monofloral bal, Haziran'dan Temmuz'a kadar olan çok kısa çiçek hasat süresi nedeniyle büyük ölçüde Türkiye'nin güney bölgelerinde üretilir. Bu bal ayrıca Suudi Arabistan ve Yemen, Sudan ve Bangladeş gibi Orta Doğu ve Arap Yarımadası ülkelerinde de üretilir. Bal koyu renklidir ve sağlık koruyucu bir madde olarak tüketilir (Kolaylı ve ark., 2023).

Çalışmada incelenen 5 farklı çörekotu bal numunesinin toplam fenolik içerik miktarları birbirine oldukça yakın değerler olacak şekilde küçük bir aralıktadır (0.64-0.79 mgGAE/g bal) (Çizelge 1).

Burdur, Kayseri ve Kilis'ten 3'er tane olmak üzere araştırılan 9 çörekotu bal numunesinin metanolik ekstraktlarının toplam fenolik içerik değerleri en yüksek Burdur en düşük Kilis'ten temin edilen örneklerden olmak üzere ortalama olarak 0.5523 mgGAE/g bal olarak rapor edilmiştir. Burdur'dan temin edilen örneklerin *Nigella* spp. olan baskın poleni en yüksek, Kilis'ten temin edilen örneklerin ise baskın poleni en düşüktür (Kolaylı ve ark., 2023). Yine Burdur'dan temin edilen melissopalinolojik analiz sonuçlarına göre sadece 4'ü %40'dan fazla *N. sativa* poleni ihtiva eden diğerlerinde de değişen oranlarda *N. sativa* poleni bulunan toplam10 farklı çörekotu bal numunesinin etanolik ekstraktları üzerinde yapılan incelemeler sonucunda da toplam fenolik içerik değerlerinin ortalama değeri 0.3686 mgGAE/g bal olarak rapor edilmiştir (Kemal ve ark., 2023).

Daha büyük bir bitkisel fenolik bileşikler grubuna ait olan flavonoidlerin de balda çeşitli tipleri olarak bulunur (Albu ve ark., 2022).

Çörek otu bal numunlerinin toplam flavonoid içerik değerleri toplam fenolik içerik değerlerine nazaran daha geniş bir aralıkta değişim göstermiştir (12.73-136.49 µg QTE/g bal) ve her iki parametrede en yüksek değerin elde edildiği bal numuneleri birbirinden farklıdır. Elde edilen verilere tek yönlü varyans analizi uygulanmış ve en az iki numune arasında istatistiki fark gözlenmiştir ($p<0.05$). Post hoc analizleri sonuçlarına göre ise 1. numune 2,3 ve 4. numuneden, 2. numune 1, 4 ve 5. numuneden 3. numune 1,4. ve 5. numuneden, 4. numune tüm numunelerden, 5. numune 2,3 ve 4. numuneden istatistiksel olarak farklıdır. $F(4, 10)=663,226$ ($p< 0.001$) (Çizelge 1)

Kolaylı ve ark. (2023) yapmış oldukları çalışmada Burdur, Kayseri ve Kilis'ten temin ettikleri çötek otu bal numunelerinin toplam flavonoid içeriklerini ortalama olarak 100 g bal için 1.18 mg QTE olarak rapor etmişlerdir. Benzer şekilde Kemal ve ark. (2023)'da Burdur yöresinden temin ederek inceledikelri 10 farklı çörek otu bal numunesinin toplam flavonoid içerik değerleri ortalamasını 56.3 µg QTE/g bal olarak rapor etmişlerdir. Dikkat edilecek olursa hem mevcut çalışma kapsamında incelenen örneklerde hem de literatürden sunulan raporlara ait bal numuneleri durumunda toplam fenolik içerik değerleri flavonoid içerik değerlerine göre daha yüksektir. Aynı durum başka bal çeşitleri durumunda da literatürde rapor edilmiştir (Kaškonienė ve ark., 2009; Hernãndez-Fuentes ve ark., 2021; Albu ve ark., 2022).

Çizelge 1. Bal Örneklerinin Toplam Fenolik (TPİ) ve Toplam Flavonoid İçerik (TFİ) Miktarları

BAL ÖRNEKLERİ	TPİ (mg GAE/g bal)	TFİ (µgQTE/g bal)
I	0.787±0.68	97.11±4.21[b]
II	0.637±0.51	12.73±1.00[c]
III	0.663±0.57	19.63±0.78[c]
IV	0.650±0.46	136.53±5.52[a]
V	0.717±0.68	98.01±4.06[b]
Ortalama	0.691±0.76	72.80±5.22

Antioksidan Aktivite

Balın antioksidan kapasitesi bitkilerden kaynaklanan biyoaktif moleküllerin toplanan nektarla bir araya getirilmesi ile sağlanan enzimler, polifenolik bileşikler (fenolik asitler, fenolik asit türevleri, flavonoidler), proteinler, amino asitler ve diğer bileşikler gibi belirli moleküllerin seviyeleriyle ilişkilendirilmektedir (Albu ve ark., 2022). Balın antioksidan aktivitesinden esas olarak fenolik bileşikler sorumludur. Oksidatif reaksiyonlar çok karmaşıktır, bu sebeple balın antioksidan kapasitesinin belirlenebilmesi amacıyla tek bir deney uygulandığında yetersiz olabileceğini düşündürür. Pentós ve ark. (2020) antioksidan aktivite içeriğinin güvenilirliğini artırmak için en az iki yöntem kullanılmasını önermektedir (Becerril-Sánchez ve ark., 2021).

DPPH radikal süpürme aktivitesi (RSA), basit ve hızlı olduğu için baldaki antioksidan aktivitenin analizi için sıklıkla kullanılan bir yöntemdir. Ayrıca hem katı hem de sıvı numuneleri kullanarak numunenin genel antioksidan kapasitesini gösterir. Toplam antioksidan miktarı, serbest radikallerin %50'sini engellemek için gereken materyal konsantrasyonunu temsil eden IC_{50} parametresi aracılığıyla ifade edilir (Becerril-Sánchez ve ark., 2021). Tüm örnekler için ortamdaki DPPH radikalininin yarısını süpüren ekstrakt konsantrasyonunu ifade edecek şekilde hesaplanan IC_{50} değerleri 9.84-13.11 mg/mL aralığındadır. Hesaplanan değerlerin toplam fenolik ve flavonoid içerik değerleri ile arasındaki korelasyonu değerlendirdiğimizde DPPH radikali süpürme aktivitesinin toplam fenolik içerik değerleri ile daha yüksek korelasyon (R^2= 0.755) gösterdiği görülmektedir.

TPİve TFİ yaygın olarak bulunan bitki maddeleridir ve antioksidan aktiviteye önemli katkıda bulunanlar olarak kabul edilmektedirler, bunun başlıca nedeni benzersiz redoks özellikleridir. Flavonoidler, reaktif oksijen türlerini etkili bir şekilde temizleme kabiliyetleri nedeniyle önemli biyolojik etkiler ve umut vadeden antioksidan aktivite sergileyen bir grup fenolik bileşiktir. Ölçülen ve hesaba dahil edilen renk şiddeti, antioksidan yetenek ve numunedeki indirgeyici bileşenlerin konsantrasyonunun sinerjik etkisine eşittir (Muflihah, Gollavelli, & Ling, 2021). Ballarda toplam fenolik içerik ile antioksidan kapasite arasında çoğunlukla güçlü bir korelasyon olduğu rapor edilmektedir (Zawawi ve ark., 2021). Lianda ve ark. (2012), Brezilya balları üzerinde yaptıkları çalışmada TPİ ve DPPH radikali süpürme aktivitesi değerleri arasında 0.8918 değerinde bir korelasyon değeri hesaplamıştır. Aynı şekilde Nascimento ve ark., (2018) test ettikleri Brezilya balları, Khalil ve ark. (2011) ise inceledikleri Malezya ve Manuka ballarının DPPH radikal süpürme aktivitesi değerleri ile toplam fenolik içerik değerleri arasında yüksek derecede korelasyon rapor etmişlerdir. Burdur yöresinden temin edilen çörekotu ballarının ortamdaki DPPH radikalinin %50 sini süpüren miktarı ortalama olarak 46.07 mg/mL'dır (Kemal ve ark., 2023). Bu değer mevcut çalışmada hesaplanan değerlere nazaran çok yüksek olması sebebiyle aktivite açısından çok düşük olduğu anlamına gelmektedir. Kolaylı ve ark. (2023)'nın çörekotu balları üzerinde yaptığı çalışmada ise ortalama değer 38.40 mg/mL olarak kaydedilmiştir. Standart antioksidan askorbik asit için ise hesaplanan IC_{50} değeri

4.618µg/mL'dir ve bu değerin İzmir'in Buca ilçesinden temin edilen çörekotu ballarının DPPH radikali süpürme aktivitelerinden yaklaşık 2500 kat fazla olduğu söylenilebilir.

Ağır metaller, hücrelerin büyümesi ve çoğalması, biyomoleküllerin sentezi, birçok enzimatik reaksiyon ve vücudun bağışıklığı da dahil olmak üzere çok çeşitli biyolojik süreçler için gereklidir, ancak aşırı alımları zararlıdır. Özellikle oksidatif strese neden olurlar ve metabolizmada serbest radikaller ve reaktif oksijen türleri üretirler. Biyolojik olarak, metal şelasyon tedavisi genellikle metal toksisitesini tedavi etmek için kullanılır. Bu süreç, ligand ile merkezi bir metal atomu arasındaki etkileşim yoluyla gerçekleşir ve karmaşık halka benzeri bir yapı oluşturur. Metaller uygun şelatlayıcı ajanlarla şelatlandıktan sonra, metabolizmadaki hasarları önlenebilir ve vücuttan etkili bir şekilde uzaklaştırılabilir. Doğal ürünlerin antioksidan özelliklerinin taranması sırasında metal şelatlama deneyi de dahil edilmektedir.

Demir (Fe), günlük yaşamımızda aşırı miktarda alınan veya maruz kalınan metallere en iyi örnektir. İnsanlarda demir aşırı yüklenmeleri, metal iyonlarını bağlayan ve aktaran transferin proteiniyle rekabet edebilen ajanların yönetimiyle azaltılabilir. Etkili şelasyon için transferrinden daha yüksek Fe^{3+} afinitesine sahip ilaçlar, fizyolojik koşullar altında doğal demir depolarına zarar verebilir. Bu amaçla dimerkaprol, EDTA, deferoksamin, penisilamin, dimerkaptosüksinik asit ve bunların analogları gibi bazı ilaçlar şelat oluşturucu ajanlar olarak kullanılmakta olup, metal toksisitelerinin tedavisinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Metal şelatlama genellikle en olası ve yaygın antioksidan yöntem olarak kabul edilir. Antioksidanların, metal bağlayan fonksiyonel grupları sayesinde etkili bir Fe bağlama yeteneğine sahip oldukları bildirilmiştir. Fe iyonlarının antioksidan bileşiklerle etkileşimi, antioksidan özellikler de dahil olmak üzere biyolojik etkilerini de değiştirebilir. Şelat oluşturma kapasitesini tahmin etme stratejilerinden biri, ferrozin veya 2,2′-bipiridin gibi bir şelat oluşturucu madde kullanarak serbest demir iyonlarını (Fe^{2+}) ölçmektir. Bu, spektroskopik analizle kolayca tespit edilebilen bir kompleks oluşturur. Metal şelat oluşturucular, kompleksler oluşturur ve demir gibi metallerin reaktifliğini azaltarak onları etkisiz hale getirir. Metal şelatlama yeteneği, lipid peroksidasyonunda katalitik bir etkiye sahip olan metal konsantrasyonunu azalttığı için çok önemlidir. Ek olarak, metal şelatlama ajanları, redoks potansiyelini azalttıkları ve böylece oksitlenmiş metal iyonlarını stabilize ettikleri için ikincil antioksidanlar olarak kabul edilir (Gulcin & Alwasel, 2022).

Çörekotu balları üzerinde yapmış olduğumuz bu çalışmaya Fe^{2+} şelatlama potansiyeli incelemesi de dahil edilmiş olup, bal ekstraktlarının 25 mg/mL'lik kısımlarının Fe^{2+}-ferrozin kompleksinin oluşumunu etkileyebilme potansiyelleri (%) incelenmiştir ve hesaplanan değerler birbirine oldukça yakın olup 17.33-25.79 aralığındadır (Çizelge 2). Bu değerler tek yönlü varyans analizine göre incelendiğinde en az iki numune arasında istatistiksel fark gözlenmiştir ($p<0.05$). Tukey çoklu karşılatırma testine göre ise 1. numune 2. ve 4. numuneler ile, 2. numune diğer tüm numunelerle, 3. numune sadece 2. numuneyle, 4. numune ise 1,2 ve 5. numunelerle ve 5. numune de 1. numune gibi 2. ve 4. numunelerle istatistiksel olarak fark göstermiştir $F(4, 10)= 20,263$ ($p<0.001$).

Literatürde çörekotu balları ile ilgili yapılmış çok nadir antioksidan aktivite çalışması içerisinde şelatlama potansiyeline ilişkin herhangi bir veri olmayışı tez çalışması kapsamında elde edilen verilerin önemini göstermektedir. Ancak 0.007 mg/mL'lik EDTA'nın ortamdaki demirin %50 sini bağlayabildiği bilgisiyle (Güngör Çuhadar, 2024) örneklerin şelatlama potansiyelinin düşük derecede olduğu söylenebilir.

Çizelge 2 Bal Örneklerinin Antioksidan Aktivite Bulguları

BAL ÖRNEKLERİ	DPPH RSA* (IC_{50}; mg/mL)	Fe^{2+} şelatlama Potansiyeli (%)**	Katalaz Aktivitesi (%)***
I	9.84±1.81	25.16±1.06^{a}	16.01±5.94
II	13.11±2.20	17.33±1.44^{c}	15.52±6.63
III	12.17±2.10	23.08±1.26^{ab}	15.76±6.78
IV	11.31±2.02	21.30±1.74^{b}	16.75±5.56
V	9.93±1.99	25.79±0.89^{a}	16.75±2.92
Ortalama	11.27±2.16	22.53±3.34	16.16±4.88

*: Radikal süpürme aktivitesi; **: Şelatlama potansiyeli 25 mg/mL'lik bal;

***: Katalaz aktivitesi 2.5 mg/mL'lik bal için hesaplanmıştır.

Ekvador'dan temin edilen 10 farklı okaliptüs bal üzerinde yapılan incelemeler neticesinde de %22.17-38.20 aralığında değişen oranlarda balların ortamdaki Fe^{2+}'yı bağladığı sonucuna varılmıştır (Valdés-Silvario ve ark., 2018).

H_2O_2, çoğu balın bakteriyostatik ve bakterisidal aktivitesinden sorumlu bir bal bileşiğidir. Belirli bir baldaki hidrojen peroksit konsantrasyonu glikoz oksidaz ve katalaz aktivitelerine bağlıdır. Esas olarak H_2O_2'nin hem elektron donörü hem de alıcı olarak verimli bir şekilde performans gösterdiği bir reaksiyonla H_2O_2'nin su ve oksijene hidrolize edilmesinden sorumlu olan baldaki katalaz (CAT) polenden ve daha az ölçüde nektardan, balın botanik kökenine tabidir. CAT, antioksidan ve antimikrobiyal aktivitelerle olumlu veya olumsuz ilişkili olan bal kalitesi kontrolü için çok önemlidir. Flavonoidler ve diğer polifenoller gibi çeşitli bileşenler, muhtemelen katalaz aktivitesi ile birlikte sinerjik olarak hareket eder (Hossain ve ark., 2022; Osés ve ark., 2024). Öte yandan, katalaz bitkilerden kaynaklandığından, baldaki katalaz seviyesi, bir baldaki peroksit seviyesini etkili bir şekilde belirleyecek ve bu, arılar tarafından ne kadar polenin toplandığına, polenin çiçek kaynağı ve ayrıca bu polenin katalaz aktivitesine bağlı olacaktır (Weston, 2000).

Katalaz (EC 1.11.1.6) enzimi, reaktif oksijen türlerinin, yani genellikle aerobik solunumun bir yan ürünü olarak üretilen hidrojen peroksitin söndürülmesinde önemli bir rol oynadığı için bir oksidoredüktaz enzimidir. Bu nedenle bir antioksidan görevi görür ve hücreyi oksidatif strese karşı korur (Kaushal ve ark., 2018).

Aralarında çobanpüskülü, funda, peygamber çiçeği, lavanta botanik orijinli ayrıca çeşitli multifloral ve salgı ballarının katalaz aktiviteleri incelendiğinde aynı türden olan bir balda oldukça yüksek ama diğerinde oldukça düşük katalaz aktivitesi gözlenmiş olup türler arasında kesin bir yargıya varılmasını engellemektedir (Osés ve ark., 2024).

Mevcut çalışmada da çörekotu bal numunelerimizin 2.5 mg/mL'lik konsantrasyonlarının katalaz aktivitesi göstererek hidrojen peroksiti hidrolizleyebilme potansiyelleri aralarında istatistiksel olarak da fark olmayacak şekilde çok küçük bir aralıkta değişiklik göstermektedir (%15.52-16.75).

Bal Örneklerinin Biyolojik Etkinlikleri

Bal, sağlığı geliştirici özellikleri nedeniyle yüzyıllardır kullanılmaktadır. Bal ve biyoaktif bileşenleri oksidatif stresi, iltihabı ve diğer biyolojik aktiviteleri düzenleyerek onu umut verici bir doğal ilaç haline getirir. Antidiyabetik, yara iyileştirici, kardiyoprotektif, antimikrobiyal ve hepatoprotektif potansiyeli in vitro ve in vivo çalışmalarla kanıtlanmıştır. Dünya nüfusu yaşlandıkça, bunama ve nörodejenerasyon vakalarının keskin bir şekilde artacağı ve küresel

sağlık altyapılarını tehlikeye atacağı öngörülmektedir. Düzenli bal tüketimi kaygıyı hafifletir ve merkezi sinir sistemi üzerindeki uyarıcı etkileri artırır. Balın nörofarmakolojik etkilerinin değerlendirildiği çalışmada balın yenilik kaynaklı davranışlarda ve amfetamin bazlı lokomotor aktivitelerde hareket ve dikleşme davranışlarını potansiyel olarak azalttığını gösterilmiştir (Rahmani & Babiker, 2025). Alzheimer hastalığı (AH), düşük nörotransmitter (asetilkolin) seviyeleri, oksidatif stres ve merkezi sinir sistemi iltihabı ile karakterize ilerleyici bir nörodejeneratif hastalıktır. Şu anda mevcut olan tek tedavi yöntemi, hastalık tanısı konulan hastalara AChE/BuChE (asetilkolinesteraz/butirilkolinesteraz) inhibitörlerinin uygulanmasıdır. Ancak, AH'nin önlenmesi, doğru inhibitörlerin besinlerle birlikte uygulanmasıyla mümkündür. Mevcut ilaçlar (kolinesteraz inhibitörleri: rivastigmin, galantamin ve donepezil dahil), hastalığın ilerlemesinin sonraki aşamalarında dahil edilmektedir. Şu anda üzerinde çalışılan yeni inhibitörlerin potansiyel kaynaklarından biri baldır. Çeşitli ballarda bulunan polifenoller, bu doğal ürünün antioksidan, antiinflamatuvar, antihiperlipidemik ve antimikrobiyal özelliklerinden sorumlu ana bileşikler olarak defalarca vurgulanmıştır. Polifenollerin kardiyovasküler hastalıklar, diyabet, nörodejeneratif hastalıklar, kanser ve diğer hastalıklardaki spesifik etkilerinin moleküler yolu, bazı çalışmalarda kapsamlı bir şekilde ele alınmıştır (Hossen ve ark., 2017; Minden-Birkenmaier ve ark., 2019; Talebi ve ark., 2020). Ayrıca balın hafızayı güçlendirmede önemli bir rol oynayabileceği ve bunamayı önleyici bir ajan olarak da kullanılabileceği gösterilmiştir (Szwajgier ve ark., 2022).

İncelenen çörekotu bal numunelerinin hem asetil hemde butirilkolinesteraz enzimlerini inhibe edebilme potansiyelleri toplam fenolik içerik değerlerinde olduğu gibi birbiriyle yakın değerde olup aralarında herhangi bir istatistiksel fark gözlenmedi (Çizelge 3). Kolinesteraz inhibitörü olarak kullanılan mevcut ilaçlardan galantaminin 0.01 mg/mL'lık kısmının AChE ve BuChE üzerindeki inhibisyon dereceleri ise ortalama olarak sırasıyla yaklaşık %77 ve %24 oranında tespit edilmiştir.

Çizelge 3. Bal Örneklerin Kolinesteraz Enzimleri Üzerindeki İnhibisyon Potansiyelleri

BAL ÖRNEKLERİ	AChE İnhibisyonu (%)	BuChE İnhibisyonu (%)
I	5.36±3.04	5.61±1.97
II	4.49±2.70	5.22±0.84
III	4.75±2.62	2.66±1.27
IV	7.18±5.23	2.69±1.52
V	3.18±2.13	5.41±1.07
Ortalama	4.99±3.12	4.32±182

Enzim inhibisyon potansiyelleri 25 mg/mL'lık bal örnekleri için hesaplandı.

Çörekotu bitkisinin ve çörekotu tohumu yağının kolinesteraz enzimi üzerinde inhibisyonuna ait çalışmalar literatürde mevcutken (Farouk ve ark., 2023; Chatterjee ve ark., 2025; Alkahtani ve ark., 2022), çörekotu balına ilişkin rapor edilen bir çalışma yoktur. Bu sebeple çalışma kapsamında elde ettiğimiz veriler literature önemi bir katkı sağlamaktadır. Kolinesterazların rolü ve nörodejeneratif hastalıkların tedavisinde aktivitelerinin inhibe edilmesi gerekliliği göz önüne alındığında, sunulan bu değerli sonuçlar ve analiz edilen çörekotu balları, AH tedavisini kolaylaştıracak yeni tıbbi ürünlerin geliştirilmesinde potansiyel uygulamalar bulabilir.

Bal Örneklerinin Hidroksil Radikali Tarafından Oluşturulan DNA Hasarını Önleme Etkinlikleri

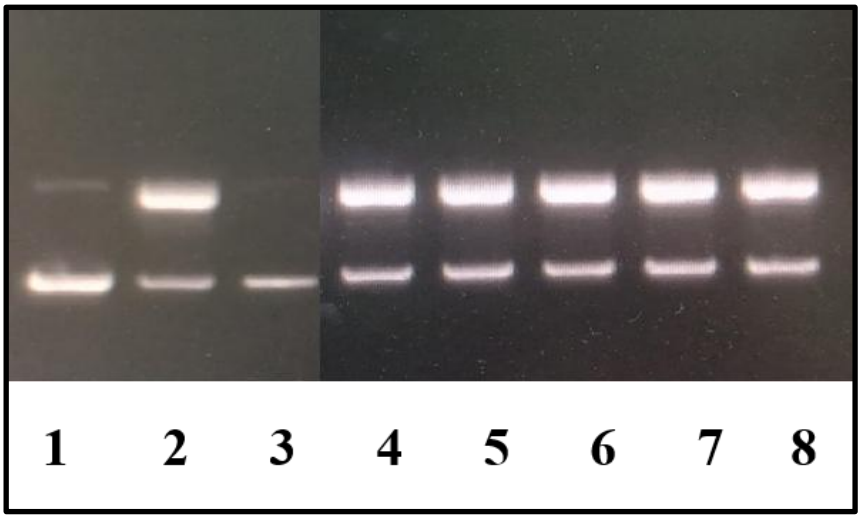
Reaktif oksijen türlerinden kaynaklanan DNA hasarı ve onarımı, kanser gibi çok çeşitli patolojik durumlarla ilişkilendirilmektedir (Chao ve ark., 2021). Balın kanser hücreleri üzerindeki etkisi büyük olasılıkla içinde bulunan fenolik bileşiklerden kaynaklanmaktadır. Fenolik maddeler antioksidan olmalarının yanı sıra kolayca oksitlenirler. Balın fenolik

bileşikleri, bakır gibi geçiş metali iyonlarıyla etkileşimleri yoluyla DNA'ya zarar veren ve hücre ölümüne neden olan ROT'u serbest bırakma potansiyeline sahiptir. Bir dizi flavonoid ve fenoliğin kanser hücrelerinde ROT üretimine neden olabileceği gösterilmiştir (Martinotti, Bonsignore, & Ranzato, 2024). Bal gibi doğal ürünler kanser hücrelerinde ROT oluşumuna sebep olarak antikanser etki gösterirken, ROT tarafından oluşturulan hasarı azaltarak da antikanser etki göstermektedir. Bunun yanısıra son araştırmalar balın ve diğer arı ürünlerinin DNA hasarına karşı koruyucu etkisi olduğunu göstermiştir (Wahyuni ve ark., 2021; Damiani ve ark., 2022).

Üzerinde inceleme yapılan çörekotu bal numunelerinin hidroksil radikali ile oluştrulan DNA hasarına etkileri incelendi (Çol Ayvaz ve ark., 2018). Bu amaçla pBR322 plazmid DNA'sının serbest radikal ile indüklenmiş kırıklarının onarımının in vitro olarak incelenmesiyle agaroz jel elektroforezi tekniği ile incelendi. Fenton reaksiyonu ile üretilen •OH'in saldırısı ile süper sarmal plazmit DNA kırılarak süper sarmal (SC), açık dairesel (OC) ve doğrusal form (Lineer) olmak üzere üç forma dönüşür. Bölgeye özgü olmayan sistemde EDTA demir iyonuyla bir kompleks oluşturmakta ve çözeltide hidroksil radikalleri oluşmaktadır. Oluşan bu hidroksil radikalleri şekil 1 de 2. sırada görülebildiği gibi süper sarmal haldeki DNA'da hasar oluşturarak süper sarmal DNA'nın daha yavaş göç eden kırık ve lineer forma dönüşmesine sebep olur.

Toplam fenolik içerik ve gerek DPPH radikalini süpürme gerekse katalaz etkinliği gibi parametrelerde test edilen bal numunelerinin birbirinden çok farklı davranmadığını gözlenmiştir. Aynı gözlem DNA hasarına karşı koyuculuk etkilerini incelediğimiz görüntü (Şekil 1) üzerinde de görülebilmektedir.

Bal örneklerinin ortamda oluşturulan hidroksil radikalinin sebep olduğu hasarı troloks kadar etkin düşürmediği (hasar durumunda açık dairesel formdaki yoğunluğun troloks varlığında tekrar süper sarmal forma kayması) ancak birbiri ile eşdeğer ölçüde az bir düzeyde süpersarmal form yoğunluğunu artırdığını açık dairesel form yoğunluğunu azalttığını görebilmekteyiz. Çol Ayvaz ve ark. (2018) yaklaşık 50 farklı kestane balı numunesi üzerinde yaptıkları çalışmada balların sadece bir kısmı için daha belirgin olmak üzere benzer sonuçlar elde etmişlerdir.



Şekil 1. Bal Numunelerinin Hidroksil Radikali Tarafından Oluşturulan DNA Hasarını Önleme Etkinliklerinin İncelenmesi İçin Elde Edilen Agaroz Jel Elektroforez Görüntüleri (1:DNA, 2:DNA+EDTA+H_2O_2, 3: DNA+EDTA+H_2O_2+Troloks, 4-8: DNA+EDTA+ H_2O_2+ 1-5 Numaralı Ballar

Literatürde bal çalışmaları kapsamında in vitro ortamda DNA hasarının incelendiği çalışma yok denecek kadar azdır. *Nigella sativa* ve içeriğindeki timokinonun serum/glikoz yoksunluğu ile oluşturulan DNA hasarına karşı koruyuculuk yaptığı Comet testi ile gösterilmiştir (Babazadeh

ve ark., 2012). Benzer bir çalışmada Zhu ve ark., (2020) tarafından *Amorpha fruticosa* L.'den yeni bir çin balı üzerinde de gerçekleştirilmiştir ve doza bağlı koruma etkisi rapor edilmiştir.

Son araştırmalar, fenolik bileşiklerin demir iyonlarını şelatlayabildiğini ve Fenton reaksiyonu yoluyla üretilen hidroksil radikallerini temizleyebildiğini kanıtlamıştır (Cheng ve ark., 2013). Bu bağlamda bal örneklerinin sahip olduğu fenolik bileşikler ve gösterdiği şelat oluşturma potansiyeli DNA hasarı koruma etkinliği ile ilişkilendirilebilir.

Doğanın en dikkat çekici armağanlarından biri olan bal, binlerce yıldır insan yaşamının vazgeçilmez bir parçası olmuş, yalnızca tatlılığı nedeniyle değil, aynı zamanda derin tıbbi, kültürel ve besleyici rolleri nedeniyle de değer görmüştür. Biyokimyası nedeniyle balın geniş bir uygulama alanı vardır. Bal türlerinin çeşitliliği, çiçek kaynakları, coğrafya ve işleme yöntemlerinden etkilenerek, faydalarına başka bir karmaşıklık katmanı ekler. Siyah kimyon (*Nigella sativa* L.) (Ranunculaceae familyası) yüzyıllardır dünya çapında yaygın olarak kullanılan bir tedavi edici otsu çiçekli bir bitkidir (Chatterjee ve ark., 2025; Pandey, Pandey, Bhargava, 2025). Çörekotu ile ilgili yapılan pek çok çalışma bitkinin tohum kısmına odaklanmaktadır (Evanti, Wargasetia, & Gunadi, 2025) ve elde edilen aktiviteler timokinona atfedilmektedir (Sharma ve ark., 2025). Oysaki arılar çiçeklerden nektar toplayarak bal yapmaktadırlar. Ancak bitkinin çiçek kısımları ile ilgili yeterli araştırma olmamasının yanında çörekotu balı üzerinde yapılan incelemeler de kısıtlıdır (Rayhan ve ark., 2019; Kemal ve ark., 2023; Kolaylı ve ark., 2023; Wijaya ve ark., 2021; Okur, 2021). Ön inceleme niteliğinde olan bu çalışmanın verilerine dayanılarak farklı bölgelerde farklı üreticiler tarafından üretilen çörekotu balları üzerinde yapılabilecek eş zamanlı çalışmalarda hem antioksidan aktivite verilerini güçlendirmek amacıyla ilave edilebilecek farklı yöntemler hem de bir besin olarak kullanılabilirliğin avantajını ortaya koyabilmek amacıyla gıda olarak tüketilen bir başka besin maddesi ile birleştirilmesiyle ortaya çıkacak birleşik etkinin ölçümüne dayanan analizler eklenebilir.

KAYNAKLAR

Aksu, F. (2018). Ordu ilinden toplanan yabani ve yenilebilir mantar türlerinin antioksidan aktivitelerinin ve kolinesteraz, tirosinaz ve üreaz inhibisyon potansiyellerinin belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Ordu Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kimya Anabilim Dalı, Ordu.

Albu, A., Radu-Rusu, RM., Simeanu, D., Radu-Rusu, CG. & Pop, IM. (2022). Phenolic and total flavonoid contents and physicochemical traits of Romanian monofloral honeys. *Agriculture*, *12*(9), 1378.

Alkahtani, SA., Alshabi, AM., Abdel-Wahab, BA., Aljadaan, A., Shaikh, IA., Khateeb, MM. & Habeeb, S. (2022). Enhanced antinociceptive activity of Nigella sativa oil after its combined treatment with honey in rats. *Pakistan Journal of Pharmaceutical Sciences*, *35*(1), 1-9.

Arslan, M. (2019). Balın Nöroprotektif Etkileri Üzerine Güncel Gelişmeler. *Türk Bilimsel Derlemeler Dergisi*, 12(3), 44–52.

Asnaashari, M., Tayarani-Najaran, Z., Shahrampour, D. & Rahimi, A. (2025). Quality Assessment of Native Iranian Cedar and Citrus Honeys: Bioactive Components, Antioxidant Activity, and Estrogenic Properties in MCF-7 Cells. *Journal of Food Quality*, *2025*(1), 4928391.

Aygün, SB., & Karataş, E. (2024). Nigella sativa'nın (Çörek otu) sağlık üzerine etkisi. *Toros University Journal of Food Nutrition and Gastronomy*, 3(1), 83-98.

Azim, M., Hariadi, P., Fatmayanti, BR., Febriani, Y., Wazni, AR., & Anggraini, VD. (2025). 2, 2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) Radical Scavenging Analysis and Antibacterial Activities of Renggak Seed (Amomum Dealbatum Roxb). *Sinteza*, *5*(1), 48-58.

Babazadeh, B., Sadeghnia, HR., Kapurchal, ES., Parsaee, H., Nasri, S., & Tayarani-Najaran, Z. (2012). Protective effect of Nigella sativa and thymoquinone on serum/glucose deprivation-induced DNA damage in PC12 cells. *Avicenna Journal of Phytomedicine*, *2*(3), 125.

Becerril-Sánchez, AL., Quintero-Salazar, B., Dublán-García, O. & Escalona-Buendía, HB. (2021). Phenolic compounds in honey and their relationship with antioxidant activity, botanical origin, and color. *Antioxidants*, *10*(11), 1700.

Chao, T., Shih, HT., Hsu, SC., Chen, PJ., Fan, YS., Jeng, YM., Shen, ZQ., Tsai, TF. & Chang, ZF. (2021). Autophagy restricts mitochondrial DNA damage-induced release of ENDOG (endonuclease G) to regulate genome stability. *Autophagy*, *17*(11), 3444-3460.

Chatterjee, G., Saha, AK., Khurshid, S. & Saha, A. (2025). A Comprehensive Review of the Antioxidant, Antimicrobial, and Therapeutic Efficacies of Black Cumin (Nigella sativa L.) Seed Oil and Its Thymoquinone. *Journal of Medicinal Food*, *28*(4), 325-339.

Chen, R., Li, X., Chen, H., Wang, K., Xue, T., Mi, J. ... & Sang, Z. (2023). Development of the "hidden" multi-target-directed ligands by AChE/BuChE for the treatment of Alzheimer's disease. *European Journal of Medicinal Chemistry*, 251, 115253.

Cheng, N., Wang, Y., Gao, H., Yuan, J., Feng, F., Cao, W. & Zheng, J. (2013). Protective effect of extract of Crataegus pinnatifida pollen on DNA damage response to oxidative stress. *Food and Chemical Toxicology*, 59, 709-714.

Çol Ayvaz, M., Ömür, B., Ertürk, Ö. & Kabakçi, D. (2018). Phenolic profiles, antioxidant, antimicrobial, and DNA damage inhibitory activities of chestnut honeys from Black Sea Region of Turkey. *Journal of Food Biochemistry*, *42*(3), e12502.

Damiani, AP., Magenis, ML., Dagostin, LS., da Luz Beretta, ÂC., Sarter, RJ., Longaretti, LM., ... & de Andrade, VM. (2022). Royal jelly reduce DNA damage induced by alkylating agent in mice. *Mutation Research/Fundamental and Molecular Mechanisms of Mutagenesis*, *825*, 111796.

Doğan, C., Çelik, Ş. & Doğan, N. (2017). Siirt Bölgesi Melengiçlerin Toplam Fenolik Madde Miktarları ve Antioksidan Aktivitelerinin Belirlenmesi. *Harran Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi*, *21*(3), 293-298.

Doğan, C., Erdoğan, E. & Demirci, M. (2019). Monofloral balların aromatik profili ve kimyasal içerikleri. *Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, *21*(1), 55–65Durmaz, NE. (2020). Çiçek Ballarının Fenolik Bileşik ve Aroma Bileşenleri Üzerine Araştırma, Doktora Tezi, Ankara Üniversitesi, Ankara.

do Nascimento, KS., Sattler, JAG., Macedo, LFL., González, CVS., de Melo, ILP., da Silva Araújo, E., ... & de Almeida-Muradian, LB. (2018). Phenolic compounds, antioxidant capacity and physicochemical properties of Brazilian Apis mellifera honeys. *LWT*, *91*, 85-94.

Duran, A. & Kaya, M. (2022). Nigella sativa (Çörek Otu): Geleneksel Kullanımı ve Fitokimyasal İçeriği. *Tıbbi ve Aromatik Bitkiler Dergisi*, 5(1), 20–28.

Ekici, T. & Gölgeli, A. (2021). Geleneksel ve tamamlayıcı tıpta apiterapi. *Sağlık Bilimleri Dergisi*, 30(2), 200–203.

Ellman, GL., Courtney, KD., Andres Jr, V. & Featherstone, RM. (1961). A new and rapid colorimetric determination of acetylcholinesterase activity. *Biochemical pharmacology*, *7*(2), 88-95.

Evanti, A., Wargasetia, TL. & Gunadi, JW. (2025). Role of Nigella sativa L. seed (black cumin) in preventing photoaging. *Biomedical Reports*, *23*(2), 131.

Farouk, A., Elbehery, H., Embaby, H., Abdel-Aziz, NF., Abd El-wahab, T., Abouamer, W. & Hussein, H. (2023). Phenolics from Nigella sativa L. straw: Characterization and insecticidal activity against Agrotis ipsilon (Hüfnagel). *Heliyon*, *9*(12).

Gül, A. & Özkök, A. (2021). Balın biyolojik etkinlikleri ve farmakolojik potansiyeli. *Uluslararası Doğa Bilimleri Dergisi*, 6(1), 23–30.

Gül, A. & Pehlivan, T. (2018). Türkiye'de farklı bölgelerden elde edilen balların antioksidan özellikleri. *Gıda*, 43(2), 201–210.

Gül, H. & Aksoy, A. (2019). Balın antioksidan kapasitesi ve sağlık üzerine etkileri. *Gıda ve Sağlık Bilimleri Dergisi*, 5(2), 134–140.

Gulcin, İ. & Alwasel, SH. (2022). Metal ions, metal chelators and metal chelating assay as antioxidant method. *Processes*, *10*(1), 132.

Güngör Çuhadar, MN. (2024). Yemeklik Bitkisel Yağ Türlerinin Biyolojik Etkinliklerinin ve Maliyetlerinin Karşılaştırılması. Yüksek Lisans Tezi, Ordu Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kimya Anabilim Dalı, Ordu.

Güzel, N. & Bahçeci, KS. (2019). Çorum Yöresi Ballarinin Fenolik Madde İçerikleri İle Renk ve Antioksidan Kapasiteleri Arasindaki İlişki. *Gıda*, *44*(6), 1148-1160.

Hardia, L., Akrom, A., Hidayati, T. & Sulistyani, N. (2025). Evaluation of Herbal Honey with Black Cumin and Curcuma xanthorriza as an Antioxidant Supplement for Stunting Prevention. *Journal of Public Health and Pharmacy*, *5*(1), 42-53.

Hernández-Fuentes, AD., Chávez-Borges, D., de Jesús Cenobio-Galindo, A., Zepeda-Velázquez, AP., Figueira, AC., Jiménez-Alvarado, R. & Campos-Montiel, RG. (2021). Characterization of total phenol and flavonoid contents, colour, functional properties from honey samples with different floral origins. *International Journal of Food Studies*, *10*(2).

Hossain, ML., Lim, LY., Hammer, K., Hettiarachchi, D. & Locher, C. (2022). A review of commonly used methodologies for assessing the antibacterial activity of honey and honey products. *Antibiotics*, *11*(7), 975.

Hossen, MS., Ali, MY., Jahurul, MHA., Abdel-Daim, MM., Gan, SH. & Khalil, MI. (2017). Beneficial roles of honey polyphenols against some human degenerative diseases: A review. *Pharmacological Reports*, *69*(6), 1194-1205.

Karlıdağ, S. & Solak-amet, O. (2025). Türkiye'nin Farkli Lokasyonlarindan Temin Edilen Ticari Bal Örneklerinin Melissopalinolojik Ve Fiziko-Kimyasal Analizleri. *Uludag Bee Journal*, *25*(1), 89-107.

Kaškonienė, V., Maruška, A., Kornyšova, O., Charczun, N., Ligor, M. & Buszewski, B. (2009). Quantitative and qualitative determination of phenolic compounds in honey. *Cheminė Technologija*, *52*(3), 74-80.

Kaushal, J., Mehandia, S., Singh, G., Raina, A. & Arya, SK. (2018). Catalase enzyme: Application in bioremediation and food industry. *Biocatalysis and agricultural biotechnology*, *16*, 192-199.

Kaya, B. & Demirtaş, S. (2022). Balın sinir sistemi üzerine etkileri: Alzheimer hastalığı modeli. *İleri Yaşam Bilimleri Dergisi*, 7(1), 88–94.

Kemal, M., Esertaş, ÜZÜ., Kanbur, ED., Kara, Y., Özçelik, AE., Can, Z. & Kolaylı, S. (2023). Characterization of the black cumin (Nigella sativa L.) honey from Türkiye. *Food Bioscience*, *53*, 102760.

Kim, DO., Jeong, SW. & Lee, CY. (2003). Antioxidant capacity of phenolic phytochemicals from various cultivars of plums. *Food chemistry*, *81*(3), 321-326.

Khalil, MI., Alam, N., Moniruzzaman, M., Sulaiman, SA. & Gan, SH. (2011). Phenolic acid composition and antioxidant properties of Malaysian honeys. *Journal of Food Science*, *76*(6), C921-C928.

Kolayli, S., Kazaz, G., Özkök, A., Keskin, M., Kara, Y., Demir Kanbur, E. & Ertürk, Ö. (2023). The phenolic composition, aroma compounds, physicochemical and antimicrobial properties of Nigella sativa L.(black cumin) honey. *European Food Research and Technology*, *249*(3), 653-664.

Lawag, IL., Islam, MK., Sostaric, T., Lim, LY., Hammer, K. & Locher, C. (2023). Antioxidant activity and phenolic compound identification and quantification in Western Australian honeys. *Antioxidants*, *12*(1), 189.

Lianda, RL., Sant'Ana, LDO., Echevarria, A. & Castro, RN. (2012). Antioxidant activity and phenolic composition of Brazilian honeys and their extracts. *Journal of the Brazilian Chemical Society*, *23*, 618-627.

Martinotti, S., Bonsignore, G. & Ranzato, E. (2024). Understanding the Anticancer Properties of Honey. *International Journal of Molecular Sciences*, *25*(21), 11724.

Minden-Birkenmaier, BA., Cherukuri, K., Smith, RA., Radic, MZ., & Bowlin, GL. (2019). Manuka honey modulates the inflammatory behavior of a dHL-60 neutrophil model under the cytotoxic limit. *International journal of biomaterials*, *2019*(1), 6132581.

Mir, B., Mushtaq, A., Rizwan, S., Bashir, F., Behlil, F. & Afzal, S. (2022). Comparison of Antioxidant Enzymes in Natural and Commercial Honey. *Pak-Euro Journal of Medical and Life Sciences*, *5*(1), 31-38.

Muflihah, YM., Gollavelli, G. & Ling, YC. (2021). Correlation study of antioxidant activity with phenolic and flavonoid compounds in 12 Indonesian indigenous herbs. *Antioxidants*, *10*(10), 1530.

Nguyen, QV., Nguyen, MT., Thi, BHB., Mai, QQ., Doan, MD., Nguyen, TH., Nguyen, PV., Pham, TN., & Le, TM. (2024). Physicochemical Characterization, Antioxidant and Tyrosinase Inhibitory Activities of Coffea Robusta Monofloral Honey from Dak Lak Province, Vietnam. *Chemistry & Biodiversity*, *21*(6), e202400379.

Okur, ÖD. (2021). Determination of antioxidant activity and total phenolic contents in yogurt added with black cumin (Nigella sativa L.) honey. *Ovidius Univ. Ann. Chem*, *32*, 1-5.

Okur, ÖD., Dayıoğlu, FN., Duman, M. & Köten, P. (2019). Çörek Otu Bali Kullanimi İle Fonksiyonel Set Tipi Yoğurt Üretimi. *Gıda*, *44*(1), 104-117.

Osés, SM., Rodríguez, C., Valencia, O., Fernández-Muiño, MA. & Sancho, MT. (2024). Relationships among hydrogen peroxide concentration, catalase, glucose oxidase, and antimicrobial activities of honeys. *Foods*, *13*(9), 1344.

Öztürk, S. & Serdaroğlu, M. (2021). Balın fenolik bileşik içeriği ve radikal süpürücü aktivitesi. *Akademik Gıda Dergisi*, *19*(3), 260–268.

Pandey, R., Pandey, B. & Bhargava, A. (2025). An updated review on the phytochemistry and pharmacological activity of black cumin (Nigella sativa L.). *Advanced Chinese Medicine*, *2*(1), 13-29.

Pentoś, K., Łuczycka, D., Oszmiański, J., Lachowicz, S. & Pasternak, G. (2020). Polish honey as a source of antioxidants–a comparison with Manuka honey. *Journal of Apicultural Research*, *59*(5), 939-945.

Qi, N., Zhao, W., Xue, C., Zhang, L., Hu, H., Jin, Y., Xue; X., Chen, R. & Zhang, J. (2025). Phenolic Acid and Flavonoid Content Analysis with Antioxidant Activity Assessment in Chinese C. pi. Shen Honey. *Molecules*, *30*(2), 370.

Rahmani, AH. & Babiker, AY. (2025). Review on role of honey in disease prevention and treatment through modulation of biological activities. *Open Life Sciences*, *20*(1), 20251069.

Rayhan, MA., Yousuf, SA., Rayhan, J., Khengari, EM., Nawrin, K. & Billah, MM. (2019). Black seed honey—a powerful ingredient of prophetic medicine; its neuropharmacological potential. *J Apither*, *5*(2), 18-26.

Sethi, S., Prakash, O., Kumar, R., Dubey, SK., Arya, M. & Pant, AK. (2023). Phytochemical analysis, antioxidant and antifungal activity of essential oil and extracts of Alpinia malaccensis (Burm. f.) Roscoe flowers. *Brazilian Journal of Pharmaceutical Sciences*, *58*, e201209.

Sharma, B., Shekhar, H., Sahu, A., Haque, S., Kaur, D., Tuli, HS., & Sharma, U. (2025). Deciphering the anticancer potential of thymoquinone: in-depth exploration of the potent flavonoid from Nigella sativa. *Molecular Biology Reports*, *52*(1), 268.

Singleton, VL., R. Orthofer, & R. M. Lamuela-Raventós. (1999). Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of folin-ciocalteu reagent. In, Edited by Methods in Enzymology 213:281–6. doi: 10.1016/j.scienta.2016.11.004.

Szwajgier, D., Baranowska-Wójcik, E., Winiarska-Mieczan, A. & Gajowniczek-Ałasa, D. (2022). Honeys as possible sources of cholinesterase inhibitors. *Nutrients*, *14*(14), 2969.

Talebi, M., Talebi, M., Farkhondeh, T. & Samarghandian, S. (2020). Molecular mechanism-based therapeutic properties of honey. *Biomedicine & Pharmacotherapy*, *130*, 110590.

Tok, F. (2025). Recent Studies on Heterocyclic Cholinesterase Inhibitors Against Alzheimer's Disease. *Chemistry & Biodiversity*, *22*(4), e202402837.

Turan, B., Şendil, K., Şengül, E., Gültekin, M. S., Taslimi, P., Gulçin, İ. & Supuran, CT. (2016). The synthesis of some β-lactams and investigation of their metal-chelating activity, carbonic anhydrase and acetylcholinesterase inhibition profiles. *Journal of Enzyme Inhibition and Medicinal Chemistry*, *31*(sup1), 79-88.

Türk Gıda Kodeksi (2020). Bal Tebliği 2020/7.

Valdés-Silverio, LA., Iturralde, G., García-Tenesaca, M., Paredes-Moreta, J., Narváez-Narváez, DA., Rojas-Carrillo, M., Tejera, E., Beltrán-Ayala, P., Giampieri, F. & Alvarez-Suarez, JM. (2018). Physicochemical parameters, chemical composition, antioxidant capacity, microbial contamination and antimicrobial activity of Eucalyptus honey from the Andean region of Ecuador. *Journal of Apicultural Research*, *57*(3), 382-394.

Wahyuni, EA., Chen, CY., Wu, HN., Chien, CC. & Chen, SC. (2021). Propolis alleviates 4-aminobiphenyl-induced oxidative DNA damage by inhibition of CYP2E1 expression in human liver cells. *Environmental Toxicology*, *36*(8), 1504-1513.

Weston, RJ. (2000). The contribution of catalase and other natural products to the antibacterial activity of honey: a review. *Food Chemistry*, *71*(2), 235-239.

Wijaya, I., Ginting, CN., Ginting, SF. & Ikhtiari, R. (2021). Phytochemical and antibacterial analysis of the formulated cream of black cumin honey. *Research Journal of Pharmacy and Technology*, *14*(11), 5691-5695.

Zawawi, N., Chong, PJ., Mohd Tom, NN., Saiful Anuar, NS., Mohammad, SM., Ismail, N. & Jusoh, AZ. (2021). Establishing relationship between vitamins, total phenolic and total flavonoid content and antioxidant activities in various honey types. *Molecules*, *26*(15), 4399.

Zhu, M., Zhao, H., Wang, Q., Wu, F. & Cao, W. (2020). A novel Chinese honey from Amorpha fruticosa L.: Nutritional composition and antioxidant capacity in vitro. *Molecules*, *25*(21), 5211.

ATYPICAL ANTIPSYCHOTIC USE AND OCULOGYRIC CRISIS: A PHARMACOVIGILANCE DATABASE ANALYSIS

ATİPİK ANTİPSİKOTİK KULLANIMI VE OKÜLOJİRİK KRİZ: FARMAKOVİJİLANS VERİ TABANINDA YAPILAN BİR ANALİZ

Nesrin ÇAĞLAYAN DUMAN
Ordu Üniversitesi, Tıp Fakültesi, Tıbbi Farmakoloji Anabilim Dalı, Ordu, Türkiye
ORCID ID: https://orcid.org/0000-0002-3215-590X

Erkan DUMAN
Westeye Hospital, Erbil, Irak
ORCID ID: https://orcid.org/0000-0003-0739-536X

Arda DEMİRKOPARAN
Ordu Üniversitesi, Tıp Fakültesi, Ordu, Türkiye
ORCID ID: https://orcid.org/0009-0006-7927-6529

Talha TEKEDERELİ
Ordu Üniversitesi, Tıp Fakültesi, Ordu, Türkiye
ORCID ID: https://orcid.org/0009-0006-4454-0035

ABSTRACT

Oculogyric crisis is an acute dystonic reaction characterized by the eyes deviating upward continuously. This study aims to evaluate the relationship between atypical antipsychotics and oculogyric crisis using a comprehensive pharmacovigilance database. This study included reports of “oculogyric crisis” associated with atypical antipsychotic drugs recorded in U.S. Food and Drug Administration’s (FDA) Adverse Event Monitoring System (AEMS) database. OpenVigil was used as a data mining tool to automatically clean, filter, and perform statistical analysis on the AEMS dataset. Disproportionality analysis was performed using Reporting Odds Ratio (ROR) and Proportional Reporting Ratio (PRR). A positive safety signal was assessed when all predefined criteria were met, including at least three reported cases, an ROR > 2 with a lower limit of the 95% confidence interval > 1, and a PRR > 2 with a chi-square value > 4. An analysis of the 14 atypical antipsychotic drugs for which oculogyric crisis were reported in FDA AEMS revealed that 12 of them showed a positive signal. Aripiprazole (n=212) had the highest number of reported cases among these drugs. Two drugs were found to have the highest signal strength: ziprasidone (PRR=49.563; ROR=49.838) and brexpiprazole (PRR=46.628; ROR=46.871). In conclusion, this study supports the notion that the use of certain atypical antipsychotics may be significantly associated with oculogyric crises and

underscores the importance of pharmacovigilance data regarding the safety profile of these medications. Prospective clinical investigations are required to corroborate these findings and establish causality.

Key Words: Adverse event; Atypical antipsychotic drugs; Oculogyric crisis

GİRİŞ

Antipsikotik ilaçlar, başta şizofreni olmak üzere çeşitli psikotik bozuklukların tedavisinde temel rol oynayan farmakolojik ajanlardır. Klinik kullanımda bu ilaçlar, **tipik** ve **atipik** olarak iki ana gruba ayrılmaktadır. Tipik antipsikotikler, başlıca dopamin D2 reseptör antagonizması yoluyla etki gösterirken; atipik antipsikotikler dopaminerjik blokajın yanı sıra serotonin (özellikle 5-HT2A) reseptörleri üzerinde de etkili olup daha geniş bir etki profiline sahiptir[1,2]. Bu farmakodinamik farklılıklar, iki grup arasında gözlenen advers olay profillerinin de belirgin biçimde farklılaşmasına yol açmaktadır.

Atipik antipsikotikler, tipik antipsikotiklere kıyasla daha düşük ekstrapiramidal semptom riski ile öne çıkmaktadır. Bununla birlikte, bu ilaçların kullanımına eşlik eden advers olay profili önemli klinik sorunlar doğurmaya devam etmektedir. Özellikle kilo artışı, dislipidemi ve insülin direnci gibi metabolik etkiler, metabolik sendrom gelişimi ile yakından ilişkilidir ve uzun dönem morbiditeyi artırmakta olduğu belirtilmiştir[3]. Ayrıca sedasyon, ortostatik hipotansiyon ve antikolinerjik etkiler gibi advers etkiler tedaviye uyumu olumsuz etkileyebilmektedir[4]. Bunun yanı sıra bazı atipik antipsikotiklerin QT aralığında uzamaya yol açabilmesi kardiyovasküler riskler açısından dikkat gerektirmektedir[5]. Atipik antipsikotiklerin daha iyi tolere edildiği yönündeki genel kabule rağmen, bu örnekler advers olay profillerinin dikkatle izlenmesinin büyük önem taşımakta olduğunu göstermektedir.

Okülojirik kriz, distoninin nadir ancak karakteristik bir göz belirtisidir. En tipik klinik bulgusu; göz kaslarının distonik reaksiyonu sonucu saniyeler veya saatler boyunca her iki göz bakışının elevasyonudur[6,7]. Okülojirik kriz, akut bir distonik reaksiyon olup ortaya çıkma ihtimalini artıran belirli biyolojik, farmakolojik ve genetik risk faktörleri bulunmaktadır[8]. Normal şartlarda ilaç kaynaklı okülojirik krizlerin, sorumlu ilacın kesilmesiyle durduğu belirtilmekte iken; bir çalışma, okülojirik krizin sadece geçici bir ilaç advers etkisi olarak görülmemesi gerektiğini, bazı bireylerde ilacın kesilmesinden sonra bile devam eden kronik bir seyir izleyebileceğini göstermektedir[9].

Advers olay; genellikle bir tedavi, ilaç ya da tıbbi müdahale sonrasında ortaya çıkan istenmeyen, zararlı veya beklenmeyen etkiyi ifade eder. İlaçlar ve biyolojik ürünlerle ilişkili advers olayların sistematik biçimde toplanması, izlenmesi ve analiz edilmesi amacıyla dünya genelinde çeşitli farmakovijilans veri tabanları oluşturulmuştur. Bu veri tabanları, ilaç güvenliliğinin sürekli değerlendirilmesine olanak sağlayarak potansiyel risklerin erken dönemde saptanmasına ve sinyal tespitine katkıda bulunmaktadır. Avrupa'da, European Medicines Agency (EMA) tarafından yürütülen EudraVigilance sistemi ve Amerika Birleşik Devletleri'nde ise U.S. Food and Drug Administration (FDA) bünyesinde yer alan Adverse Event Reporting System (AEMS) veri tabanı bulunmaktadır[10,11].

AEMS'de vakaların cinsiyet, yaş gibi demografik bilgileri, ana başlıklar ve ayrıntılı başlıklar halinde ilaç advers olay verileri, rapor edenlerin kimler olduğu gibi bilgiler bulunmaktadır[10]. Ayrıca, bu verilerin sistematik analizi, nadir görülen advers olaylara ilişkin potansiyel sinyallerin ve belirli hasta alt gruplarıyla ilişkili olabilecek istatistiksel bağlantıların ortaya çıkarılmasını sağlamaktadır[12].

Antipsikotiklerin advers etki profili üzerine yapılan araştırmalar, nadir ancak klinik açıdan önemli olan akut distonik reaksiyonların önemini koruduğunu göstermektedir. Bu çalışma, kapsamlı bir farmakovijilans veri tabanını kullanarak atipik antipsikotikler ile okülojirik kriz arasındaki ilişkiyi değerlendirmeyi amaçlamaktadır.

GEREÇ VE YÖNTEM

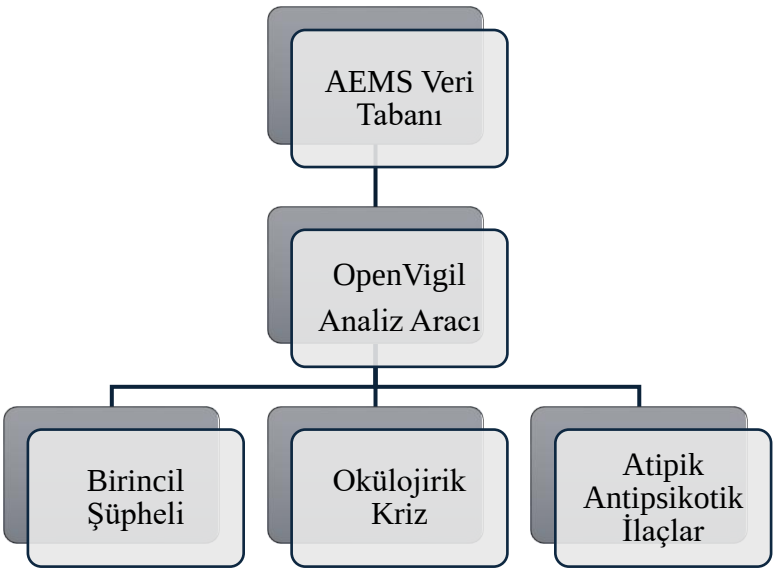
Bu araştırmada, retrospektif bir veri kaynağı olan AEMS verilerinin analizi için özelleşmiş bir farmakovijilans aracı olan OpenVigil 2.1 kullanılmıştır. OpenVigil; veri madenciliği, temizleme ve analiz süreçlerini optimize ederek, geniş kapsamlı farmakovijilans veri tabanlarından sistematik veri çıkarımı yapılmasına olanak sağlayan gelişmiş bir yazılımdır.

OpenVigil'in arama kısmında ilaç adı olarak hedef ilaçların her biri ayrı ayrı yazılmıştır. Advers olay kısmına göz advers olayı olarak belirtilen 'okülojirik kriz' yazılmıştır. Bu çalışmaya 2004'ün başından 2024'ün sonuna kadar olan bütün verilerin birincil şüpheli olduğu vakalar dahil edilmiştir. Hedef ilaç grubu olarak atipik antipsikotik ilaçlar değerlendirilmiştir. Bu ilaçlar şunlardır: amilsulpirid, aripiprazol, asenapin, blonanserin, brekspiprazol, kariprazin, ketiapin, klozapin, lurasidon, olanzapin, ziprasidon, paliperidon, paliperidon palmitat, risperidon. Çalışmanın akış şeması Şekil 1'de sunulmuştur.

İlaç-advers olay çiftleri arasındaki orantısızlık analizi, temel olarak 2x2 kontingans tablolarına dayanan algoritmalarla gerçekleştirilmiştir. Sinyal gücünün tespiti ve değerlendirilmesi için Raporlama Olasılık Oranı (ROR) ve Orantılı Raporlama Oranı (PRR) parametreleri kullanılmıştır. OpenVigil 2.1 aracılığıyla elde edilen verilerde, istatistiksel anlamlılık için vaka sayısının en az 3 olması şartı aranmıştır. Pozitif sinyal tespiti için belirlenen eşik değerler; ROR > 2, ROR için %95 güven aralığının alt sınırı > 1, PRR > 2 ve PRR için Ki-kare değeri > 4 olarak belirlenmiştir. Belirtilen kriterlerin tamamını karşılayan bulgular, ilaç ile advers etki arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki (pozitif sinyal) olduğu şeklinde kabul edilmiştir.

Sinyal yoğunluğu, ROR ve PRR değerlerine göre üç kategoride sınıflandırılmıştır: zayıf ($2 <$ ROR veya PRR ≤ 10), orta ($10 <$ ROR veya PRR ≤ 50) ve güçlü (ROR veya PRR >50). Bu sınıflandırma, ilaç-advers olay ilişkisinin şiddetini belirlemek amacıyla kullanılmıştır.

Bu çalışma, kamuya açık ve anonim farmakovijilans verilerinin analizine dayandığı; kişisel veri veya doğrudan insan müdahalesi içermediği için uluslararası uygulamalar doğrultusunda etik kurul onayı gerektirmemektedir.



Şekil 1. Çalışmanın akış şeması

BULGULAR

FDA AEMS verilerine göre 'okülojirik kriz' advers olayı için primer şüpheli olarak bildirilmiş 1551 vakanın bulunmakta olduğu tespit edilmiştir. Bunların %60,2'sinin (pozitif sinyal bulunan vakaların sayısı 933'tür) atipik antipsikotik ilaçlar ile ilgili olduğu bulunmuştur.

Okülojirik kriz bildirimi bulunan 14 atipik antipsikotik ilacın analizi ile bunların 12'sinde pozitif sinyal saptanmıştır. Amisulpirid ve blonanserin pozitif sinyal bulunmayan ilaçlardır. 12 ilaçtan 9'unun orta sinyal yoğunluğu geri kalanının ise zayıf sinyal yoğunluğu gösterdiği bulunmuştur. Orantısızlık analizi verileri Tablo 1'de sunulmuştur.

Bu çalışmada atipik antipsikotik ilaçlara ilişkin farmakovijilans analizinde, ajanların çoğu için pozitif sinyal saptanmış olup, sinyal gücünün ilaçlar arasında belirgin farklılık gösterdiği görülmüştür. En yüksek sinyal gücü ziprasidon (PRR=49,563; ROR=49,838) ve brekspiprazol (PRR=46,628; ROR=46,871) için belirlenirken, bunu kariprazin, aripiprazol ve olanzapin izlemiştir. Buna karşın, en düşük sinyal değerleri klozapin ve paliperidon palmitat için gözlenmiştir. Olgu sayısı açısından değerlendirildiğinde ise en yüksek bildirim sayısının aripiprazol (n=212) ile ilişkili olduğu bulunmuştur. Yüksek sayıda rapor içeren diğer ilaçlar ise sırasıyla şunlardır; risperidon (n=171), olanzapin (n=146), ketiapin (n=127) ve klozapin (n=74). En az sayıda rapor ise asenapinindir (n=6).

Tablo 1. Antipsikotik ilaçların okülojirik krize bağlı advers olay raporlarına ilişkin orantısızlık analizi

İlaçlar	Rapor sayısı	PRR	χ2	ROR	% 95 GA
Aripiprazol	212	36,844	6351,964	36,979	31,984; 42,754
Risperidon	171	27,675	3888,467	27,752	23,67; 32,538
Olanzapin	146	36,336	4513,265	36,473	30,749; 43,263
Ketiapin	127	18,912	1961,859	18,949	15,801; 22,724
Klozapin	74	8,034	427,325	8,04	6,366; 10,156
Brekspiprazol	47	46,628	1991,133	46,871	35,034; 62,708
Ziprasidon	45	49,563	2032,436	49,838	37,02; 67,095
Paliperidon	40	19,043	648,772	19,082	13,936; 26,13
Lurasidon	22	14,693	263,439	14,716	9,657; 22,425
Paliperidon palmitat	22	9,447	155,595	9,456	6,207; 14,408
Kariprazin	21	41,094	771,368	41,285	26,812; 63,571
Asenapin	6	9,113	35,465	9,121	4,09; 20,344

Kısaltmalar: χ2: Yates' ile düzeltilmiş kikare değeri, % 95 GA: %95 güven aralığı (alt sınır; üst sınır), PRR: Orantılı Raporlama Oranı, ROR: Raporlama Olasılık Oranı

SONUÇ VE TARTIŞMA

Bu çalışmada farklı atipik antipsikotik ilaçlar için farmakovijilans verileri kullanılarak orantısızlık analizi yapılmıştır. PRR ile ROR değerleri üzerinden olası güvenlik sinyalleri değerlendirilmiştir. Elde edilen bulgular, incelenen ilaçların çoğunda değişen düzeylerde sinyal varlığına işaret etmektedir.

En yüksek PRR ve ROR değerlerinin ziprasidon, brekspiprazol ve kariprazin için saptanmış olması, bu ilaçların okülojirik kriz ile daha güçlü bir ilişki oluşturduğunu düşündürmektedir. Aripiprazol, olanzapin ve risperidon gibi klinikte yaygın kullanılan ilaçlar için daha yüksek rapor sayıları elde edilmiş, ancak orantısızlık analizi değerlerinin görece daha düşük olduğu görülmüştür. Bu bulgular, atipik antipsikotikler arasında advers olay profillerinin heterojen olduğunu ve bazı ajanların belirli advers olaylar açısından daha güçlü farmakovijilans sinyalleri verebileceğini düşündürmektedir. Ancak bu tür orantısızlık analizlerinin nedensellik göstermediği, yalnızca potansiyel güvenlilik sinyallerini ortaya koyduğu göz önünde bulundurulmalıdır.

2022 yılına kadar olan AEMS'deki verilerin kullanıldığı bir çalışmada; okülojirik kriz için özellikle olanzapin, aripiprazol, ketiapin ve risperidon ile ilişkili daha yüksek olmak üzere atipik antipsikotik ilaçlarla ilgili pozitif sinyaller gözlendiği bildirilmiştir[13]. Bu çalışmaya kıyasla bizim çalışmamızda ilaçların olgu sayılarının arttığı, bazı ilaçlar için sinyal gücünün de arttığı görülmüştür. Çalışmamızda özellikle yeni nesil antipsikotiklerden olan brekspiprazol ve

kariprazin için gözlenen yüksek değerler, literatürde sıkça vurgulanan “yenilik etkisi” ile ilişkili olabilir.

Ziprasidon, atipik bir antipsikotik olmasına rağmen, literatürde okülojirik kriz vakalarıyla ilişkilendirilmiştir[14–16]. Mevcut çalışmada yapılan sinyal tespit analizlerinde, ziprasidon kullanımı ile okülojirik kriz gelişimi arasında istatistiksel olarak orta derecede sinyal gücü tespit edilmiştir (ROR: 49,838, PRR: 49,563). Bu durum, klinisyenlerin ziprasidon tedavisini başlatırken atipik özelliğine güvenip izlemi bırakmaması gerektiğini, aksine hastalarda distoni semptomlarına karşı dikkatli olunması gerektiğini göstermektedir.

Mevcut çalışmada brekspiprazol kullanımı ile okülojirik kriz gelişimi arasında istatistiksel olarak oldukça anlamlı bir ilişki saptanmıştır (PRR: 46,628, ROR: 46,871). Bu değerler, brekspiprazolün tipik antipsikotiklere kıyasla daha düşük ekstrapiramidal advers etki riski taşıdığı yönündeki genel klinik beklentiyle tezat oluşturmakta ve bu advers olayın nadir olmadığını ortaya koymaktadır. Literatür taramamızda brekspiprazolün distoni yaptığına dair vaka bulunmasına rağmen spesifik olarak okülojirik krize dair bir vaka bildirimi görülememiştir[17]. 2016-2022 yıllarına dair bildirimlerin değerlendirildiği bir farmakovijilans çalışmasında okülojirik kriz ve brekspiprazol için 25 vaka ve PRR=31,16 olduğu bildirilmiştir[13]. Bizim çalışmamızda vaka sayısının ve orantısızlık analizi değerlerinin daha yüksek olduğu görülmektedir.

İlaçlar okülojirik krizin yaygın nedenlerinden biridir[18]. Slow ve Lang'in çalışması, okülojirik krizlerin sadece bir "advers olay" olarak görülmemesi gerektiğini; aksine insan beynindeki motor kontrol, motivasyon ve düşünce süreçlerinin nasıl iç içe geçtiğini gösteren paha biçilmez bir klinik pencere olduğunu savunmaktadır[7]. İlaç güvenliği çalışmalarında, nörooftalmolojik advers etkilerin erken tespiti ve risk faktörlerinin belirlenmesi tedavi yönetimi açısından kritiktir.

Mahal ve arkadaşlarının çalışması, risk faktörlerini sadece antipsikotiklerle sınırlamaz, klinik yelpazenin geniş olduğunu belirtmektedirler. Birinci kuşak antipsikotiklerin yanı sıra, yeni nesil (atipik) antipsikotiklerin de okülojirik krizi tetikleyebileceğini belirtmektedirler. Antipsikotikler dışında özellikle emesis, depresyon, epilepsi ve malarya tedavisinde kullanılan ilaçların da okülojirik krizle ilişkili olabileceğini vurgulamaktadırlar[8]. Antipsikotik ilaçlar, uzun yıllardır klinik pratikte önemli bir terapötik başarı sağlamış olmakla birlikte, etkinliklerinin sınırlılığı ve advers olay profillerine ilişkin sorunlar devam etmektedir[19].

Farmakovijilans çalışmalarının doğası gereği bu bulgular, doğrudan bir nedensellik ilişkisi kurmaktan ziyade hipotez oluşturucu niteliktedir. Spontan bildirim sistemlerinden elde edilen veriler; eksik raporlama, seçici bildirim ve karıştırıcı faktörler gibi önemli sınırlılıklar içermektedir. Ayrıca, ilaçların dozları, kullanım süreleri, eşlik eden hastalıklar ve eş zamanlı ilaç kullanımları gibi kritik klinik değişkenlerin bu analiz kapsamında değerlendirilememiş olması çalışmanın diğer kısıtlılıklarını oluşturmaktadır.

Mevcut çalışmadaki analiz sonucunda, atipik antipsikotiklerin çoğunun okülojirik kriz ile ilişkili olabileceğine dair farmakovijilans sinyalleri saptanmıştır. Özellikle ziprasidon ve brekspiprazol için daha yüksek sinyal gücü değerleri gözlenmiştir. Bu çalışma gibi farmakovijilans verilerinden elde edilen bu tür sinyaller, klinisyenler için erken uyarı niteliği taşımakta olup, ilaç güvenliliğinin sürekli izlenmesinin önemini bir kez daha ortaya koymaktadır. Atipik antipsikotikler ile okülojirik kriz arasında anlamlı bir ilişki olabileceğine dair bu farmakovijilans sinyallerinin klinikte yürütülen prospektif çalışmalarla desteklenmesi önemlidir.

KAYNAKLAR

1. Kapur S, Remington G. Atypical Antipsychotics: New Directions and New Challenges in the Treatment of Schizophrenia. *Annu Rev Med*. 2001;52(1):503-517. doi:10.1146/annurev.med.52.1.503

2. Meltzer HY. Update on Typical and Atypical Antipsychotic Drugs. *Annu Rev Med*. 2013;64(1):393-406. doi:10.1146/annurev-med-050911-161504

3. Newcomer JW. Second-Generation (Atypical) Antipsychotics and Metabolic Effects. *CNS Drugs*. 2005;19(Supplement 1):1???93. doi:10.2165/00023210-200519001-00001

4. Stroup TS, Gray N. Management of common adverse effects of antipsychotic medications. *World Psychiatry*. 2018;17(3):341-356. doi:10.1002/wps.20567

5. Ruiz Diaz JC, Frenkel D, Aronow WS. The relationship between atypical antipsychotics drugs, QT interval prolongation, and torsades de pointes: implications for clinical use. *Expert Opin Drug Saf*. 2020;19(5):559-564. doi:10.1080/14740338.2020.1745184

6. Barow E, Schneider SA, Bhatia KP, Ganos C. Oculogyric crises: Etiology, pathophysiology and therapeutic approaches. *Parkinsonism Relat Disord*. 2017;36:3-9. doi:10.1016/j.parkreldis.2016.11.012

7. Slow EJ, Lang AE. Oculogyric crises: A review of phenomenology, etiology, pathogenesis, and treatment. *Movement Disorders*. 2017;32(2):193-202. doi:10.1002/mds.26910

8. Mahal P, Suthar N, Nebhinani N. Spotlight on Oculogyric Crisis: A Review. *Indian J Psychol Med*. 2021;43(1):5-9. doi:10.1177/0253717620942096

9. Schneider SA, Udani V, Sankhla CS, Bhatia KP. Recurrent acute dystonic reaction and oculogyric crisis despite withdrawal of dopamine receptor blocking drugs. *Movement Disorders*. 2009;24(8):1226-1229. doi:10.1002/mds.22532

10. U.S. Food and Drug Administration (FDA). FDA Adverse Event Monitoring System (AEMS) Public Dashboard. Accessed April 24, 2026. https://www.fda.gov/safety/fda-adverse-event-monitoring-system-aems

11. European Medicines Agency (EMA). EudraVigilance: European database of suspected adverse drug reaction reports. Accessed April 24, 2026. https://www.adrreports.eu/en/

12. Harpaz R, DuMouchel W, Shah NH, Madigan D, Ryan P, Friedman C. Novel Data-Mining Methodologies for Adverse Drug Event Discovery and Analysis. *Clin Pharmacol Ther*. 2012;91(6):1010-1021. doi:10.1038/clpt.2012.50

13. Mu C, Chen L. Characteristics of eye disorders induced by atypical antipsychotics: a real-world study from 2016 to 2022 based on Food and Drug Administration Adverse Event Reporting System. *Front Psychiatry*. 2024;15. doi:10.3389/fpsyt.2024.1322939

14. MASON MN, JOHNSON CE, PIASECKI M. Ziprasidone-Induced Acute Dystonia. *American Journal of Psychiatry*. 2005;162(3):625-a-626. doi:10.1176/appi.ajp.162.3.625-a

15. Viana B de M, Prais HAC, Camargos ST, Cardoso FEC. Ziprasidone-related oculogyric crisis in an adult. *Clin Neurol Neurosurg*. 2009;111(10):883-885. doi:10.1016/j.clineuro.2009.07.015

16. Ramos AE, Shytle RD, Silver AA, Sanberg PR. ZIPRASIDONE-INDUCED OCULOGYRIC CRISIS. *J Am Acad Child Adolesc Psychiatry*. 2003;42(9):1013-1014. doi:10.1097/01.CHI.0000070257.24125.91

17. Ebina T, Iwamoto K, Ikeda M. Brexpiprazole-related tardive dystonia in a young patient with schizophrenia: A case report. *Psychiatry Clin Neurosci*. 2024;78(5):334-335. doi:10.1111/pcn.13653

18. Campbell D. The management of acute dystonic reactions. *Aust Prescr*. 2001;24(1):19-20. doi:10.18773/austprescr.2001.011

19. Lyman M, McCutcheon RA. Antipsychotic drugs at 75: the past, present, and future of psychosis management. *Br Med Bull*. 2025;156(1). doi:10.1093/bmb/ldaf016

SCIENCE COMMUNICATION IN POST-DISASTER SOCIETIES: A CASE STUDY OF THE ANTAKYA SCIENCE FESTIVAL

Minegül ALPTEKİN
Republic of Türkiye Ministry of National Education, Science Education, Hatay, Turkey
ORCID ID: https://orcid.org/0000-0002-6997-3594

Gizem GÜVEN
Republic of Türkiye Ministry of National Education, Elementary Education, Hatay, Turkey
ORCID ID: https://orcid.org/0009-0000-9956-8963

Ayşe ÖZBEN İSTANBULLU
Republic of Türkiye Ministry of National Education, Mathematics Education, Hatay, Turkey
ORCID ID: https://orcid.org/0000-0002-1830-979X

Meryem ALTUN
Republic of Türkiye Ministry of National Education, Elementary Education, Hatay, Turkey
ORCID ID: https://orcid.org/0009-0004-1563-9656

ABSTRACT

The "Antakya Science Festival" (Project No: 125B852) was designed as a strategic educational intervention following the devastating February 6 earthquakes to foster scientific curiosity and cognitive resilience in Hatay. The primary objective is to evaluate the festival's impact on participants' scientific attitudes and to investigate how decentralized science outreach contributes to social recovery and educational equality in post-disaster rural areas. The study utilized a mixed-methods research design. Quantitative data were collected from 450 participants through 5-point Likert-type scales, including the "Science Festival Attitude Scale". Data analysis was performed using SPSS, employing paired-sample t-tests and Pearson Correlation analysis. Qualitative data were gathered via 34 distinct workshops, observational diaries, and semi-structured exit interviews. Statistical analysis demonstrated a significant positive shift in participants' attitudes toward science after the festival ($t=8,51$, $p <.001$). A strong positive correlation ($r = .78$) was found between active workshop participation and improved scientific literacy. Over three days, the festival successfully reached 35,218 individuals, integrating complex scientific concepts into accessible, hands-on activities for diverse age groups. The findings confirm that large-scale science festivals serve as effective platforms for psychological and social reconstruction in disaster-stricken regions. By mobilizing local stakeholders, the project demonstrated that scientific education can be successfully decentralized to rural settlements. In conclusion, the Antakya Science Festival proved to be a vital model for sustainable science communication, while highlighting the need to increase expert academics and diversify thematic workshops in future projects to sustain this scientific culture.

Keywords: Science Communication; Post-Disaster Education; Scientific Attitude; TÜBİTAK 4007; Antakya.

INTRODUCTION

Scientific thinking is rooted in the biological mechanism of human curiosity. Anyone possessing this innate sense of curiosity is a candidate for scientific inquiry (Demirsoy, 2005). This inherent curiosity develops over time with environmental support, laying the foundation for scientific thinking skills. Scientific thinking is a critical, investigative, and independent approach based on scientific principles. It encompasses skills related to generating theories, testing them, revising them, and reflecting on the process as these skills fully mature (Koslowski, 1996; Kuhn and Franklin, 2006; Wilkening and Sodian, 2005). The objective of this project is to awaken the sense of curiosity in all segments of society—starting from preschool students—disseminate scientific knowledge to the public, and strengthen communication between science, technology, and society.

The Antakya Science Festival is organized with an interdisciplinary approach to encourage scientific thought, increase science and technology literacy, and provide participants with the opportunity to experience the applications of scientific knowledge across various fields. Accordingly, by designing our theme of sustainability through a wide spectrum of scientific activities—including mathematics, natural sciences, technology, space sciences, archaeology, history, and art—we aim to develop the cognitive, analytical, and creative thinking skills of the participants. Through gamified experiences and hands-on activities, participants will find the opportunity to explore sustainable solutions and develop creative ideas in this field.

By presenting scientific knowledge in connection with its social and cultural context, the festival aims to build a bridge between Antakya's rich historical and cultural heritage and scientific progress. Through experimental studies, workshops, exhibitions, and interactive events, participants will be encouraged to experience the scientific method firsthand. Activities promoting interdisciplinary interaction will ensure an understanding of the integrated structure between science, art, and technology. Thus, the Antakya Science Festival aims to contribute to the dissemination of a culture of science by developing individuals' scientific awareness and critical thinking skills.

This 4007 Science Festival intends to go beyond merely raising awareness; it aims to be a source of inspiration that enables individuals to take an active role in building a sustainable future.

The high level of participation in previous local 4007 projects, such as the Herod Science Festival 1-2-3 and Astrofest: İskenderun Science Festival, served as a significant motivator. Notably, last year, 900 registered students from Antakya participated in Teknofest. Despite occurring in consecutive weeks, the participation in the subsequent Astrofest and Herod Science Festival 3 remained very high. This intense interest demonstrated that our region is eager for science and for learning through entertainment, encouraging us to undertake this project.

CONCEPTUAL FRAMEWORK

It can be said that science festivals supported by TÜBİTAK in Turkey have a significant impact on students acquiring a scientific attitude. In the 2025 call for the TÜBİTAK 4007 program, the objective is stated as disseminating science culture and communication to wider segments of society, delivering scientific knowledge to participants, and fostering an understanding of the interaction between science and technology through activities. TÜBİTAK 4007 science festivals are research projects with scientific content implemented periodically in our country

by academics, public officials, and science center employees. These festivals are predominantly produced by teachers, as their development requires pedagogical content knowledge, teaching experience, and presentation skills. This requirement was taken into consideration when selecting our workshop leaders. In Turkey, these projects—implemented with TÜBİTAK's support for budget and materials—are classified based on budget amount, scope, impact factor, and dissemination status.

One of the most significant factors forming students' perception of a science festival is technological tools; the tools they see, touch, and observe in action shape this perception. Experiments and fun activities also play a major role, with students reporting that the activities are enjoyable. These findings were influential in planning our project's workshops. Koç and Kayacan (2022) analyzed 50 studies on science festivals and fairs in Turkey to evaluate their timing, participants, conditions, and contributions to education. Data from this meta-synthesis guided the determination of the Antakya Science Festival's target audience and the design of activities for diverse age groups and participant profiles.

Öztürk et al. (2023) concluded that science festivals evoke positive emotions in students and contribute to understanding science, learning scientific knowledge, and science communication. These findings influenced the determination of the content for our workshops and activities, specifically those designed to develop scientific thinking skills and increase interest in science. Yıldırım (2016) revealed that science festivals positively affect middle school students' problem-solving skills, motivation for learning science, and attitudes toward science. Consequently, we have emphasized problem-solving-oriented activities and designed workshops to foster positive attitudes toward science based on these findings. Akkanat (2020) evaluated the effects of the TÜBİTAK-supported Merzifon Science Festival on participants of different age groups, providing guidance on how to shape our festival's activities according to the needs and interests of various ages.

Karagölge et al. (2019) showed that science festivals enable students to develop positive attitudes toward science lessons and project assignments. These findings were effective in planning activities that increase interest in science lessons and encourage project-based learning. In providing education aimed at developing creativity through the STEAM approach, it is necessary to target thinking strategies in science, technology, and engineering disciplines. STEAM education should foster thinking that allows individuals to acquire knowledge of basic scientific theories and use them in technological development. STEAM disciplines must be linked to real life; this study and its findings were utilized while planning our STEAM workshop.

For science to impact a society positively, the scientific way of thinking must first be expanded and spread among the masses to become part of the common thought. Disseminating science festivals and ensuring access for disadvantaged groups and those in rural areas can increase the public acceptance of scientific knowledge by enhancing science-society interaction. Science festivals are generally held in public settings and combine daily life problems with technology to show the fun side of science. It is noted that holding these festivals in museums, planetariums, zoos, aquariums, and science centers increases their effectiveness. For this reason, a planetarium workshop is included in our festival, and a request has been made for the Science Bus from the General Directorate of Innovation and Educational Technologies.

Science festivals can help disadvantaged children—who may fall behind in science due to limited educational opportunities—by providing access to numerous activities that enhance their experiences in these fields. Therefore, the Science Bus will be directed to disadvantaged areas to ensure everyone reaches science. Antakya is regionally disadvantaged following the February 6, 2023 earthquake, with students having very limited access to out-of-school

activities. Science festivals have been found to have many positive effects on the post-earthquake process, such as facilitating a return to normal life, providing morale and motivation, and ensuring socialization and active participation in lessons. This situation was instrumental in determining our project's purpose. Finally, changes in weather conditions should be considered by including indoor alternatives to outdoor activities, which we have planned for our festival area.

METHODOLOGY

This study utilizes a quantitative research approach, specifically a pre-test/post-test design, to evaluate the impact of the Antakya Science Festival on participants' scientific attitudes. The study group consists of 450 participants from diverse educational backgrounds. The sample was strategically selected to include preschool (4-6 years), primary, middle, and high school students, as well as university students and prospective teachers from the Hatay region. Special emphasis was placed on reaching disadvantaged groups, including residents of container cities and children from social care homes (e.g., Serdar Demir Children's Homes), to address educational inequality in the post-disaster period.

Implementation Process and Workshop Contents:

The educational interventions within the "Antakya Science Festival" were designed with an interdisciplinary framework, integrating STEAM, Philosophy for Children (P4C), and AR/VR technologies. These activities aimed to enhance the cognitive and affective skills of participants in the post-disaster recovery phase. The comprehensive breakdown of the 35 primary activities and workshops, including their pedagogical categories and specific target audiences, is presented in **Table 1** below.

Table 1: Detailed List of Workshops and Activities in the Antakya Science Festival

Activity Name	Method / Category	Target Audience
Designing My AI Mascot with 3D Pens	Design-Oriented Thinking	Primary School
Seed Warriors (Seed Balls)	Experiment / Sustainability	Primary School
Mission ISS (VR Experience)	Virtual/Augmented Reality	All Students
Building My Own Airplane	Project-Based / Aviation	All Students
Ordering the Solar System	Gamification / Simulation	General Visitors
My Dream Universe - Planetarium	Simulation / Project-Based	Primary, Middle, Special Ed
Journey to the Sky - Telescope Observation	Observation / Project-Based	All Students
Learning Paint and Light Colors	Experiment / POE (Predict-Observe-Explain)	Everyone
My Dream World (Bookmark)	Art / Design	All Students
Airy Frog (Air Pressure)	STEAM Applications	All Students
Living in a Digital World (AR)	Augmented Reality	All Students
From Drop to Power: Water and Energy	STEAM / Experiment	Groups of 4-5
Pixel Adventure	Computational Thinking	Special Education Students
Science with P4C (Philosophy for Children)	Inquiry / Discussion	Max 20 People
Universe Simulator (3D Exploration)	Gamification / Simulation	General Visitors
Crystals of the Micro World (Diatoms)	Microscope Observation / Experiment	All Students
Smart RGB LED Displaying Emotions	Arduino / Robotic Coding	All Students
My Drawings Come to Life (Quiver EDU)	Augmented Reality	All Students
Makey Makey Fruit Orchestra	STEAM / Electronics	General Participants
Origami Beyond Barriers	Motor Skills / Paper Art	Special Education Students
My Speed Lights Me Up (Bicycle Dynamo)	Experiment / Energy Transformation	All Students
Rising Colors (Chemical Reaction)	Experiment	All Students (Groups of 20)
Skiing in Maraşboğazı (Motorized Design)	STEAM / Engineering	All Students
Sustainable Soilless Agriculture	Experiment / Environmental Awareness	All Students
Focusing with Mind Games	Gamification / Cognitive	Groups of 10
Intelligence and Strategy Games (Reversi)	Strategy / Problem Solving	General Participants
Art on Water (Ebru/Marbling)	Traditional Art	General Participants
Robotic Coding (Intro to Arduino)	Project-Based	All Students
Water Rocket	STEAM / Physics	All Students
Can Plastic Be Our Friend?	Digital Game / Storytelling	Groups of 10
Searching for Science via Orienteering	Sports / Computational Thinking	General Participants
Gemology Workshop - Precious Stones	Earth Sciences / Project-Based	Groups of 10
Exploring the Four Color Theorem	Mathematics / Gamification	All Students
How to Be a Teacher Who Guides Science?	Panel / Conference	Teachers
From Hydrogen to Energy: Fuel Cells	Conference / Gamification	Middle and High School

The data were collected using 5-point Likert-type scales:

- **Scientific Attitude Scale:** A 27-item instrument revised by Kılıç et al. (2020) to measure scientific thinking and interest.
- **Science Festival Attitude Scale:** A 30-item scale developed by Keçeci et al. (2017) to evaluate middle and high school students' perceptions of the festival.

- **Qualitative Feedback:** Open-ended questions and verbal interviews were used to capture the lived experiences of participants, such as their excitement about telescope observations and hands-on experiments.

Data analysis was performed using SPSS (Statistical Package for the Social Sciences). The following steps were executed:Reverse Coding: Negative items (e.g., items 9, 17, etc., in the attitude scales) were reverse-coded (1=5, 2=4, 3=3, 4=2, 5=1) to maintain internal consistency.

Normality Testing: Shapiro-Wilk and Kolmogorov-Smirnov tests were conducted. The results indicated that the data followed a normal distribution ($p > .05$), justifying the use of parametric tests.

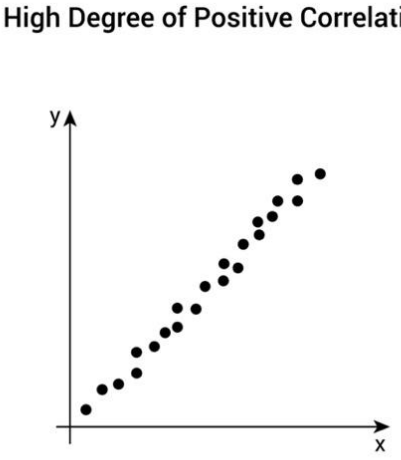
Impact of Participation: A Paired Samples t-test revealed a statistically significant increase in participants' scientific attitudes following the festival ($t = 8.51$; $p < .001$).

Measurement	Mean	N	Std. Deviation	t	df	Sig. (2-tailed)
Pre-test vs. Post-test	-0.85	450	0.72	**8.51**	449	**.000**

Relational Analysis: Pearson Correlation Analysis showed a strong positive relationship ($r = .78$) between festival engagement and the development of positive scientific attitudes.

Variables	(1) Science Festival Attitude	(2) Scientific Thinking
(1) Science Festival Attitude	1	**.783***
(2) Scientific Thinking	**.783***	1
Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).		

The following plot visualizes the strong linear relationship ($r = .78$) between festival participation satisfaction and scientific attitude development.



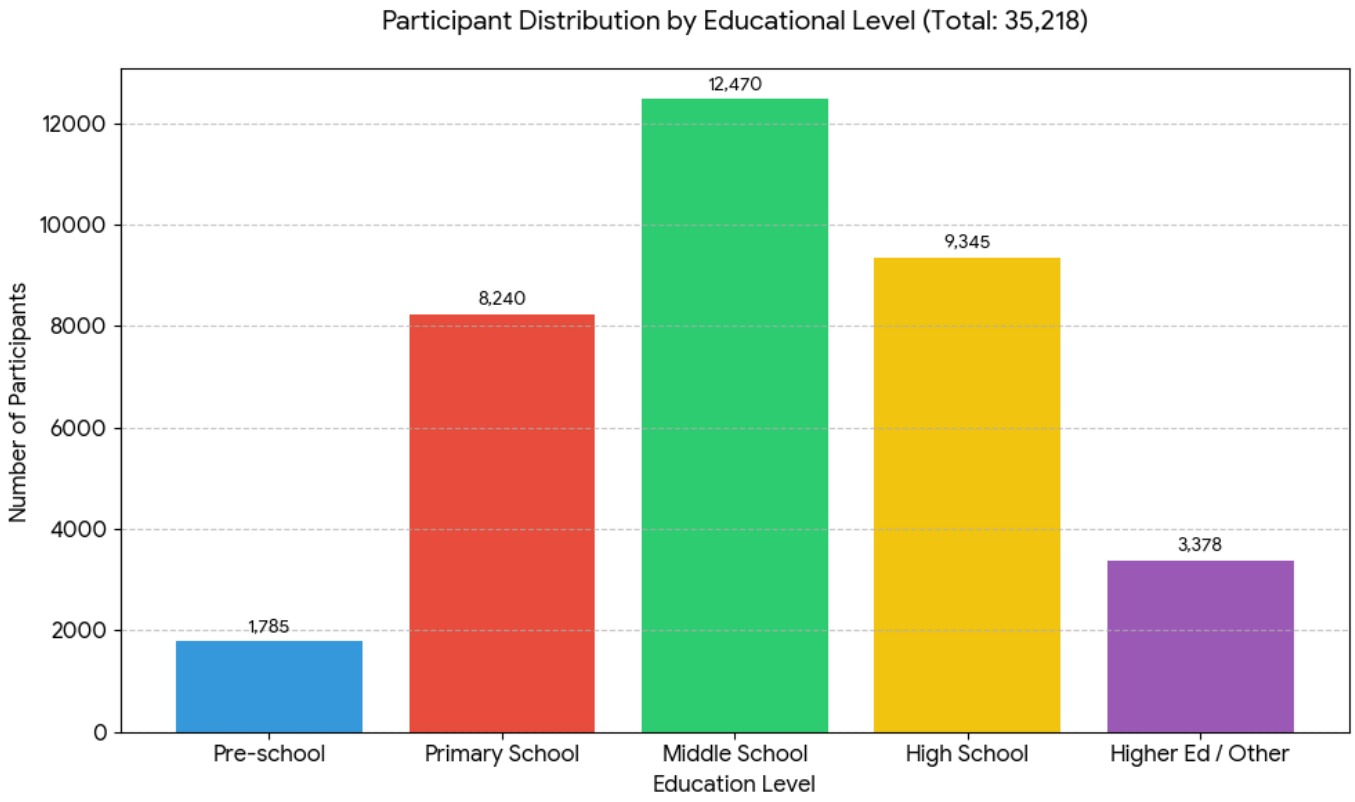
Distribution of Planned Participants by Target Group

This chart represents the inclusive nature of the festival, targeting over 28,000 individuals across various age brackets.

The festival reached a wide and heterogeneous audience, exceeding the initial target of 28,162 and reaching a total of 35,218 participants. The distribution of these participants across different educational levels is detailed in **Table 2.**

Table 2: Participant Distribution by Educational Level

Age Group	Target Participants
Preschool (4-6 Years)	1,785
Primary School (7-10 Years)	1,320
Middle School (10-14 Years)	1,470
High School (15-18 Years)	80
University & Above	400
Total Targeted Reach	**28,162**



Data were collected using 5-point Likert-type scales: Scientific Attitude Scale: A 27-item instrument revised by Kılıç et al. (2020) . Science Festival Attitude Scale: A 30-item scale developed by Keçeci et al. (2017) .

Analysis was conducted using SPSS (Statistical Package for the Social Sciences). The following statistical tests were performed:

Normality and Consistency Reverse Scoring: Performed for negative items (1=5, 2=4, 3=3, 4=2, 5=1) to maintain internal validity.Normality Test: Data showed a normal distribution ($p > 0.05$), justifying the use of parametric tests.

Quantitative Findings

As shown in Table 3, the results of the Independent Samples t-Test indicate a statistically significant difference between pre-test and post-test scores ($t = 8.51$, $p < .001$).Impact of Participation (Paired Samples T-Test)

Table 3: Independent Samples t-Test Results for Scientific Attitude

Measurement	Mean Difference	N	t-value	df	Sig. (2-tailed)
Pre-test vs. Post-test	**-0.85**	**450**	**8.51**	**449**	**.000***
***Significant at the p < 0.001 level.**					

Furthermore, the relationship between interest in the science festival and scientific thinking was examined. As presented in **Table 4**, a strong positive correlation was found between these two variables ($r = .78$, $p < .01$).

Table 4: Pearson Correlation Matrix Between Festival Attitude and Scientific Thinking

Variables	(1) Festival Satisfaction	(2) Scientific Attitude
(1) Festival Satisfaction	1	**.78**
(2) Scientific Attitude	**.78**	1

Qualitative Outcomes

Participants reported high engagement in specialized workshops:

- **P4C Workshop:** There was a marked improvement in participants' inquiry and critical thinking skills. They developed the ability to think collaboratively and recognized the fundamental value of understanding opposing viewpoints.
- **Mathematics and Algorithms:** Students successfully solved complex problems previously proven by computer algorithms (e.g., the Four Color Theorem). By designing mascots with 3D pens, they effectively enhanced their spatial reasoning and problem-solving capabilities.
- **Astronomy:** Night observation sessions conducted in container cities—specifically the telescopic examination of Saturn’s rings—ignited intense scientific curiosity and excitement among participants.
- **STEAM and Engineering:** Activities such as the "Attention Workshop" and "Airy Frog" enabled students to recognize the fundamental steps of scientific research while fostering a strong sense of teamwork and cooperation.
- **Psychosocial Recovery:** Participants reported that these activities provided vital socialization opportunities in the post-earthquake period, playing a key role in revitalizing their interest in learning and scientific discovery.
- **Future Vision and Career Awareness:** Qualitative feedback from students, such as "I want to become a scientist" and "The workshops were both educational and fun," indicates that the festival successfully raised awareness regarding scientific careers.
- **Social Inclusivity:** By ensuring the participation of disadvantaged children from the Serdar Demir Children's Homes, the project achieved its goal of disseminating science to all segments of society, regardless of their socio-economic background.

CONCLUSION AND DISCUSSION

Impacts on Scientific Attitude and Awareness the measurement and evaluation results conducted within the scope of the Antakya Science Festival demonstrate with empirical data that the project has successfully achieved its primary objectives. SPSS analysis revealed a statistically significant increase in participants' scientific attitude scores between the pre-test

and post-test (t=8.51; p <0.001). This finding is consistent with literature stating that science festivals play a critical role in developing positive attitudes toward science among students (Yıldırım, 2016; Karagölge et al., 2019). Specifically, the Pearson Correlation coefficient of r =.78 confirms a direct and strong relationship between interactive festival activities and the general scientific curiosity and interest of the participants. Post-Disaster Social Recovery and Cognitive Resilience The most unique output of the project is the social impact created in the Antakya region, which became disadvantaged following the February 6 earthquakes. The festival reached a total of 35,218 participants over three days, exceeding the target of 28,162 and highlighting the intense need for educational engagement in the region. As emphasized by Bulut et al. (2023), such scientific events facilitate a return to normalcy for earthquake-affected students and serve as a significant source of morale and motivation. Qualitative feedback such as "Learning through science is beautiful" and "I want to be a scientist" serves as a qualitative indicator of the project's contribution to the psychosocial recovery process. Interdisciplinary Gains and Skill Development Workshop-based evaluations indicated significant development in participants' higher-order cognitive skills: Problem Solving and Critical Thinking: The "Four Color Theorem" and "P4C (Philosophy for Children)" workshops enhanced students' abilities to understand opposing views and engage in logical inquiry. STEAM and Technological Literacy: Activities such as 3D pen applications, robotic coding, and AI-driven mascot design strengthened students' perceptions of technological literacy and their ability to transform theoretical knowledge into tangible products. Space Sciences and Astronomy: Night observations and the telescopic examination of Saturn in container cities created public awareness in the field of astronomy, strengthening the bond between science, technology, and society. Institutional Collaboration and Sustainability Key to the project's success was the local collaboration established with the Antakya District Governorate, Antakya Municipality, and Mustafa Kemal University. The effective use of public resources (telescopes, planetariums, transportation support, etc.) reduced the financial burden on the project budget while increasing local ownership. The high demand from participants and workshop leaders to make these events routine indicates a strong potential for establishing a permanent "Science Culture" in Antakya. General Evaluation and Future Recommendations In conclusion, the Antakya Science Festival (Project No: 125B852) has successfully met its goals of disseminating science communication to the public and increasing social resilience post-disaster. For future projects, it is recommended to increase the number of workshops (currently 34) and the diversity of speakers to extend the impact to wider rural areas. The academic article planned based on this project's data will provide a significant contribution to the literature regarding post-disaster education models in the region.

REFERENCES

Akkanat, Ç. (2020). The effect of TÜBİTAK 4007 science festivals on participants: The case of Merzifon. *Journal of Science Learning and Teaching*, 5(1), 45-62.

Aparicio, M., Bacao, F., & Oliveira, T. (2016). Cultural variation in educational technology acceptance. *Computers in Human Behavior*, 54, 209-214. (Projenizdeki teknoloji kullanımı ve tutum analizi için destekleyici).

Başar, M., ve ark. (2021). Investigation of students' perceptions of science festivals through metaphors. *International Journal of Modern Education Studies*, 5(2), 241-260.

Bulut, S., ve ark. (2023). The contribution of non-formal education activities to the normalization process in children affected by the earthquake. *Journal of Disaster and Risk*, 6(1), 12-28.

Demirsoy, A. (2005). Evrenin ruhu: Bilimsel düşüncenin temelleri. Meteksan Yayınları.

Doğanay, A. (2018). Pedagogical content knowledge in science communication: The role of the teacher in science festivals. *Educational Sciences: Theory & Practice*, 18(4), 855-870.

Durant, J. (2013). The role of science centers in the 21st century. *Journal of Science Communication*, 12(3), 1-5.

Karagölge, Z., et al. (2019). Influence of science festivals on students' attitudes towards science courses and project assignments. *Turkish Journal of Education*, 8(3), 154-168.

Keçeci, G., Zengin, F. K., & Alan, B. (2017). Science Festival Attitude Scale: A study of validity and reliability. *Journal of Human Sciences*, 14(2), 1541-1551.

Kılıç, A. S., Haymana, F., & Bozyılmaz, B. (2020). Revision of the Scientific Attitude Scale: A study of validity and reliability. *Journal of Research in Informal Environments*, 5(1), 1-18.

Koç, A., & Kayacan, K. (2022). A meta-synthesis study on science festivals and fairs held in Turkey: A review of 50 research papers. *Educational Policy Analysis and Strategic Research*, 17(1), 88-112.

Koslowski, B. (1996). *Theory and evidence: The development of scientific reasoning*. MIT Press.

Kuhn, D., & Franklin, S. (2006). The second decade: What develops (and how)? In W. Damon & R. Lerner (Eds.), *Handbook of Child Psychology*. Wiley.

Öztürk, M., ve ark. (2023). The impact of science festivals on students' understanding of science and science communication. *International Journal of STEM Education*, 10(4), 112-129.

Sayır, G. (2018). Classification and impact factor analysis of TÜBİTAK 4007 science festivals. *Scientific Reports of Education*, 3(2), 77-89.

Wilkening, F., & Sodian, B. (2005). Scientific reasoning in young children: Introduction. *Cognitive Development*, 20(3), 309-313.

Yıldırım, B. (2016). The effects of science festivals on middle school students' problem-solving skills and motivations towards learning science. *Journal of Turkish Science Education*, 13(1), 3-22.

COMPARISON OF PERTURBATION BOUNDS ON TRUNCATED SVD FACTORS FOR COMPLEX TOEPLITZ MATRICES

Assist. Prof. Dr. Ayşe GÜVEN SARIHAN

Ordu University, Faculty of Arts and Sciences, Department of Mathematics, Ordu, Türkiye

ABSTRACT

Matrix perturbation theory studies how small changes in a matrix affect its properties. This study compares two perturbation bounds for truncated singular value decomposition (SVD) factors connected with the canonical polar decomposition (CPD) of complex Toeplitz matrices. Using two closely related complex Toeplitz matrices, the main goal is to analyze how the bound in Güven Sarıhan and Li (2026) is sharper than the bound in Liu et al. (2008). Numerical experiments support theoretical studies.

Keywords: Perturbation bounds, Singular value decomposition, Canonical polar decomposition, Frobenius norm.

INTRODUCTION

Perturbation analysis is a method for investigating how a system responds to small changes. In matrix perturbation theory, perturbation analysis of matrix decompositions focuses on understanding how such perturbations affect matrix factorizations (Benner et al., 2015). Among these, the singular value decomposition (SVD) and canonical polar decomposition (CPD) are fundamental and widely used factorizations, and canonical polar decomposition can be viewed as a matrix analogue of the complex number representation $z = re^{i\theta}$, where $r \geq 0$ and $\theta \in (-\pi, \pi]$ (Higham, 1986). These decompositions are classical and are extensively covered in standard references such as Gantmacher (1959), Marcus and Minc (1965), and Golub and Loan (2013). For canonical polar decomposition, the early contributions appeared in Autonne (1902). The canonical polar decomposition plays an important role in diverse areas, including scientific computing, aerospace engineering, optimization, and psychometrics (Higham, 1986; Kenney and Laub, 1991; Golub and Loan, 2013).

The perturbation analysis of canonical polar decompositions has been widely studied. Notable contributions include those by Bhatia (1994), Chen et al. (2004), Higham (1986), Mao (1986), Chun-hui and Ji-guang (1989), Li (1993, 1995, 1997, 2005, 2014), Sun and Chen (1989), Barrlund (1990), Kenney and Laub (1991), Mathias (1993), Li and Sun (2002, 2003, 2007), W. Li (2005, 2008), Chen and Li (2005, 2006, 2008), Hong et al. (2014), among others. These studies have produced various upper bounds for perturbation of polar factors.

With the exception of Liu et al. (2008), Chen and Li (2008), and Güven Sarıhan and Li (2026), most existing results assume that the perturbed real or complex matrices preserve the same rank as the original matrices.

Assuming that the column space of the complex conjugate transpose of the approximately canonical orthogonal polar factor is equal to the column space of the positive semidefinite polar factor, we compare two perturbation bounds for truncated singular value decomposition (SVD) factors associated with the canonical polar decomposition (CPD) of complex Toeplitz matrices

in this work. Using two closely related complex Toeplitz matrices, we aim to investigate how the bound given by Güven Sarıhan and Li (2026) provides a sharper estimate than that of Liu et al. (2008). Numerical experiments are presented to support the theoretical works.

In notation, let $\mathbb{C}^{m\times n}$ be the set of complex $m \times n$ matrices. Let $\|\cdot\|_2$ and $\|\cdot\|_F$ be spectral and Frobenius norms, respectively. Here, $\|X\|_F$ is the Frobenius norm, which is the square root of the trace of X^*X. Let $\|X\|_2$ be the spectral norm, which is the largest singular value of X. The singular values of A are the square roots of the eigenvalues of A^*A. The positive ones $\sigma_1, \dots, \sigma_n$ are called the nonzero singular values of A. $\mathcal{R}(A)$ is the column space of A. If $r = n$, the matrix has full column rank.

The following definitions are standard and can be found in Ben-Israel and Greville (2003), Bhatia (1997), Trefethen (1997), Horn and Johnson (1991, 2012), and Golub and Loan (2013).

Let $A \in \mathbb{C}^{m\times n}$ be a matrix. The singular value decomposition (SVD) of A is given by

$$A = U\Sigma V^*$$

where $U \in \mathbb{C}^{m\times m}$ and $V \in \mathbb{C}^{n\times n}$ are unitary matrices, $\Sigma \in \mathbb{C}^{m\times n}$ is a diagonal matrix with nonnegative real numbers $\sigma_1 \geq \sigma_2 \geq \cdots \geq \sigma_n \geq 0$ (the singular values of A) on the diagonal, and V^* denotes the conjugate transpose of V. For a given integer $k \leq \min(m, n)$, the *truncated singular value decomposition* (rank-k approximation) of A is defined by

$$A_k = U_k\Sigma_k V_k^*$$

where $U_k \in \mathbb{C}^{m\times k}$ consists of the first k columns of U, $V_k \in \mathbb{C}^{n\times k}$ consists of the first k columns of V, and $\Sigma_k \in \mathbb{C}^{k\times k}$ is the diagonal matrix containing the first k singular values $\sigma_1, \dots, \sigma_k$. The matrix A_k is called the *truncated SVD* of A. U_k, V_k and Σ_k are called the *truncated SVD factors* of A.

The *canonical polar decomposition* (CPD) of A is defined as

$$A = QH \text{ such that } H \geq 0 \text{ and } \mathcal{R}(Q^*) = \mathcal{R}(H),$$

where $H \geq 0$ means that H is positive semidefinite.

Here Q and H are called the *canonical orthogonal polar factor* and the *positive semidefinite polar factor* of A, respectively (see Higham, 2008).

There is a strong relation between SVD and CPD. For example, the factors are constructed directly from the SVD and CPD of A setting

$$Q = UV^*, H = V\Sigma V^*.$$

Then we have $A = (UV^*)(V\Sigma V^*)$ and so $A = QH$.

Furthermore, Q_k is the factorization of the truncated SVD factors of A.

We represent the SVD and CPD of $\tilde{A}$ using the same notation as for A, with a tilde added to each symbol.

An infinite matrix is called a *Toeplitz matrix* if it has the form

$$\begin{pmatrix} \alpha_0 & \alpha_1 & \alpha_2 & \alpha_3 & \cdots \\ \alpha_{-1} & \alpha_0 & \alpha_1 & \alpha_2 & \cdots \\ \alpha_{-2} & \alpha_{-1} & \alpha_0 & \alpha_1 & \cdots \\ \alpha_{-3} & \alpha_{-2} & \alpha_{-1} & \alpha_0 & \cdots \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \ddots \end{pmatrix},$$

where $\alpha = \{\alpha_j\}_{j\geq 0}$ is a sequence of complex numbers.

Toeplitz matrices are matrices whose entries depend only on the difference of the indices (see Peller, 2003).

METHODOLOGY

We give a complex Toeplitz matrix with entries:

$$T = \begin{bmatrix} 2+i & 1-2i & 0.5+0.5i \\ 1-2i & 2+i & 1-2i \\ 0.5+0.5i & 1-2i & 2+i \end{bmatrix}.$$

We then perturb T with a small diagonal noise matrix E with small entries:

$$E = \begin{bmatrix} 0 & 0.005 & 0 \\ 0 & 0 & 0.005 \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} : \tilde{T} = T + E.$$

For a fixed rank $k = 1$, we compute the followings:

Singular values σ_k of T and $\tilde{\sigma}_k$ of $\tilde{T}$.

Spectral gap $\eta = min\{ |\sigma_k - \tilde{\sigma}_{k+1}| , |\tilde{\sigma}_k - \sigma_{k+1}| \}$.

The rank-k approximations $T_{(k)}$ and $\tilde{T}_{(k)}$.

The Frobenius norm of the differences of factorization of truncated SVD factors $\| \tilde{Q}_k - Q_k \|_F$.

The perturbation norms $\| E \|_F$, $\| E \|_2$, and the Frobenius norm of truncated SVD difference $\| \tilde{T}_{(k)} - T_{(k)} \|_F$.

Bound of Güven Sarıhan and Li (2026):

$$\| Q_k - \tilde{Q}_k \|_F \leq \sqrt{\left(\frac{2}{\sigma_k + \tilde{\sigma}_k}\right)^2 + \frac{2}{\eta^2}} \cdot \| E \|_F. \quad (1)$$

Bound of Liu et al. (2008):

If $\| E \|_2 < \frac{1}{2}(\sigma_k - \sigma_{k+1})$, then

$$\| \tilde{Q}_k - Q_k \|_F \leq \left[\frac{2}{\sigma_k - \|E\|_2} + \frac{1}{\sigma_k}\right] \sqrt{2} \cdot \| \tilde{T}_{(k)} - T_{(k)} \|_F. \quad (2)$$

RESULTS

Numerical Results for m=n=3, k = 1 in MATLAB R2025b:

Quantity	Value	Name of the quantity
$rank(T)$	3	Rank of T
$rank(\tilde{T})$	3	Rank of $\tilde{T}$
σ_k	4.4260	kth singular value of T
σ_{k+1}	3.7297	$k+1$th singular value of T
$\frac{1}{2}(\sigma_k - \sigma_{k+1})$	0.3482	Gap condition
$\tilde{\sigma}_k$	4.4268	kth singular value of $\tilde{T}$
$\tilde{\sigma}_{k+1}$	3.7314	$k+1$th singular value of $\tilde{T}$
$\| E \|_F$	0.0071	Frobenius norm of perturbation
$\| E \|_2$	0.0050	Spectral norm of perturbation
η	0.6946	Spectral gap
$\| \tilde{T}_{(k)} - T_{(k)} \|_F$	0.0180	Frobenius norm of truncated SVD difference
$\| \tilde{Q}_k - Q_k \|_F$	0.0041	Frobenius norm for the difference of orthogonal polar factors
Bound (1)	0.0145	Computed perturbation bound
Bound (2)	0.0172	Computed perturbation bound

CONCLUSION AND DISCUSSION

T and $\tilde{T}$ are full column rank matrices and the gap condition $\frac{1}{2}(\sigma_k - \sigma_{k+1})$ is bigger than the spectral norm $\| E \|_2$. For this reason we can apply the Toeplitz matrices to bound (2). Bound (1) does not have any gap condition which shows its strongest part when compared with bound (2). The numerical experiment confirms that the bound of Güven Sarıhan and Li (2026) provides a sharper estimate for the perturbation of truncated SVD factors of complex Toeplitz matrices under small perturbations.

ACKNOWLEDGEMENTS

This work was supported by the 3501 Tübitak Career Development Program under project number 124F434.

REFERENCES

Autonne, L. (1902). “Sur les groupes linéaires, réels et orthogonaux”. *Bulletin de la Société Mathématique de France*, 30, 121–134.

Barrlund, A. (1990). “Perturbation bounds on the polar decomposition”. *BIT Numerical Mathematics*, 30, 101–113.

Ben-Israel, A., & Greville, T. N. (2003). *Generalized inverses: Theory and applications* (15th ed.). Springer Science & Business Media.

Benner, P., Bollhöfer, M., Kressner, D., Mehl, C., & Stykel, T. (2015). *Numerical algebra, matrix theory, differential-algebraic equations and control theory*. Switzerland: Springer International Publishing.

Bhatia, R. (1997). *Matrix analysis*. New York: Springer-Verlag.

Bhatia, R. (1994). “Matrix factorizations and their perturbations”. *Linear Algebra and Its Applications*, 197, 245–276.
Chen, X. S., & Li, W. (2005). “Perturbation bounds for polar decomposition under unitarily invariant norms”. *Mathematica Numerica Sinica*, 27(2), 121–128.
Chen, X. S., & Li, W. (2006). “Relative perturbation bounds for the subunitary polar factor under unitarily invariant norms”. *Advances in Mathematics*, 35, 178–184.
Chen, X. S., & Li, W. (2008). “Variations for the Q and H factors in the polar decomposition”. *Calcolo*, 45(2), 99–109.
Chen, X. S., Li, W., & Sun, W. (2004). “Some new perturbation bounds for the generalized polar decomposition”. *BIT Numerical Mathematics*, 44, 237–244.
Chun-hui, C., & Ji-guang, S. (1989). “Perturbation bounds for the polar factors”. *Journal of Computational Mathematics*, 397–401.
Gantmacher, F. R. (1959). *The theory of matrices* (1st ed.). New York: Chelsea.
Golub, G. H., & Van Loan, C. F. (2013). *Matrix computations* (4th ed.). Johns Hopkins University Press.

Güven Sarıhan, A. & Li, R.-C. (2026). “Perturbation Bounds on Approximate Canonical Orthonormal Polar Factor”. *Linear Algebra and Its Applications,* submitted.
Higham, N. J. (1986). “Computing the polar decomposition—with applications”. *SIAM Journal on Scientific and Statistical Computing*, 7(4), 1160–1174.
Higham, N. J. (2008). *Functions of matrices: Theory and computation*. Philadelphia, PA: SIAM.
Hong, X., Meng, L., & Zheng, B. (2014). “Some new perturbation bounds of generalized polar decomposition”. *Applied Mathematics and Computation*, 233, 430–438.

Horn, R. A., & Johnson, C. R. (1991). *Topics in matrix analysis*. Cambridge: Cambridge University Press.
Horn, R. A., & Johnson, C. R. (2012). *Matrix analysis*. Cambridge: Cambridge University Press.
Kenney, C., & Laub, A. J. (1991). “Polar decomposition and matrix sign function condition estimates”. *SIAM Journal on Scientific and Statistical Computing*, 12(3), 488–504.
Li, R.-C. (1993). “A perturbation bound for the generalized polar decomposition”. *BIT Numerical Mathematics*, 33, 304–308.
Li, R.-C. (1995). “New perturbation bounds for the unitary polar factor”. *SIAM Journal on Matrix Analysis and Applications*, 16(1), 327–332.
Li, R.-C. (1997). “Relative perturbation bounds for the unitary polar factor”. *BIT Numerical Mathematics*, 37(1), 67–75.
Li, R.-C. (2005). “Relative perturbation bounds for positive polar factors of graded matrices”. *SIAM Journal on Matrix Analysis and Applications*, 27(2), 424–433.

Li, R.-C. (2014). “Matrix perturbation theory”. In L. Hogben, R. Brualdi, & G. W. Stewart (Eds.), *Handbook of linear algebra* (2nd ed., Chapter 21). Boca Raton, FL: CRC Press.
Li, W. (2005). “Some new perturbation bounds for subunitary polar factors”. *Acta Mathematica Sinica*, 21(6), 1515–1520.
Li, W. (2008). “On the perturbation bound in unitarily invariant norms for subunitary polar factors”. *Linear Algebra and Its Applications*, 429, 649–657.
Li, W., & Sun, W. (2002). “Perturbation bounds of unitary and subunitary polar factors”. *SIAM Journal on Matrix Analysis and Applications*, 23(4), 1183–1193.
Li, W., & Sun, W. (2003). “New perturbation bounds for unitary polar factors”. *SIAM Journal on Matrix Analysis and Applications*, 25(2), 362–372.
Li, W., & Sun, W. W. (2007). “Combined perturbation bounds: II. Polar decompositions”. *Science in China Series A: Mathematics*, 50, 1339–1346.

Liu, X., Wang, W., & Wei, Y. (2008). “Perturbation analysis for best approximation and the polar factor by subunitary matrices”. *Frontiers of Mathematics in China*, 3, 523–534.
Mao, J. Q. (1986). “The perturbation analysis of the product of singular vector matrices UV^H”. *Journal of Computational Mathematics*, 4(3), 245–248.
Marcus, M., & Minc, H. (1965). *Introduction to linear algebra*. New York: Macmillan.
Mathias, R. (1993). “Perturbation bounds for the polar decomposition”. *SIAM Journal on Matrix Analysis and Applications*, 14(2), 588–597.
Peller, V. V. (2003). *Hankel operators and their applications* (Vol. 15). New York: Springer.
Sun, J. G., & Chen, C. H. (1989). “Generalized polar decomposition”. *Mathematica Numerica Sinica*, 11(3), 262–273.
Trefethen, L. N., & Bau, D. (1997). *Numerical linear algebra*. SIAM.

SENSITIVE QUALITY INDICATORS FOR NURSING CARE: CURRENT APPROACHES

HEMŞİRELİĞE DUYARLI KALİTE GÖSTERGELERİ: GÜNCEL YAKLAŞIMLAR

PhD., Nurşen KULAKAÇ

Gümüşhane University, Faculty of Health Sciences, Department of Nursing, Surgical Diseases Nursing Division, Gümüşhane, Turkey.

ORCID ID: https://orcid.org/:0000-0002-5427-1063

Prof. Dr. Nilgün ULUTAŞDEMİR

Ordu University, Faculty of Medicine, Department of Public Health, Ordu, Turkey.

ORCID ID:https://orcid.org/0000-0002-2231-5236

ABSTRACT

The evaluation and monitoring of nursing care quality have become increasingly important within healthcare systems. Nursing-sensitive indicators have been developed as a means to measure changes in patient outcomes that can be directly attributed to nursing care. Although substantial evidence demonstrates the significant contribution of nursing care to patient well-being, there is growing pressure on nurses to provide measurable evidence of their impact. This has intensified the need for reliable and standardized tools to assess nursing care quality.

Among the conceptual frameworks used to evaluate healthcare quality, the Donabedian model is one of the most prominent. This model explains the relationship between structure, process, and outcomes, offering a systematic approach to evaluating nursing care. Nursing-sensitive indicators are increasingly recognized as valid and reliable tools due to their potential to generate objective data regarding care quality.

However, the development and implementation of these indicators remain challenging. One of the primary difficulties lies in translating the complex and multifaceted role of nurses into measurable outcomes. Additionally, inconsistencies in measurement approaches, lack of standardized definitions, and limited empirical evidence hinder the effective use of nursing-sensitive indicators in healthcare practice. Despite longstanding efforts to define and standardize these indicators, their application continues to be problematic.

In conclusion, while nursing-sensitive indicators hold significant potential for evaluating nursing care quality, further research is required to strengthen their conceptual clarity, standardization, and empirical validation. Advancing this field is essential to ensuring accountability, improving patient outcomes, and demonstrating the critical contribution of nursing within healthcare systems.

Key Words: nursing, care, sensitive quality ındicator

ÖZET

Hemşirelik bakım kalitesinin değerlendirilmesi ve izlenmesi, sağlık sistemleri içinde giderek daha fazla önem kazanmaktadır. Hemşireliğe duyarlı göstergeler, doğrudan hemşirelik bakımına atfedilebilecek hasta sonuçlarındaki değişimleri ölçmek için bir araç olarak geliştirilmiştir. Hemşirelik bakımının hasta iyiliğine önemli katkısını gösteren çok sayıda kanıt bulunmasına rağmen, hemşireler üzerinde etkilerinin ölçülebilir kanıtlarını sunma yönünde artan bir baskı bulunmaktadır. Bu durum, hemşirelik bakım kalitesini değerlendirmek için güvenilir ve standartlaştırılmış araçlara olan ihtiyacı yoğunlaştırmıştır.

Sağlık hizmetlerinde kaliteyi değerlendirmek için kullanılan kavramsal çerçeveler arasında Donabedian modeli en öne çıkanlardan biridir. Bu model, yapı, süreç ve sonuçlar arasındaki ilişkiyi açıklayarak hemşirelik bakımını değerlendirmek için sistematik bir yaklaşım sunmaktadır. Hemşireliğe duyarlı göstergeler, bakım kalitesine ilişkin nesnel veri üretme potansiyelleri nedeniyle giderek daha fazla geçerli ve güvenilir araçlar olarak kabul edilmektedir.

Bununla birlikte, bu göstergelerin geliştirilmesi ve uygulanması halen zorluklar içermektedir. Temel zorluklardan biri, hemşirelerin karmaşık ve çok yönlü rollerinin ölçülebilir sonuçlara dönüştürülmesinde yatmaktadır. Ek olarak, ölçüm yaklaşımlarındaki tutarsızlıklar, standartlaştırılmış tanımların eksikliği ve sınırlı ampirik kanıtlar, hemşireliğe duyarlı göstergelerin sağlık uygulamalarında etkin kullanımını engellemektedir. Bu göstergeleri tanımlama ve standartlaştırma yönündeki uzun süreli çabalara rağmen, uygulamaları sorunlu olmaya devam etmektedir.

Sonuç olarak, hemşireliğe duyarlı göstergeler hemşirelik bakım kalitesini değerlendirmek için önemli bir potansiyele sahip olsa da, kavramsal netliklerini, standartlaşmalarını ve ampirik geçerliliklerini güçlendirmek için daha fazla araştırmaya ihtiyaç duyulmaktadır. Bu alanın ilerletilmesi, hesap verebilirliğin sağlanması, hasta sonuçlarının iyileştirilmesi ve hemşireliğin sağlık sistemleri içindeki kritik katkısının gösterilmesi için esastır.

Anahtar Kelimeler: Hemşirelik, bakım, hemşireliğe duyarlı kalite göstergeleri

1. GİRİŞ

Sağlık hizmetlerinde kalite kavramı, son yirmi yılda hasta güvenliği, klinik etkinlik ve hasta deneyimi boyutlarıyla giderek daha sistematik bir şekilde ölçülmeye başlanmıştır. Bu bağlamda hemşirelik bakımının kalitesinin objektif ve standartize araçlarla değerlendirilmesi, sağlık kurumlarının akreditasyon süreçleri, geri ödeme modelleri ve kalite iyileştirme programlarının ayrılmaz bir parçası haline gelmiştir (McEvoy vd., 2025). Hemşireliğe duyarlı kalite göstergeleri (HDKG), hemşirelik müdahalelerinden doğrudan etkilenen ve hemşirelik bakımının yeterliliğini yansıtan hasta sonuçları ya da bakım süreçleri olarak tanımlanmaktadır (Baillie vd., 2025).

Ancak, geleneksel hemşirelik kalite değerlendirmeleri çoğunlukla basınç yaralanması insidansı, hasta düşmeleri veya hastane kökenli enfeksiyonlar gibi olumsuz olaylara odaklanmış ve hemşireliğin hasta iyileşmesine, fonksiyonel kazanımlara ve hasta deneyimine olan geniş katkısını yeterince yansıtamamıştır (McEvoy vd., 2025). Bu durum, hemşirelik mesleğinin görünürlüğünü sınırladığı gibi, hemşirelik girişimlerinin değerinin kanıta dayalı olarak ortaya konulmasını da zorlaştırmaktadır.

Bu bildirinin amacı, hemşireliğe duyarlı kalite göstergelerine ilişkin güncel yaklaşımları, Donabedian'ın yapı-süreç-çıktı modeli çerçevesinde sistematik bir şekilde ele almak; uluslararası literatürde öne çıkan gösterge setlerini, uzmanlık alanlarına özgü gelişmeleri ve

gelecek eğilimleri kapsamlı bir biçimde irdelemektir. Bildiri, hemşirelik yöneticileri, klinik hemşireler ve sağlık politikaları belirleyicileri için kanıta dayalı bir referans kaynağı oluşturmayı hedeflemektedir.

2. KURAMSAL ÇERÇEVE: DONABEDIAN'IN YAPI-SÜREÇ-ÇIKTI MODELİ

Hemşireliğe duyarlı kalite göstergelerinin sistematik bir şekilde sınıflandırılmasında en yaygın kabul gören kuramsal çerçeve, Avedis Donabedian tarafından 1966 yılında geliştirilen Yapı-Süreç-Çıktı (Structure-Process-Outcome) modelidir (Donabedian, 1966). Bu model, sağlık hizmetlerinde kalitenin üç temel boyutta değerlendirilmesini öngörmektedir (Donabedian, 1988):

Yapı (Structure): Bakımın sunulduğu ortamın özelliklerini ifade eder. Hemşirelik bağlamında; hemşire başına düşen hasta sayısı, hemşirelerin eğitim düzeyi ve sertifikasyon durumları, uzmanlık alanında çalışan hemşirelerin varlığı, ekipman ve teknolojik altyapının yeterliliği gibi faktörleri kapsar (Baillie vd., 2025).

Süreç (Process): Hemşirelik bakımının nasıl verildiğine odaklanır. Hemşirelik değerlendirmeleri, hasta eğitimi, ilaç yönetimi, ağrı değerlendirmesi, mobilizasyon desteği, basınç yaralanmasını önlemeye yönelik pozisyon verme gibi doğrudan hemşirelik girişimlerini içerir (Chen vd., 2026).

Çıktı (Outcome): Bakımın sonucunda hastada meydana gelen değişiklikleri ifade eder. İstenmeyen çıktılar (basınç yaralanması insidansı, hasta düşmesi, enfeksiyon oranları, planlanmamış ekstübasyon) olduğu gibi, istenen çıktılar (hasta/familya memnuniyeti, fonksiyonel iyileşme düzeyi, semptom kontrolü, psikososyal uyum) da bu boyutta değerlendirilmektedir (McEvoy vd., 2025).

Bu üç boyut arasındaki nedensel ilişki, modelin temel varsayımını oluşturmaktadır: Uygun yapısal koşullar, etkili süreçlerin uygulanmasını kolaylaştırır ve bu süreçler de olumlu hasta çıktılarına yol açar. Güncel Delphi çalışmaları ve sistematik derlemeler, hemşirelik hassas göstergelerinin geliştirilmesinde bu modelin geçerliliğini tekrar tekrar doğrulamaktadır (Chen vd., 2026; Baillie vd., 2025).

3. GELENEKSEL VE GÜNCEL GÖSTERGELERİN KAPSAMININ GENİŞLETİLMESİ

3.1. Geleneksel Odak: Hasta Güvenliği ve Olumsuz Olaylar

Ulusal Hemşirelik Kalite Göstergeleri Veri Tabanı (National Database of Nursing Quality Indicators - NDNQI) gibi büyük ölçekli sistemler, uzun yıllar boyunca hemşirelik kalitesini değerlendirmek için sınırlı sayıda olumsuz olay göstergesine odaklanmıştır. Bu geleneksel göstergeler arasında basınç yaralanmaları/ülserleri, hasta düşmeleri, hastane kökenli enfeksiyonlar (özellikle ventilatör ilişkili pnömoni, kateter ilişkili üriner sistem enfeksiyonu) ve ilaç hataları ilk sıralarda yer almaktadır (Oner vd., 2025).

Bu göstergelerin hasta güvenliği açısından önemi yadsınamaz olmakla birlikte, hemşirelik bakımının sadece bu "negatif" çıktıların önlenmesine indirgenmesi, mesleğin hasta iyileşmesine olan pozitif katkısını gölgelemektedir. Ayrıca, McEvoy ve arkadaşları (2025) tarafından yapılan sistematik derleme, akut ve kritik bakım ortamlarında halen kullanılan temel kalite metriklerinin hemşireliğin gerçek iş yükünü ve değerini yansıtmaktan uzak olduğunu vurgulamaktadır.

3.2. Kapsamın Genişletilmesi: Hasta/Familya Merkezli ve Pozitif Çıktılar

Güncel yaklaşımlar, güvenlik göstergelerinin ötesine geçerek hastanın ve ailesinin bakım deneyimini, fonksiyonel sonuçlarını ve yaşam kalitesini merkeze alan gösterge setlerini

içermektedir. McEvoy ve arkadaşları (2025) tarafından yapılan sistematik derlemede tanımlanan 55 hemşireliğe duyarlı çıktının %12,7'sinin hasta/familya memnuniyeti, %10,9'unun hasta komplikasyonları ve yine %10,9'unun semptomla ilişkili çıktılar (ağrı, dispne, bulantı kontrolü) olduğu belirlenmiştir.

Tablo 1. Hemşireliğe Duyarlı Kalite Göstergelerinde Geleneksel ve Güncel Yaklaşımların Karşılaştırılması

Gösterge Kategorisi	Geleneksel Yaklaşım	Güncel Yaklaşım (Genişletilmiş Kapsam)
Hasta Güvenliği	Basınç yaralanması insidansı, Hasta düşme oranları, Hastane kökenli enfeksiyonlar	Planlanmamış ekstübasyon (ventilatöre bağlı hastalarda), Kateter ilişkili komplikasyonlar
Semptom Yönetimi	(Genellikle ölçülmez veya rutin değerlendirme dışıdır)	Ağrı kontrolü, Dispne yönetimi, Bulantı/kusma kontrolü, Yorgunluk yönetimi
Hasta/Aile Deneyimi	(Sınırlı ve genel memnuniyet anketleri)	Hasta ve ailenin bakıma katılım düzeyi, Bilgilendirme memnuniyeti, Psikososyal destek algısı
Fonksiyonel Sonuçlar	(Neredeyse hiç ölçülmez)	Mobilizasyon düzeyi, Günlük yaşam aktivitelerinde bağımsızlık, Nörolojik vasküler değerlendirme doğruluğu
Psikososyal Çıktılar	(Ölçülmez)	Anksiyete/depresyon düzeyi, Beden imajı uyumu

Kaynak: McEvoy vd. (2025) ve Baillie vd. (2025)'den uyarlanmıştır.

4. UZMANLIK ALANLARINA ÖZGÜ GÖSTERGE GELİŞTİRMELERİ

Hemşirelik bakımı, her uzmanlık alanının kendine özgü riskleri, müdahaleleri ve hasta popülasyonu özellikleri nedeniyle genel gösterge setlerinin yetersiz kalmasına neden olmaktadır. Son yıllarda, farklı klinik alanlar için Delphi tekniği ve analitik hiyerarşi süreci (AHP) gibi yöntemlerle geliştirilmiş uzmanlığa duyarlı gösterge setleri öne çıkmaktadır.

4.1. Periton Diyalizi Hemşireliği

Baillie ve arkadaşları (2025) tarafından yürütülen çok uluslu bir konsensus çalışmasında, periton diyalizi hemşireliği için Donabedian modeline dayalı 28 hassas gösterge geliştirilmiştir. Çalışmada, başlangıçta 65 potansiyel gösterge (20 yapı, 22 süreç, 23 çıktı) belirlenmiş, konsensus süreci sonunda 28 göstergeye (sekiz yapı, 12 süreç, sekiz çıktı) indirgenmiştir. En yüksek destek alan göstergeler arasında; hasta memnuniyeti, sıvı dengesi değerlendirmesi, periton diyalizi kateter çıkış bölgesi bakımı, klinik belirtilerin ölçümü, peritonit araştırması ve enfeksiyon oranları yer almıştır (Baillie vd., 2025). Bu çalışma, üreme sağlığından enfeksiyon kontrolüne kadar geniş bir yelpazede hemşirelik sorumluluklarının standardize edilmesi gerektiğini ortaya koymaktadır.

4.2. Ortopedi Hemşireliği

Chen ve arkadaşları (2026), ortopedi hemşireliği için yapı-süreç-sonuç modelini temel alarak 12 ana boyut ve 68 alt göstergeden oluşan kapsamlı bir kalite değerlendirme sistemi geliştirmiştir. Çalışmada, 25 uzmanla iki tur Delphi tekniği uygulanmış, uzman yanıt oranları sırasıyla %92 ve %100 olarak raporlanmıştır. Analitik hiyerarşi süreci (AHP) ağırlık analizi,

"fonksiyonel rehabilitasyon yönetimi" (%14,7), "komplikasyon sonuçları" (%13,9) ve "hemşire yeterlilik güvencesi" (%12,5) boyutlarının en yüksek ağırlığa sahip olduğunu göstermiştir. İkinci tur Kendall uyum katsayısı (W=0,412, p<0,001) olarak hesaplanmıştır (Chen vd., 2026). Ortopedi alanında nörovasküler değerlendirme, kompartman sendromunun erken tanınması ve eksternal fiksatör bakımı gibi hemşireliğe özgü hassas süreç göstergeleri öne çıkmaktadır.

4.3. Perioperatif ve Cerrahi Hemşireliği

Cerrahi alanlarda hassas göstergelerin geliştirilmesine yönelik çalışmalar da hız kazanmıştır. Perkütan koroner girişim (PKG) perioperatif hemşirelik kalitesi için geliştirilen gösterge seti; insan kaynakları, yönetim sistemleri, tıbbi uzmanlık eğitimi, hemşirelik yeterliliği, ilaç ve ekipman yönetimi, sağlık eğitimi, perioperatif yönetim, hasta memnuniyeti, advers olay insidansı, hemşirelik verimliliği ve bakımın sürekliliği gibi çok boyutlu bir yapıya sahiptir (Wu vd., 2025). Wu ve arkadaşları (2025) tarafından yapılan çalışmada, iki tur Delphi fonksiyonunda geri dönüş oranı %100, uzman otorite katsayısı 0,889 ve Kendall uyum katsayıları sırasıyla 0,496 ve 0,523 (p<0,001) olarak bulunmuştur.

4.4. Anestezi Sonrası Bakım Ünitesi (PACU)

PACU ortamı, hasta güvenliği açısından kritik bir dönemeçtir. Bu alanda yapılan sistematik derlemeler, gösterge geliştirme çalışmalarının henüz erken aşamada olduğunu, ancak derlenen göstergelerin hemşirelik uygulamalarının odağını yansıttığını göstermektedir. Planlanmamış ekstübasyon, solunum depresyonu izlemi ve derlenme kalitesi bu alanda öne çıkan hassas göstergeler arasındadır (Zhang vd., 2025).

5. YÖNTEMBİLİM YAKLAŞIMLARI VE GÜNCEL EĞİLİMLER

Hemşireliğe duyarlı kalite göstergelerinin geliştirilmesinde kullanılan yöntembilimsel yaklaşımlar da giderek standardize olmaktadır. Güncel çalışmalarda ağırlıklı olarak karma yöntem tasarımları ve çok aşamalı süreçler kullanılmaktadır.

5.1. Delphi Tekniği ve Uzman Konsensusu

Delphi yöntemi, hemşirelik hassas göstergelerinin geliştirilmesinde altın standart olarak kabul edilmektedir (Chen vd., 2026). Bu yöntem, belirli bir konuda uzman panelinin görüşlerinin birden çok turda sistematik olarak toplanmasına ve fikir birliğine varılmasına olanak tanır.

Güncel Delphi çalışmalarında dikkat çeken bulgular şunlardır:

- **Uzman Yanıt Oranları:** Genellikle yüksek (%92-100 arasında) olup, bu durum konunun önemine verilen önemi yansıtmaktadır (Chen vd., 2026; Baillie vd., 2025).
- **Uzman Yetki Katsayıları:** Genellikle 0,80 üzerinde olup, uzmanların konuya hakimiyetinin yüksek olduğunu gösterir (Wu vd., 2025).
- **Kendall Uyum Katsayısı (W):** İkinci turda genellikle istatistiksel olarak anlamlı (p<0.001) ve 0.40-0.50 aralığında uyum katsayıları rapor edilmektedir; bu da uzman görüşlerinde anlamlı bir uzlaşma olduğunu kanıtlar (Chen vd., 2026; Wu vd., 2025).

5.2. Paydaş Katılımı ve Birlikte Üretim (Co-Production)

Güncel yaklaşımlar, gösterge setlerinin sadece akademisyenler ve yöneticiler tarafından değil, aynı zamanda klinik hemşireler, hekimler, hastalar ve ailelerle birlikte geliştirilmesi gerektiğini vurgulamaktadır. Baillie ve arkadaşları (2025) çalışması, birlikte üretim (co-production) tasarımının, göstergelerin klinik uygulanabilirliğini ve hasta merkezliliğini artırdığını göstermiştir.

6. TARTIŞMA VE HEMŞİRELİK YÖNETİMİNE YANSIMALARI

Hemşireliğe duyarlı kalite göstergelerinin sistematik kullanımı, hemşirelik yönetiminde "deneyime dayalı yönetim" anlayışından "bilimsel yönetim" anlayışına geçişi simgelemektedir (McEvoy vd., 2025). Ancak, bu göstergelerin başarılı bir şekilde uygulanması ve sürdürülebilir kılınması için bazı stratejik hususların dikkate alınması gerekmektedir.

Veri Toplama ve Raporlama Altyapısı: Elektronik sağlık kayıtlarının (ESK) hasta verilerini yapılandırılmış bir şekilde toplama kapasitesi, göstergelerin verimli bir şekilde hesaplanması için kritiktir. Hemşirelik liderleri, hemşireliğe duyarlı çıktıların rutin olarak kaydedilmesini ve raporlanmasını sağlamalıdır (Open Resources for Nursing, 2025).

Geri Bildirim ve Yorumlama: Göstergelerin tek başına raporlanması, kalite iyileştirme için yeterli değildir. Kara ve Sönmez (2025) tarafından yapılan randomize kontrollü çalışmada, hemşirelere verilen iş başı eğitimlerin (toolbox training) düşme, basınç yaralanması, ağrı yönetimi ve advers olay bildirimi gibi kalite göstergelerinde anlamlı iyileşmeler sağladığı gösterilmiştir.

Adil Karşılaştırma (Benchmarking): Farklı hasta popülasyonları ve klinik ortamlarının farklı risk profillerine sahip olduğu unutulmamalıdır. Örneğin, yüksek akut bakım ünitesinde beklenen basınç yaralanması oranı ile palyatif bakım servisinde beklenen oran aynı değildir. Risk ayarlaması yapılmış karşılaştırmalar, anlamlı değerlendirmeler için gereklidir (Oner vd., 2025).

7. SONUÇ VE ÖNERİLER

Hemşireliğe duyarlı kalite göstergeleri, hemşirelik bakımının değerini görünür kılmak ve sürekli iyileştirmeyi sağlamak için vazgeçilmez araçlardır. Bu bildirinin kapsamlı analizi, üç önemli eğilimi ortaya koymaktadır:

1. **Kapsamın Genişlemesi:** Güvenlik odaklı, dar bir gösterge setinden, hasta memnuniyeti, fonksiyonel sonuçlar ve psikososyal iyilik halini de içeren çok boyutlu bir değerlendirmeye doğru bir geçiş yaşanmaktadır (McEvoy vd., 2025).

2. **Uzmanlaşma:** Genel gösterge setlerinin yanı sıra, periton diyalizi, ortopedi, kardiyovasküler cerrahi ve onkoloji gibi uzmanlık alanlarına özgü, klinik uygulamayı daha hassas bir şekilde yansıtan setler geliştirilmektedir (Baillie vd., 2025; Chen vd., 2026).

3. **Yöntem Standardizasyonu:** Delphi tekniği, AHP ve paydaş birlikte üretimi, gösterge geliştirme sürecinde bilimsel titizliği ve klinik uygulanabilirliği garanti altına alan temel yöntemler haline gelmiştir (Chen vd., 2026; Wu vd., 2025).

KAYNAKLAR

Baillie, J., Bonner, A., Guillouet, S., Mikut, C., Punzalan, S., Kaczmarek, A., Wenzyl, L. C., & Finderup, J. (2025). Co-producing peritoneal dialysis nursing sensitive indicators for quality care: A multinational consensus building design. *Journal of Renal Care*, *51*(1), e70008. https://doi.org/10.1111/jorc.70008

Chen, C., Gu, X., Xu, L., & Zhou, B. (2026). Construction of orthopedic specialty nursing quality standards based on sensitive indicators. *Medicine*, *105*(13), e47932. https://doi.org/10.1097/MD.0000000000047932

Donabedian, A. (1966). Evaluating the quality of medical care. *The Milbank Memorial Fund Quarterly*, *44*(3), 166-206.

Donabedian, A. (1988). The quality of care: How can it be assessed? *JAMA*, *260*(12), 1743-1748.

Kara, B., & Sönmez, B. (2025). The effect of toolbox trainings on nursing sensitive quality indicators: A randomized controlled trial. *Journal of Nursing Scholarship*, *57*, 439-451. https://doi.org/10.1111/jnu.13051

McEvoy, N. L., Kalvas, L. B., Walsh, K., & Curley, M. A. Q. (2025). The identification and characterization of nurse-sensitive outcomes in acute and critical care: A systematic review. *Nursing Outlook*, *73*(2), 102379. https://doi.org/10.1016/j.outlook.2025.102379

Oner, B., Zengul, F. D., Oner, N., Ivory, C. H., & Thompson, J. A. (2025). Identification of nursing-sensitive indicators on pressure injuries/ulcers: A systematic review. *Nursing Inquiry*, *32*(2), e70007. https://doi.org/10.1111/nin.70007

Open Resources for Nursing (Open RN). (2025). ANA's evaluation competencies. In K. Ernstmeyer & E. Christman (Eds.), *Nursing: Mental health and community concepts* (2nd ed.). Chippewa Valley Technical College.

Zhang, Q., & Zhu, X. (2025). (2025). A systematic review on domestic development of nursing-sensitive quality indicators for post-anesthesia care unit based on the structure-process-outcome model. *Chinese Journal of Integrative Nursing*, *11*(2), 1-6.

Wu, S., Huang, S., Kang, L., Zhu, W., Zha, Q., & Ni, X. (2025). Construction of sensitivity indicators for perioperative nursing quality in percutaneous coronary intervention. *Journal of Internal Medicine Concepts & Practice*, *20*(6), 469-476. https://doi.org/10.16138/j.1673-6087.2025.06.07

LAB-ON-A-CHIP DEVICES FOR POINT-OF-CARE TESTING: CLINICAL APPLICATIONS AND RECENT ADVANCES

Aayushi Agarwal Bansal

School of Pharmaceutical Sciences, Atmiya University, Rajkot, Gujarat, India.

ABSTRACT

Lab-on-a-chip (LOC) devices present themselves as promising platforms that could revolutionize the field of point-of-care testing (POCT). The present paper analyzes some of the recent advances in LOC technology as used in various types of clinical practice, concentrating on diagnostic efficiency and effectiveness in delivering improved results in terms of clinical outcomes and practical applicability. An analysis is performed based on peer-reviewed literature available through various databases including PubMed, Scopus, and Web of Science from 2020 to 2025. In general, LOC technology shows great promise because it can be used to perform rapid and sensitive testing at the point of care. For instance, the microfluidic RT-LAMP technology created by Nguyen et al. allowed rapid and efficient diagnosis of SARS-CoV-2 virus, whereas LOC technology developed by Guo et al. made it possible to perform accurate malaria detection using smartphones. LOCs proved themselves to be quite useful in terms of detecting infectious diseases, cancer biomarkers, and metabolism-related conditions. Their portability and need for minimal samples made them particularly efficient in remote and emergency settings. However, there are still some issues with regulatory approval and larger scale studies required.

Keywords: Lab-on-a-Chip (LOC); Point-of-Care Testing (POCT); Biosensors; Clinical Diagnostics; Microfluidics.

INTRODUCTION

Recent improvements in medical diagnostics have highlighted the necessity of fast, precise, and decentralized diagnostic systems that can provide the results at or close to the site of the patient. Traditional methods of diagnostics are mostly centralized in laboratories, and are expensive due to the need of advanced equipment, qualified staff, and long turnaround periods. Such restrictions tend to slow down the process of making clinical decisions especially when the patient has acute diseases and timely intervention is paramount. As noted in microfluidic-based diagnostic systems, conventional laboratory processes cannot be used in point-of-care environments because they are complex and demand resources. Point-of-care testing (POCT) has become a revolutionary paradigm in the contemporary healthcare system, with quick diagnostic outcomes in the clinical environment, including outpatient clinics, emergency departments, and resource-intensive facilities. The POCT systems are meant to offer sample-to-answer operation whereby diagnostic tests can be conducted with high sensitivity and specificity by minimally trained staff. Nonetheless, because of a lack of quantitative accuracy, limited multiplexing capacity, and inconsistent performance, conventional POCT technologies, such as lateral flow assays and glucose monitoring strips have been associated with limitations (Arshavsky-Graham & Segal, 2020).

The Lab-on-a-chip (LOC) technology has been of great interest as a potential solution to address these limitations by incorporating multiple laboratory operations on a single micro-scale chip. LOC systems are microfluidic systems that can be used to manipulate small volumes of fluid with high precision, allowing biochemical reactions to be performed quickly and analytes to be detected efficiently. Miniaturization and integration of sample preparation, separation and detection processes greatly lower the time of analysis and decrease the number of reagents used and enhance the performance of the analysis process. LOC is especially applicable to blood-based diagnostics, where small volumes of a sample can be used to give valuable information on physiological and pathological states. A typical workflow of diagnosis using LOC will involve blood micro sampling, cellular components separation on-chip, immunoassay-based detection, and signal processing. It is these combined processes that allow the creation of small and portable diagnostic instruments that can produce clinically significant results in real time. Moreover, the possibility to connect LOC systems to digital platforms, e.g. smartphones, increases their relevance to telemedicine and remote healthcare delivery, refer Table 1 (Foudeh et al., 2012).

Table 1. Comparison of Conventional Diagnostics vs Lab-on-a-Chip Systems

Feature	Conventional Diagnostics	Lab-on-a-Chip
Sample Volume	High	Very low (µL–nL)
Time to Result	Hours–Days	Minutes
Portability	Low	High
Automation	Limited	High
Cost	High	Relatively low

Recent technological advances have broadened the use of LOC applications beyond conventional diagnostics to infectious disease detection, cancer biomarker analysis and metabolic monitoring. Increment in microfluidic design, biosensing strategies and signal amplification methods have enhanced the sensitivity, specificity and reproducibility of these systems. Also, new platforms like paper-based microfluidics, centrifugal microfluidics, and magnetic-assisted detection have also increased versatility and scalability of LOC technologies. Although these breakthroughs have been achieved, there are a number of obstacles in the translation of LOC technologies between laboratory prototype and clinical diagnostic equipment. Standardization, high-volume production, regulatory acceptance, and inclusion in clinical processes are still considered issues that inhibit widespread adoption. To achieve the potential of LOC devices in the everyday healthcare setting, it is necessary to address these issues.

As such, this paper will seek to give a broad review of the lab-on-a-chip technologies in point-of-care testing and specifically explore their principles of operation, detection, clinical uses, their benefits and their future outlook. It is based on the latest scientific literature and emphasizes the importance of LOC systems in the development of the next generation diagnostic platforms (Jung et al., 2015).

LAB-ON-A-CHIP TECHNOLOGY PRINCIPLES

The lab-on-a-chip (LOC) technology is primarily based on the concept of microfluidic systems that integrate a variety of laboratory functions into a small platform. These instruments are created to manipulate, process and analyze small volumes of fluids (usually ranging in the microlitre - nanolitre range) in microchannel networks. The essence of the LOC systems is the

exact control of fluids on a microscopic level, which allows reaction kinetics to be quickly acted upon, requires less reagents, and has improved analytical capability. Microfluidics is the foundation of LOC technology that directs the movement of fluids through channels with dimensions in the tens or hundreds of micrometres scale. At such scale, fluid motion is largely laminar, as opposed to turbulent, and so it exhibits predictable and steady flow patterns. The latter feature is especially beneficial to biochemical reactions, since it allows to control the mixing of reagents, diffusion, and reaction time very accurately. The short diffusion distance in microchannels also enhances molecular interactions thus optimizing assay efficiency and decreasing the time to analyze it.

The usual workflow of an LOC system is a series of steps that are usually defined as a sample-to-answer workflow. This involves sample introduction, sample preparation, the separation of the analyte, biochemical reaction, detection and the data output. Combining all these steps into a single platform will remove the necessity of using various instruments and manual operations, which are typical of the traditional laboratory diagnostics. That these processes can be automated increases the reproducibility and minimizes the chance of human error, refer Table 2 (Iannone, 2018).

Table 2. Key Components and Functions in Lab-on-a-Chip Systems

Component	Function	Example Techniques
Microchannels	Fluid transport	Capillary flow, pressure-driven flow
Sample Preparation Unit	Separation of analytes	Filtration, hydrodynamic separation
Reaction Chamber	Biochemical reactions	Immunoassays, enzymatic assays
Detection System	Signal generation	Optical, electrochemical, magnetic
Data Processing Unit	Result interpretation	Smartphone integration, digital readout

Microfluidic Fluid Transport and Fluid Handling

Active and passive processes can be used to transport fluids in LOC devices. Capillary forces, surface tension or pressure difference will usually cause the passive flow, and no external pumps are required to drive the flow, which makes the system more applicable to point-of-care applications. Microfluidic systems based on capillary forces are simple and inexpensive (especially in paper-based diagnostic systems) and are therefore common (Mark et al., 2010).

Active flow mechanisms, conversely, make use of external forces like electric fields, magnetic fields or mechanical pumps to regulate fluid flow. Such methods allow more regulation of the flow rates and allow the complex processing of analytes (mixing, separation, and concentration). But they frequently need extra elements, which can add complexity and expense to the system.

Preparation of the samples and on-chip processing

Sample preparation: An important process in LOC-based diagnostics, especially with complex biological samples like whole blood. It is done by generally micro sampling, and then separating various components on-chip, which includes plasma, red blood cells, white blood cells, and platelets. Microfluidic separation methods use size, density and hydrodynamic differences between cells to realize efficient separation without the bulky centrifugation systems.

A variety of microfluidic separation methods have been created, among which are filtration-based, inertial separation, and hydrodynamic effects, e.g., ZweifachFung phenomenon. These methods allow the efficient and consistent separation of blood components with minimal loss

of samples and less time. Combining such techniques with the LOC devices has been of great help in the real-time diagnostics of the devices (Wietsma et al., 2018).

Biochemical Reactions on-Chip and Immunoassays

After preparation of the samples, a biochemical analysis can be carried out on-chip; the most commonly used method being immunoassays. Immunoassays are based on the particular interaction between antigens and antibodies thus enabling the target biomolecules to be detected with high sensitivity and specificity. Miniaturization of immunoassays contained in LOC devices has various benefits, such as faster reaction kinetics, less reagent usage and multiple assays at the same time. There are various forms of micro-scale immunoassays including sandwich assays, competitive assays, and homogeneous assays. Sandwich immunoassays are the most popular of these since they have high sensitivity and specificity. The incorporation of immunoassay processes, including antigen capture, labelling, and detection, in one microfluidic platform facilitates the workflow and improves the performance of the analysis, refer Figure 1 (Francesko et al., 2019).

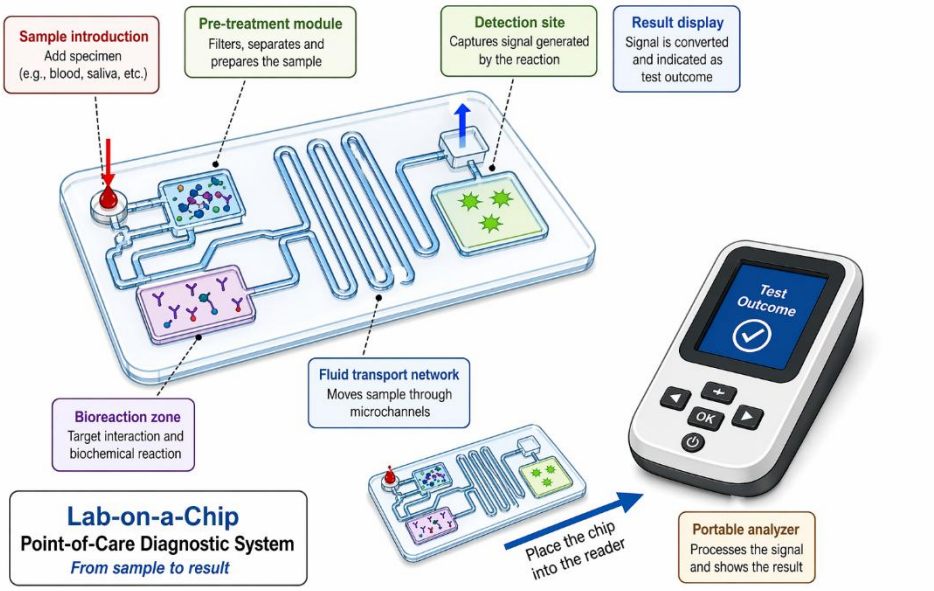


Figure 1. *Schematic representation of a lab-on-a-chip & point-of-care diagnostic system illustrating integrated workflow from sample introduction to result output.*

Detection and Signal Transduction

The last stage of LOC systems is detection, which involves transforming the presence of target analytes into measurable signals. LOC devices use different detection techniques such as optical, electrochemical and magnetic detection. Fluorescence and colorimetric analysis are optical detection types that are commonly used because of their simplicity and high sensitivity. The benefits of electrochemical detection are miniaturization and the ability to be using portable equipment, which suits the point of care. Recent breakthroughs have also created label-free detection techniques and signal amplification techniques, which additionally increase the sensitivity and allow real-time observation of biochemical interactions. The connection with digital platforms, including smartphones and cloud-based solutions, will enable effective data processing, storage, and remote analysis, which expands the range of LOC applications in telemedicine and digital healthcare (Gupta et al., 2016).

LAB-ON-A-CHIP SYSTEMS DETECTION MECHANISMS

The ability of lab-on-a-chip (LOC) devices to detect is core to the functionality of these devices since they translate biochemical interactions into measurable signals that can be quantitatively or qualitatively analysed. The sensitivity, specificity, portability and clinical applicability of LOC-based diagnostic systems largely depend on the detection method chosen. In point-of-care testing (POCT), detection systems need to be fast, stable and adaptable to miniaturized platforms without compromising on the performance in terms of analysis compared with conventional laboratory testing. LOC devices use a wide range of detection strategies which are generally classified as optical, electrochemical and emerging molecular detection methods. The choice of these methods depends on the characteristics of the target analyte, e.g. proteins, nucleic acids, or metabolites, and the diagnostic sensitivity and turnaround time needed (Conde et al., 2016).

Optical Detection Methods

One of the most common techniques employed in the LOC systems is optical detection because it is very sensitive and easy to implement. It is based on the interplay between light and the analyte or labelled biomolecules to produce detectible signals. Typical optical techniques are fluorescence, absorbance (colorimetric), and chemiluminescence. Detecting with fluorescence is especially beneficial in high-sensitivity detection since it enables the detection of low concentration levels of analyte using fluorescent labels produced by the emission signal. Colorimetric detection, in contrast, is popular in paper-based LOC devices and lateral flow assays because of its simplicity and capability to generate results that can be visually interpreted without having to use complex instrumentation. The characteristics render optical detection quite appropriate in resource-constrained environments and high-throughput screening systems.

Smartphone-based optical detectors have also been developed as of late wherein the camera is used as a detector to acquire and analyze signals. The integration makes them more portable, and allows real-time data exchange, thus increasing the usefulness of LOC devices in telemedicine and remote diagnostics (Khan & Song, 2020).

Electrochemical Detection Methods

Another technique that is common in LOC systems especially when it comes to quantitative analysis is electrochemical detection. The technique is a measurement of electrical signals, i.e., current, voltage or impedance, produced by biochemical reactions taking place on the electrode surface. Electrochemical sensors are well suited to microfluidic platforms because they are small, low power and simple to integrate. They find wide application in devices like glucose monitoring where an enzyme reaction can be monitored as an electrical signal. Electrochemical detection is highly sensitive and has a high response time, which is why it is applicable to continuous monitoring and real-time diagnostics. Furthermore, electrochemical technologies have benefits of being cost effective and scalable, which are appealing to large-scale implementation in POCT devices. They are also very strong and do not rely much on optical parts, which further make them useful in portable diagnostics, as given in Table 3 (Luka et al., 2015).

Table 3. Comparison of Detection Mechanisms in Lab-on-a-Chip Systems

Detection Method	Principle	Advantages	Limitations	Clinical Application
Optical	Light-based signal (fluorescence/colour)	High sensitivity, easy visualization	Requires optical components	Infectious diseases, immunoassays
Electrochemical	Electrical signal (current/voltage)	Portable, low cost, rapid	May require calibration	Glucose monitoring, metabolites
Molecular (LAMP/CRISPR)	DNA/RNA detection	High specificity, early detection	Requires sample prep	Viral infections, genetic testing

Molecular Detection: Nucleic Acid-Based Techniques

The use of molecular detection methods especially those based on nucleic acids, have become important in the field of LOC-based diagnostics. These techniques facilitate detection of particular DNA or RNA sequences linked to pathogen or genetic diseases and are very specific and sensitive. LOC systems have extensively embraced the use of isothermal amplification methods like loop-mediated isothermal amplification (LAMP) which amplifies nucleic acids at fixed temperature, which does not require intricate thermal cycling apparatus. This renders them very suitable point-of-care (Wu et al., 2017).

More recently, CRISPR-based detection systems have become potent methods of molecular diagnostics. Programmable nucleases are used in these systems to identify and cut particular genetic sequences and produce detectable signals that are highly specific. The assays based on CRISPR can be integrated into microfluidic platforms and allow quick and accurate identification of pathogens, including novel infectious diseases (Lee & Kim, 2024).

Signal Amplification and Integration Strategies

LOC systems are frequent to implement signal amplification strategies that improve the sensitivity of detection, such as utilizing nanomaterials, enzymatic amplification, and external field-based techniques. The enhancement of signal intensity and multiplexed detection can be achieved using nanoparticles like gold and magnetic nanoparticles. LOC devices have an added functionality of being integrated with detection systems and digital platforms. Loc platforms are becoming more and more equipped with Smartphone-based readouts, cloud data processing, and AI-assisted analysis, allowing automated results interpretation and remote patient monitoring (Yang et al., 2021).

LAB-ON-A-CHIP PLATFORMS

LAB-on-a-chip (LOC) technologies have a very broad spectrum of platforms, which vary in design, fabrication materials, fluid manipulation methods, and detection strategies. The platform selection is based on the target clinical use, sensitivity, cost, and the environment. In recent years, a wide variety of LOC systems have been developed such as microfluidic chips, paper-based devices, centrifugal platforms, and Smartphone-based-integrated systems all with unique benefits to point-of-care testing (POCT), their comparison is given in Table 4 (Mark et al., 2010).

Table 4. Comparison of Different Lab-on-a-Chip Platforms

Platform Type	Working Principle	Advantages	Limitations	Applications
Microfluidic Chip	Controlled fluid flow in microchannels	High precision, integration	Complex fabrication	Clinical diagnostics
Paper-based (µPAD)	Capillary-driven flow in paper	Low cost, portable	Lower sensitivity	Field diagnostics
Centrifugal (Lab-on-disc)	Rotation-driven fluid movement	Automated processing	Requires spinning device	High-throughput assays
Magnetic/Nano-based	Magnetic particle manipulation	High sensitivity	Stability issues	Biomarker detection
Smartphone-integrated	Optical detection + mobile analysis	Real-time, remote access	Device dependency	Telemedicine, POCT

Microfluidic Chip-Based Platforms

The most extensively researched and developed type of LOC devices is the microfluidic chip based-systems. These platforms make use of microchannel networks that are made out of materials like polydimethylsiloxane (PDMS), glass, or thermoplastics to regulate the movement of fluids and biochemical reactions. Microfluidic systems permit the fine control of fluids, making it possible to perform various processes, including sample preparation, separation and detection, in one system. Microfluidic LOC devices, as described in POCT systems, can be used to bring about the functionality of sample-to-answer, which will greatly reduce the time of analysis and enhance diagnostic efficiency. These systems can also be used to facilitate automation and multiplexing and to detect several analytes simultaneously. Nevertheless, issues with the complexity and scalability of fabrication might restrict their general commercialisation (Gupta et al., 2010).

The paper-based lab-on-a-chip devices (µPADs)

Microfluidic devices based on paper, also known as µPADs, have received considerable interest because of their low cost, simplicity, and applicability to resource-constrained environments. These systems use porous paper materials to allow the passage of fluids through the capillary effect, without the use of external pumps. µPADs are especially important in colorimetric assays, in which it is possible to interpret the results visually without the use of advanced equipment. Their simplicity to manufacture in large quantities, and to be fabricated simplify their use in large-scale screening and field diagnostics. Loc systems that are paper-based have been effectively used in the detection of infectious diseases and in environmental monitoring. The µPADs can be limited by sensitivity, quantitative accuracy and the ability to incorporate complex sample preparation steps despite these benefits (Mitrogiannopoulou et al., 2023).

Centrifugal Microfluidic Platforms (Lab-on-a- Disc)

Lab-on-a-disc Centrifugal microfluidic systems (also called centrifugal microfluidics) are based on rotational forces to regulate the movement of fluids in microchannels. Such systems are usually built in the shape of a disc that rotates at predetermined speeds to propel fluid flow, mixing and separation. Centrifugal platforms have the main benefit of being able to carry out intricate fluidic tasks without the use of external pumping or valving. Various processes like metering, mixing and separation can be accurately controlled by changing rotational speed. The systems are especially applicable in automated tests and high-throughput testing. Portability

might be constrained, however, by the need to have a motorized spinning device, unlike other LOC platforms (Pol et al., 2017).

LOC Systems with magnetic and Nanoparticles

LOC systems based on magnetic and nanoparticles use functionalized nanoparticles to capture targets, separate, and enhance the signal. Magnetic particles, especially, are very popular because they can be controlled with the help of external magnetic fields. Magnetic nanoparticles can be used as labels or vectors of biomolecules, allowing an easy separation and detection of a biomolecule in immunoassay-based LOC systems, as shown with the magnetic nanoparticles. These systems tend to make the design of the devices to be easy yet highly sensitive and specific. The use of nanoparticles also improves signal amplification, which increases detection limits and can multiplex detection. Nevertheless, issues of stability and reproducibility of nanoparticle-based assays need to be overcome to be used in clinical practice (Ait-Touchente et al., 2024).

Smartphone-Integrated Lab-on-a-Chip Systems

The introduction of LOC devices with smartphones is a new step in digital health and telemedicine. Smartphones can also be used as detectors, processors, and communication devices allowing real-time analysis and transmission of data. LOC systems are Smartphone-based, and rely on optical detection inbuilt cameras in Smartphones and mobile processing and interpretation of data. The systems are very portable and accessible and, therefore, very appropriate to remote and resource-limited environments. More recent research has shown how smartphone- based LOC platforms can be used to detect infectious diseases and that the results can be analysed and shared immediately with healthcare professionals. Such an integration helps in remote diagnostics and large-scale disease surveillance (Baker et al., 2025).

LAB-ON-A-CHIP SYSTEMS CLINICAL USES

Lab-on-a-chip (LOC) technologies have shown to have a large range of clinical applications in a large variety of diagnostic tests. They are especially useful in the context of the contemporary healthcare systems that require quick, sensitive, and decentralized testing and the ability to make timely decisions and enhance patient results. LOC devices can be used to detect a wide range of analytes, such as proteins, nucleic acids, cells, and metabolites, and are applicable in infectious disease, oncology, metabolic disease, and therapeutic monitoring, refer Table 5 (Fibben et al., 2025).

Table 5. Clinical Applications of Lab-on-a-Chip Systems

Application Area	Target Analyte	Detection Method	Clinical Benefit
Infectious Diseases	Viral RNA, antigens	RT-LAMP, optical	Rapid diagnosis, outbreak control
Cancer Diagnostics	Tumor markers, CTCs	Immunoassay, optical	Early detection, monitoring
Metabolic Disorders	Glucose, cholesterol	Electrochemical	Continuous monitoring
Drug Monitoring	Drug concentration	Electrochemical/optical	Personalized therapy

Infectious Disease Diagnostics

Among the most noticeable uses of the LOC systems is in the identification of infectious diseases where quick diagnosis is vital in preventing the spread of the disease and preventive treatment. LOC devices can be used to detect pathogens on-site, with specific nucleic acids or antigens, minimizing turnaround time in comparison with traditional laboratory tests. Nucleic acid detection systems based on microfluidics, especially those relying on isothermal amplification methods, have demonstrated significant potential to diagnose viral infections. As an example, a microfluidic RT-LAMP-based LOC device proved to be able to detect SARS-CoV-2 RNA with high sensitivity and fast turnaround time, so it can be used in point-of-care testing in the conditions of a pandemic. Such systems do not require the use of complicated thermal cycling systems, thus improving their usability in decentralized environment.

On the same note, the use of smartphone-based LOC platforms has also been designed to detect malaria in resource-constrained settings. In this type of systems, a small blood sample is run through a microfluidic chip then nucleic acid amplification and signal detection is done through a smartphone-based interface. These platforms have proven to be very accurate in diagnosing in the field, which underscores their ability to screen and monitor diseases at large scale. Introduction of LOC technologies in the field of infectious disease diagnostics has had a great impact on the early detection of diseases, minimization of diagnostic delays, and on the work on the effective methods of managing the disease (Figeys & Pinto, 2000).

Cancer Biomarker Detection

LOC devices have also been widely used in oncology especially in detecting and monitoring cancer biomarkers. Early cancer diagnosis has been shown to have a great impact on the therapeutic outcomes and LOC systems provide a minimally invasive and fast method of detecting disease-specific biomarkers. High sensitivity and specificity of proteins like tumor markers can be detected with microfluidic immunoassay platforms. These systems have the ability to handle small sample volumes and give quantitative results therefore it can be used in routine clinical monitoring. Moreover, LOC devices can identify circulating tumor cells (CTCs) and nucleic acid biomarkers that play a vital role in early diagnosis and monitoring of disease progression.

Simultaneously, the possibility to conduct multiplexed analysis on one chip enables the simultaneous detection of a number of biomarkers, enhancing the accuracy of the diagnostic test and creating the opportunity to draw up individual treatment plans. This is especially applicable in precision oncology, where the choice of treatment is based on a profile of an individual patient (Surappa et al., 2023).

Metabolic Disorder and Routine Clinical Testing

LOC systems are very popular in the diagnosis and treatment of metabolic diseases, especially diabetes. Glucometers are one of the most successful applications of point-of-care diagnostics based on the electrochemical-based LOC devices. The devices are fast and precise in measuring the blood glucose levels and allow continuous monitoring and management of the disease. In addition to glucose monitoring, LOC technologies find use in monitoring other metabolites, such as cholesterol, lactate, and electrolytes. Such applications play an important role in evaluating metabolic health and tracking chronic illnesses. LOC devices are portable and easy to use so that one can use them at home to conduct tests that would not require frequent visits to a hospital (Wu et al., 2018).

Drug Monitoring and Therapeutic Applications

Along with diagnostics, LOC systems are also considered as a novel therapeutic drug monitoring (TDM). The precise determination of the drug levels in biological fluids is key to the best dosage schedules, as well as the reduction of side effects. The microfluidic platforms allow analyzing drug concentrations with small sample volumes and are especially advantageous in clinical practices, where continuous care is needed. LOC-based TDM systems could facilitate personalized medicine by allowing real time dose changes in response to patient-specific responses. Moreover, LOC technologies are under investigation in drug screening and pharmacokinetic research, and can be used to present high-throughput and cost-effective analytical services (Gebauer et al., 2016).

Case Study: Multiplex Protein Detection Multiplex Immunoassay

One microfluidic lab-on-a-chip system capable of multiplex protein detection showed the potential to analyze several different biomarkers using a very small amount of whole blood (~7 μL). Capillary-driven flow and on-chip blood filtration are combined with fluorescence-based detection to make the system very sensitive. Background noise is greatly minimized by the inclusion of wash steps in microfluidic network and this also enhances better signal accuracy. This platform has demonstrated detection limits around the picogram per millilitre range of inflammatory biomarkers, and as such, has potential use in early disease detection and monitoring.

Clinical relevance: Multiplexed biomarker analysis is possible, which is important in diseases with complicated pathophysiology (Liu et al., 2018).

Case Study: LOC (Magnetic Nanoparticle-Based) to Quickly Detect Biomarkers

LOC systems using magnetic nanoparticles have been created in order to improve the performance of immunoassays by improving mixing and target capture. In another such system, a system was introduced in which biofunctionalized magnetic nanochains were utilized as both mixing agents and capture probes in a microfluidic chip. The assay allowed the identification of several cancer biomarkers and bacterial species within several minutes through a combination of magnetic manipulation with surface-enhanced Raman spectroscopy (SERS) detection. The external magnetic fields avoided the use of complex fluidic components and high sensitivity was maintained.

Clinical relevance: Facilitates rapid multiplex detection with increased sensitivity applicable in the diagnostics of oncology and infectious diseases (Ait-Touchente et al., 2024).

BENEFITS AND CLINICAL EFFECT OF LAB-ON-A-CHIP SYSTEMS

LAB Lab-on-a-chip (LOC) technologies have multiple benefits over traditional diagnostic systems, which allows them to be used in the healthcare setting with high applicability. The main benefits of this are the miniaturization, integration and automation of laboratory processes on a small platform. All these characteristics aid in higher diagnostic efficiency, increased accessibility, and patient outcomes, as given in Table 6 (Azizipour et al., 2020).

Table 6. Advantages and Clinical Impact of Lab-on-a-Chip Systems

Advantage	Description	Clinical Impact
Rapid Results	Minutes-level diagnostics	Early treatment decisions
Low Sample Requirement	µL–nL volumes	Minimally invasive
Portability	Compact devices	Remote healthcare access
Automation	Integrated workflow	Reduced human error
High Sensitivity	Accurate detection	Reliable diagnosis
Multiplexing	Multi-analyte detection	Better clinical insight

Rapid Turnaround Time

The possibility to provide the results in several minutes is one of the greatest benefits of LOC systems. The short diffusion distances and the effective reaction kinetics at the microscale allow the biochemical interactions to take place faster, thus making the analysis period to be much shorter than that of the conventional laboratory techniques. Emergency medicine and management of infectious diseases are especially in need of rapid diagnostics, where timely treatment can be a life-saving factor (Nandy et al., 2024).

Less Sample and Reagent Consumption

LOC devices are also cost and minimally invasive because only microliter to nanolitre volumes of samples and reagents are required. This can be particularly useful in paediatric and critical care environments, where there might be a scarcity of samples. Less reagent usage also decreases the cost of operations and reduces the amount of waste (Gupte et al., 2025).

Portability and Point-of-Care Accessibility

The small size of LOC devices enables them to be utilized in a variety of environments, such as clinics, ambulances, and distant places. This mobility allows the testing of the point of care, which does not necessitate transportation of the samples to the centralized labs. Consequently, diagnostic services will be more available, especially in resource constrained areas.

Integration and Automation

LOC systems combine several processes (sample preparation, separation, reaction, and detection) on a single platform. Such integration minimizes human error, manual intervention, and enhances reproducibility. Automated sample-to-answer systems also make them easier to use, so that a non-specialized operator can operate them.

High Sensitivity and Specificity

LOC devices have high sensitivity and specificity through the use of sophisticated detection systems such as immunoassays and nucleic acid amplification techniques. Analytical performance is further increased by signal amplification techniques and accurate control of the fluid, which makes LOC systems equivalent to standard laboratory diagnostics (Verma & Pandya, 2022).

Multiplexing Capability

LOC systems are able to identify multiple analytes in single devices and thus provide a comprehensive diagnostic analysis. This multiplexing feature is especially useful in complicated diseases like cancer and infectious diseases with similar symptoms. It enhances the accuracy of diagnoses and helps in individualized forms of treatment.

Clinical Impact and Healthcare Transformation

Introducing LOC technologies into clinical practice can transform healthcare delivery by changing the diagnostic process and moving it to the patient-centered location. This transition is beneficial in the detection of diseases at an early stage, decrease in the workload of hospitals and better monitoring of patients. Moreover, the combination of LOC devices and digital health systems allows to share data in real-time and perform remote diagnostics, thereby promoting telemedicine and global health efforts (Gurkan et al., 2024).

PROBLEMS AND CONSTRAINTS OF LAB-ON-A-CHIP SYSTEMS

Although lab-on-a-chip (LOC) technologies have important applications and show promise in clinical settings, there are multiple challenges that prevent their use in everyday healthcare and pharmaceutical practice. These issues are technical, regulatory and translational and they need to be overcome to allow successful integration into clinical workflows, as summarized in Table 7 (Mohammed et al., 2015).

Table 7. Challenges and Limitations of Lab-on-a-Chip Systems

Challenge	Description	Impact
Regulatory Issues	Lack of standardized guidelines	Delayed approval
Manufacturing	Difficulty in large-scale production	Increased cost
Sample Preparation	Complex biological samples	Reduced efficiency
Sensitivity Issues	Signal variability	Reliability concerns
Clinical Validation	Need for extensive trials	Time-consuming
Cost	High initial investment	Limited adoption

Regulatory Approval and Standardization

Lack of standardized regulatory frameworks is one of the main obstacles to clinical adoption of LOC devices. LOC platforms, unlike the traditional diagnostic systems, are highly variable in terms of design, materials, and detection mechanisms and it is not easy to set similar validation criteria. Before diagnostic devices are approved by regulatory agencies, they must produce a lot of evidence of safety, accuracy, reproducibility and clinical utility. Lack of standardized testing procedures on microfluidic systems, makes approval more difficult and commercialization slow. Moreover, differences in assay performance with fabrication variation may impact on reliability and hence stringent quality control is required (Verma & Pandya, 2022).

Manufacturing and Scalability

The challenge of producing LOC devices in large amounts, keeping the consistency and performance is still an issue. Soft lithography, micromolding, and microfabrication are fabrication methods that need a high level of precision, which may not be easily obtained in mass manufacturing. The choice of materials is also of paramount importance, because the most

popular materials, such as PDMS, could pose a challenge in mass production because of such factors as batch variation and stability over time. The shift between the development of prototypes and the production of the item on the industrial level presupposes optimization of the fabrication processes and materials (Chow, 2002).

Integration with the complex sample preparation

Though the goal of LOC systems is to provide the sample-to-answer capability, it is difficult to incorporate the complicated sample preparation procedures, including lysis of cells, their purification, and separation. Whole blood may have many components that can interfere with the detection process and thus needs to be efficiently processed on-chip. Although microfluidic technologies have facilitated much advancement in blood separation and sample processing, the development of completely automated and robust systems on various types of samples remains a field of research (Agarwalla & Singh, 2026).

Problems of Sensitivity and Reproducibility

The high sensitivity and reproducibility under various operational conditions is essential in clinical diagnostics. The factors which can influence assay performance are fluid flow variations, surface interactions and environment which can affect the performance of LOC devices. In other applications, miniaturization can cause signal variation or lower signal-noise ratio, especially in the detection of low-concentration analytes. Clinical reliability requires that the performance should be consistent across various devices and environments (Reluga et al., 2026).

Clinical validation and Adoption

The effectiveness of LOC systems should be supported by extensive clinical validation to prove their usefulness in comparison with the gold standard diagnostic techniques. This includes massive clinical tests to measure sensitivity, specificity and predictive value in diverse groups of patients. Also, implementation of LOC devices into current healthcare systems involves adjustment of the clinical processes, staff training, and acceptance of healthcare providers. These are some of the factors that could affect the adoption and implementation of the same in real practice.

Cost and Infrastructure considerations

Although LOC devices can be thought to be cost-effective over time, the initial development and implementation expenses may be high. The need to have specialized fabrication facilities, integrate with electronic systems, and validation process may add up to overall costs. Moreover, certain LOC platforms, especially ones based on sophisticated detection methods, might need to be supported by infrastructure, which can restrict their application in low-resource environments (Poljak et al., 2026).

FUTURE OUTLOOK AND PHARMACEUTICAL APPLICABILITY

The future of lab-on-a-chip is that it may still develop further to be more integrated, intelligent and patient-centric diagnostic systems. Innovations in microfabrication, biosensing, and digital

technologies will additionally improve the capabilities of LOC platforms so that they can be used by a large number of people in clinical and pharmaceutical areas.

Artificial Intelligence and Digital Health Integration

Introduction of artificial intelligence (AI) and machine learning into LOC systems is a significant breakthrough in diagnostic technology. AI algorithms have the potential to analyze complex datasets produced by LOC devices and enhance diagnostic accuracy and make possible predictive analytics. Connection to digital health platforms can enable real-time transmission of data, remote monitoring, and telemedicine. This can offer a lot of benefit especially in the treatment of chronic diseases and the tracking of patient outcomes in the real world (Pindoo & Tripathi, 2026).

Multiplexed and High-Throughput Systems

The next-generation LOC systems are anticipated to be able to perform the analysis with high multiplexing, which allows detection of many biomarkers at once. It is a key to thorough disease profiling and personalized medicine. Large-scale screening and epidemiological studies can also be achieved through high-throughput LOC systems, and this will lead to better management of public health (Tariq & Pindoo, 2026).

Function in Personalized Medicine and Therapeutics

LOC technologies are also being utilized in personalized medicine whereby treatment decisions are made based on the profile of a particular patient. LOC devices are able to aid targeted therapy and enhance the outcome of treatments by analyzing genetic, proteomic, and metabolic biomarkers. LOC systems are also under investigation in pharmaceutical sciences to be used in drug screening, pharmacokinetic research, and therapeutic monitoring of drugs. Such platforms allow quick and affordable study of drug reactions, aiding the creation of customized treatment plans (Cao et al., 2026).

Developments of Materials and Fabrication Technologies

To enhance the performance and scalability of LOC devices, emerging materials like thermoplastics, paper-based substrates and nanomaterials are being used (Bansal, 2026). Fabrication new technologies, such as 3D printing and microfabrication, will likely enable mass production and lower production expenses (Bansal, 2024).

Growth in Resource-Limited and Global Healthcare

LOC devices can dramatically influence health across the world because it can offer accessible diagnostic solutions where resources are limited. They can be used in remote and underserved areas, owing to their portability, low sample needs, and quick results. The further evolution of low-cost and easy-to-use LOC systems will be instrumental in the removal of disparities in healthcare and better disease management on the global stage (Shukla & Tanushri, 2026).

CONCLUSION

Lab-on-a-chip (LOC) technologies can be referred to as groundbreaking achievements within diagnostic and pharmaceutical fields, implying that they can be used for biochemical analysis with the help of miniature and sophisticated LOC devices. Using microfluidics, biosensors, and effective detection systems, LOCs offer a number of benefits in comparison with conventional lab testing technologies. Clinically, lab-on-a-chip devices have multiple applications in such areas as detecting infectious diseases, diagnosing cancers, monitoring metabolism, and testing medications. Rapid and accurate results obtained without using large amounts of samples become possible due to such features of LOC technology as portability, compactness, and effectiveness. In addition, the combination of LOC systems with digital health care technologies and artificial intelligence opens up new opportunities for remote diagnostics.

Nevertheless, there is a number of issues related to obtaining regulatory approval, manufacturing on a large scale, and clinical validation of LOC technologies that need to be tackled in the future. Consequently, further investigation and innovations are crucial for the development and enhancement of LOCs. To conclude, LOC technologies represent promising tools for future healthcare because of multiple opportunities they provide.

REFERENCES

Agarwalla, S., & Singh, S. K. (2026). Lab on a Chip in Healthcare Monitoring: Current and Future Perspectives. *Fluid Mechanics in the Digital Era*, 369-415.

Ait-Touchente, Z., Khizar, S., Zine, N., Jaffrezic-Renault, N., Errachid, A., & Elaissari, A. (2024). Lab-on-a-chip for in vitro diagnosis: manipulating the power of nanoparticles.

Arshavsky-Graham, S., & Segal, E. (2020). Lab-on-a-chip devices for point-of-care medical diagnostics. In *Microfluidics in Biotechnology* (pp. 247-265). Springer.

Azizipour, N., Avazpour, R., Rosenzweig, D. H., Sawan, M., & Ajji, A. (2020). Evolution of biochip technology: A review from lab-on-a-chip to organ-on-a-chip. *Micromachines*, *11*(6), 599.

Baker, D. V., Bernal-Escalante, J., Traaseth, C., Wang, Y., Tran, M. V., Keenan, S., & Algar, W. R. (2025). Smartphones as a platform for molecular analysis: concepts, methods, devices and future potential. *Lab on a Chip*, *25*(5), 884-955.

Bansal, A. A. (2024). *Revolutionizing sustainable pharmacy: Investigating the potential of 3D printing in the pharmaceutical industry.* In *Sustainability: Transformative journey towards harmony* (Vol. 4, pp. 119–131).

Bansal, A. A. (2026). *NANOMATERIALS IN DRUG DELIVERY AND THERAPEUTICS: BIOLOGICAL INTERACTIONS, TRANSLATIONAL CHALLENGES, AND EMERGING OPPORTUNITIES*. Halic Publishing House

İstanbul, Türkiye. https://doi.org/10.5281/zenodo.18622837

Cao, X., Xia, C., Li, C., Deng, S., Cao, J., Yang, H., Wang, S., & Chen, P. (2026). Organ-on-a-Chip Technology and Global Multi-Omics: Current Applications and Future Directions. *MedComm*, *7*(2), e70603.

Chow, A. W. (2002). Lab-on-Chip: Opportunities for chemical engineering. *American Institute of Chemical Engineers. AIChE Journal*, *48*(8), 1590.

Conde, J. P., Madaboosi, N., Soares, R. R., Fernandes, J. T. S., Novo, P., Moulas, G., & Chu, V. (2016). Lab-on-chip systems for integrated bioanalyses. *Essays in biochemistry*, *60*(1), 121-131.

Fibben, K., Williams, E. K., Roback, J. D., Lam, W. A., & Alter, D. N. (2025). From Lab-on-a-Chip to Lab-on-a-Chip-in-the-Lab: a perspective of clinical laboratory medicine for the microtechnologist. *Lab on a Chip*, *25*(11), 2566-2577.

Figeys, D., & Pinto, D. (2000). Lab-on-a-chip: a revolution in biological and medical sciences. In: ACS Publications.

Foudeh, A. M., Didar, T. F., Veres, T., & Tabrizian, M. (2012). Microfluidic designs and techniques using lab-on-a-chip devices for pathogen detection for point-of-care diagnostics. *Lab on a Chip*, *12*(18), 3249-3266.

Francesko, A., Cardoso, V. F., & Lanceros-Méndez, S. (2019). Lab-on-a-chip technology and microfluidics. In *Microfluidics for pharmaceutical applications* (pp. 3-36). Elsevier.

Gebauer, A., Schmidt, S., & Hoffmann, W. (2016). Status and perspective of lab-on-a-chip systems for common diseases: A systematic review from 2003 to 2013. *Personalized Medicine*, *13*(1), 71-91.

Gupta, K., Kim, D.-H., Ellison, D., Smith, C., Kundu, A., Tuan, J., Suh, K.-Y., & Levchenko, A. (2010). Lab-on-a-chip devices as an emerging platform for stem cell biology. *Lab on a Chip*, *10*(16), 2019-2031.

Gupta, S., Ramesh, K., Ahmed, S., & Kakkar, V. (2016). Lab-on-chip technology: A review on design trends and future scope in biomedical applications. *Int. J. Bio-Sci. Bio-Technol*, *8*(5), 311-322.

Gupte, B., Jadhav, U., Gosavi, S., & Jagtap, S. (2025). Lab on chip for medical and clinical applications. *Sensors & Diagnostics*, *4*(11), 939-965.

Gurkan, U. A., Wood, D. K., Carranza, D., Herbertson, L. H., Diamond, S. L., Du, E., Guha, S., Di Paola, J., Hines, P. C., & Papautsky, I. (2024). Next generation microfluidics: fulfilling the promise of lab-on-a-chip technologies. *Lab on a Chip*, *24*(7), 1867-1874.

Iannone, E. (2018). *Labs on chip: Principles, design and technology*. CRC Press.

Jung, W., Han, J., Choi, J.-W., & Ahn, C. H. (2015). Point-of-care testing (POCT) diagnostic systems using microfluidic lab-on-a-chip technologies. *Microelectronic Engineering*, *132*, 46-57.

Khan, N. I., & Song, E. (2020). Lab-on-a-chip systems for aptamer-based biosensing. *Micromachines*, *11*(2), 220.

Lee, I., & Kim, H.-Y. (2024). Lab-on-a-chip devices for nucleic acid analysis in food safety. *Micromachines*, *15*(12), 1524.

Liu, F., Ni, L., & Zhe, J. (2018). Lab-on-a-chip electrical multiplexing techniques for cellular and molecular biomarker detection. *Biomicrofluidics*, *12*(2).

Luka, G., Ahmadi, A., Najjaran, H., Alocilja, E., DeRosa, M., Wolthers, K., Malki, A., Aziz, H., Althani, A., & Hoorfar, M. (2015). Microfluidics integrated biosensors: A leading technology towards lab-on-a-chip and sensing applications. *Sensors*, *15*(12), 30011-30031.

Mark, D., Haeberle, S., Roth, G., Von Stetten, F., & Zengerle, R. (2010). Microfluidic lab-on-a-chip platforms: requirements, characteristics and applications. *Microfluidics based microsystems: fundamentals and applications*, 305-376.

Mitrogiannopoulou, A.-M., Tselepi, V., & Ellinas, K. (2023). Polymeric and paper-based lab-on-a-chip devices in food safety: a review. *Micromachines*, *14*(5), 986.

Mohammed, M. I., Haswell, S., & Gibson, I. (2015). Lab-on-a-chip or Chip-in-a-lab: Challenges of Commercialization Lost in Translation. *Procedia Technology*, *20*, 54-59.

Nandy, S., Thakur, S., Saha, S., Chhatrala, K. A., & Agarwal Bansal, A. (2024). Microfluidic Organ-On-A-Chip Models of Human organs in Drug Discovery.

Pindoo, I. A., & Tripathi, S. L. (2026). Biochips and Lab-on-a-Chip Systems: VLSI Applications in Medical Diagnostics. *Biochip Design and Health Informatics Using IoT and SDN*, 11-33.

Pol, R., Céspedes, F., Gabriel, D., & Baeza, M. (2017). Microfluidic lab-on-a-chip platforms for environmental monitoring. *TrAC Trends in Analytical Chemistry*, *95*, 62-68.

Poljak, I., Chiappini, C., & Adriani, G. (2026). Engineering perfusion to meet tumor biology: are vascularized tumor-on-a-chip models ready to drive therapy innovation? *Lab on a Chip*.

Reluga, A., Flont, M., Jastrzębska, E., Nagelkerke, A., Trombetta-Lima, M., & Nawrotek, K. (2026). Lab-on-a-chip systems for modelling peripheral nerve injury and neurodegenerative disease: state of the art and beyond. *Microfluidics and Nanofluidics*, *30*(3), 23.

Shukla, V. K., & Tanushri. (2026). On-Chip Sensors Commercialized for Medical Diagnostics Applications. In *Biosensor Technology in Translating Novel Materials into Practical Devices* (pp. 393-425). Springer.

Surappa, S., Multani, P., Parlatan, U., Sinawang, P. D., Kaifi, J., Akin, D., & Demirci, U. (2023). Integrated “lab-on-a-chip” microfluidic systems for isolation, enrichment, and analysis of cancer biomarkers. *Lab on a Chip*, *23*(13), 2942-2958.

Tariq, Y., & Pindoo, I. A. (2026). Drug Discovery Using Biochip Technology. *Biochip Design and Health Informatics Using IoT and SDN*, 63-85.

Verma, N., & Pandya, A. (2022). Challenges and opportunities in micro/nanofluidic and lab-on-a-chip. *Progress in molecular biology and translational science*, *186*(1), 289-302.

Wietsma, J. J., Van Der Veen, J. T., Buesink, W., Van Den Berg, A., & Odijk, M. (2018). Lab-on-a-chip: Frontier science in the classroom. *Journal of chemical education*, *95*(2), 267-275.

Wu, J., Dong, M., Rigatto, C., Liu, Y., & Lin, F. (2018). Lab-on-chip technology for chronic disease diagnosis. *NPJ digital medicine*, *1*(1), 7.

Wu, J., Dong, M., Santos, S., Rigatto, C., Liu, Y., & Lin, F. (2017). Lab-on-a-chip platforms for detection of cardiovascular disease and cancer biomarkers. *Sensors*, *17*(12), 2934.

Yang, L., Yi, W., Sun, F., Xu, M., Zeng, Z., Bi, X., Dong, J., Xie, Y., & Li, M. (2021). Application of lab-on-chip for detection of microbial nucleic acid in food and environment. *Frontiers in Microbiology*, *12*, 765375.

IMPACTS OF SOIL STRUCTURE ON HEAVY METALS MOBILITY IN CONTAMINATED SOİLS

Coşkun GÜLSER

Ondokuz Mayıs University, Faculty of Agriculture, Department of Soil Science and Plant Nutrition, Samsun, Türkiye

ORCID ID: https://orcid.org/0000-0002-6332-4876

Füsun GÜLSER

Van Yüzüncü Yıl University, Faculty of Agriculture, Department of Soil Science and Plant Nutrition, Van Türkiye

ORCID ID: https://orcid.org/0000-0002-9495-8839

ABSTRACT

Soil structure is defined by aggregate arrangement, pore architecture, textural distribution, and organic matter content, and profoundly determines how heavy metals move, distribute, and become bioavailable in contaminated soils. Even in contaminated soils, soil structure largely controls the mobility, distribution, and bioavailability of heavy metals. Various research systems have revealed strong correlations between soil structure and heavy metal mobility, regulated by pH, organic matter, clay content, Fe/Mn oxides, the presence of colloids, and soil conditioners that alter the physical or chemical structure of the soil. Metal mobility is closely related to how metals are distributed between solid soil phases and soil solution. The mobility of metals is closely related to how the metals are distributed between solid soil phases and soil solution. The separation between solid and liquid phases occurs through sorption/desorption, precipitation, dissolution, and redox processes. These processes are controlled by soil structure (e.g., aeration, pore connection) and soil organic matter distribution. Various sources emphasize that mobility depends on the ratio of metals in unstable fractions (e.g., exchangeable, carbonate-bound) compared to more stable mineral-bound forms, and that soil physical structure (aggregate stability, porosity) shapes access to sorption sites and pore water transport pathways. Remediation strategies that modify structure to reduce heavy metal mobility include promoting stable aggregates and enhancing non-labile sorption environments (e.g., bentonite or clay mineral additions) and leveraging organic matter and microbially mediated pathways that favor immobilization.

Key Words : soil, structure, porosity, heavy metal, mobility

INTRODUCTION

Soil is a major receiver of various pollutants from human activities and is considered the world's largest reservoir of heavy metals (Nriagu,,1994). In general, it is accepted that most of the soil in technologically advanced regions of the world is more or less contaminated (Pennock et al.,2015). In recent years, toxic pollution from heavy metals in soil has become a serious environmental problem worldwide. The migration and transformation of heavy metals in soil

are among the important topics in the field of environmental research. Various research systems have revealed strong correlations between soil structure and heavy metal mobility, regulated by pH, organic matter, clay content, Fe/Mn oxides, the presence of colloids, and soil conditioners that alter the physical or chemical structure of the soil (Brümmer, 1986, Vaněk et al., 2005, Danila & Vasarevičius, 2017). Soil structure is defined by aggregate arrangement, pore architecture, textural distribution, and organic matter content, and profoundly determines how heavy metals move, distribute, and become bioavailable in contaminated soils. Even in contaminated soils, soil structure largely controls the mobility, distribution, and bioavailability of heavy metals.The impacts of soil structure on heavy metasl mobility in soil was discussed in this review.

Mobility as a function of soil structure and distributed between solid soil phases and soil solution

Soil is composed of three distinguishable phases as solid, liquid, and gas. Liquid and gas phases provide the necessary space and medium for physical and chemical processes involving pollutants. The solid phase consists of organic and inorganic components that generally aggregate, but have diverse compositions and structures (Ghazavi et al., 2010). Various sources reported that mobility depends on the proportion of metal in unstable fractions (e.g., exchangeable, carbonate-bound) compared to more stable mineral-bound forms, and that soil physical structure (porosity, aggregate stability) shapes access to sorption sites and pore water transport pathways (Brümmer 1986, Vaněk et al., 2005, Danila and Vasarevičius 2017). The partitioning between solid and liquid phases occurs through sorption/desorption, precipitation/dissolution, and redox processes; these processes are controlled by soil structure (e.g., pore connection, aeration) and soil organic matter distribution (Danila and Vasarevičius , 2017).Soil structure regulates transport pathways: macroporosity, pore size distribution, and aggregate-scale pore networks govern how heavy metal-containing pore water moves along the profile, thus influencing whether metals remain near the source or migrate vertically or horizontally (Hansen et al., 1997, Asada et al., 2012, Liu et al., 2014). As illustrated in the figure 1, soil structure plays a critical role in regulating pore connectivity, aggregation, and transport pathways, thereby influencing the movement and retention of heavy metals within the soil profile.

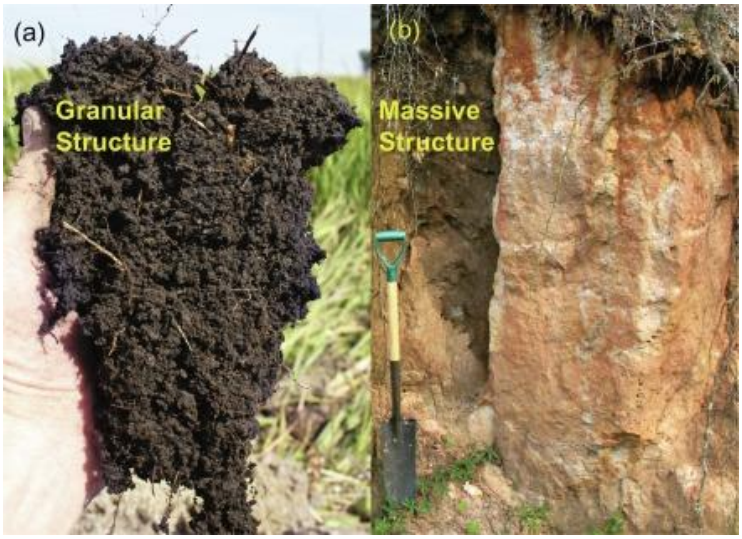


Figure 1. Comparison of granular and massive soil structures and their influence on porosity, aggregation, and transport processes. (https://ars.els-cdn.com/content/image/3-s2.0-B9780128229743001427-f00142-10-9780128229743.jpg)

Mineralogy, Soil Texture, Structure, And Vertical/Horizontal Mobility

Soil texture, mineralogy, and aggregate structure significantly influence the retention and release of heavy metals. In floodplains and alluvial soils, the relative abundance of Fe/Mn oxides to sulfide-containing minerals determines whether heavy metals will be mobilized or immobilized during flooding and subsequent drainage. Reductive dissolution of Fe/Mn oxides can release co-adsorbed heavy metals, while sulfate reduction can precipitate heavy metals as sulfides or shift speciation towards less soluble forms; the dominance of Fe/Mn oxides over sulfide phases is a key indicator of heavy metal behavior under flooding (Zhang et al., 2014,Ponting et al., 2021, Fonseca et al., 2021). Therefore, the mobility of heavy metals is spatially heterogeneous and region-specific. This situation reflects mineralogical homogeneity and soil texture (Ponting et al., 2021, Fonseca et al, 2021). Surface enrichment and depth profiles generally reflect the combined effects of organic matter, pH, clay content, and aggregate arrangement. Organic matter is related to total heavy metal content and mobility, but its effect is variable. Organic matter can stabilize metals within aggregates (reduce mobility) or increase dissolved heavy metal pools and transport under specific moisture/redox regimes (Hansen et al., 1997, Asada et al., 2012, Liu et al., 2014). Clay minerals provide sorption sites but can also act as carriers via micropores or preferential flow paths under suitable flow conditions; this demonstrates a balance where adsorption can delay deeper migration depending on pore structure and moisture regime, but also enable it (Hansen et al., 1997 , Liu et al., 2014, (Han et al., 2020,). As illustrated in the figure 2, different soil structure types (granular, blocky, platy, prismatic, and columnar) control pore size distribution and connectivity, thereby influencing heavy metal retention, mobility, and transport pathways within the soil profile.

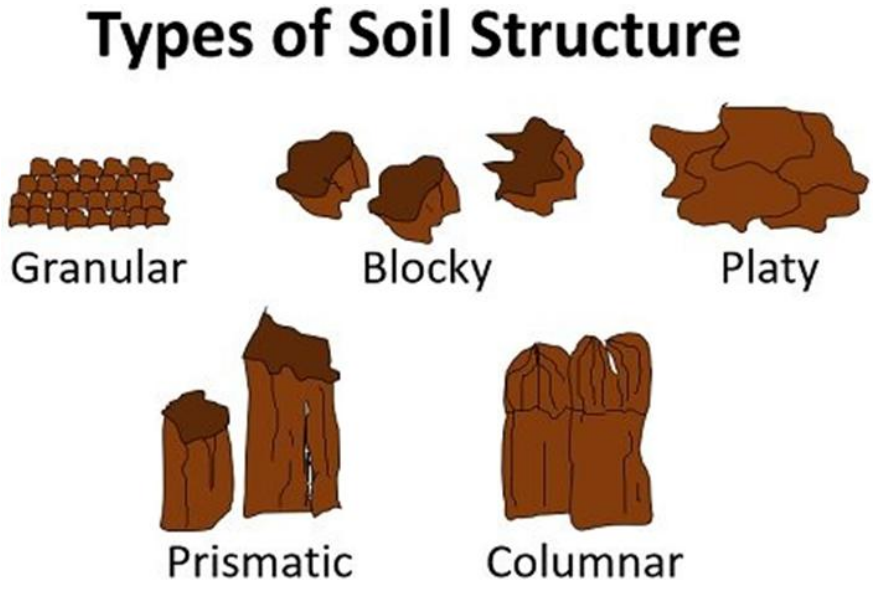


Figure 2. Types of soil structure and their role in controlling pore distribution and heavy metal mobility in soils. (https://biologyreader.com/wp-content/uploads/2021/05/Types-of-soil-structure.jpg)

Soil Organic Matter, Aggregation and Heavy Metal Mobility

Organic matter is a dominant structural and chemical regulator of heavy metal mobility. By forming complexes with metals, it increases the amount of dissolved heavy metal under certain dynamic conditions, while simultaneously promoting the formation of stable organo-metal associations within aggregates that can immobilize heavy metal in other contexts. The net effect depends on the quality of organic matter (binding strength, instability) and the arrangement of

organic matter within aggregates, which shapes pore connection and water flow (Hansen et al., 1997, Asada et al., 2012, Liu et al., 2014). As illustrated in Figure 3, organic matter enhances soil aggregation and microbial activity, thereby influencing pore connectivity and regulating heavy metal mobility through both stabilization and mobilization processes.

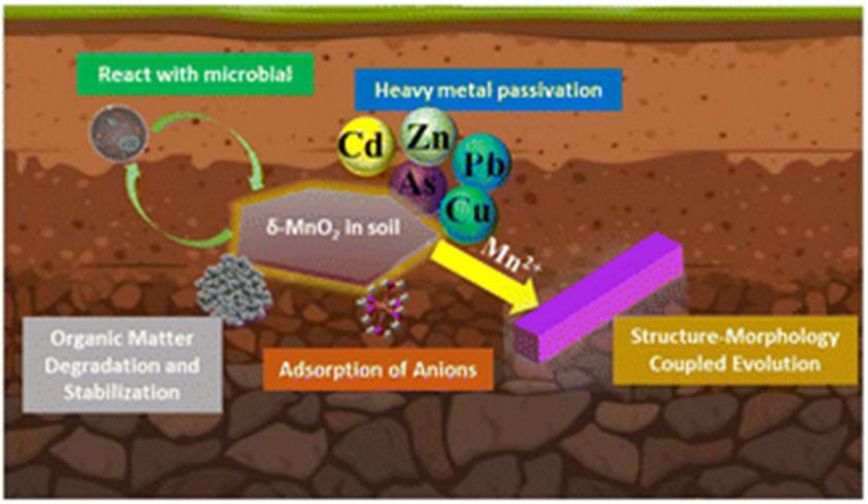


Figure 3. Role of organic matter and microbial processes in heavy metal stabilization and mobilization in soil systems.(https://pubs.rsc.org/en/Content/Image/GA/D4RA06005A)

Structural Amendments and Their Heavy Metal Immobilization Mechanisms

Improvement strategies should target structural factors that limit the connectivity of unstable pore water pathways such as promoting stable aggregates, increasing organic matter in stabilized forms, or adding binders such as bentonite to increase adsorption sites and reduce pore connectivity for unstable metals (Brümmer 1986), Danila & Vasarevičius ,2017, (Gao and Li, 2022,,Kuramshina et al., 2022). Additives such as fertilizers, biochar that alter the organic matter content or distribution can temporarily increase or decrease heavy metal mobility through changes in redox status, pore structure, and microhabitat formation around roots or microbial colonies. For example, long-term fertilizer application alters hydraulic properties and heavy metal behavior; high mobility fractions increase at specific redox/moisture regimes (Hansen et al., 1997, Asada et al., 2012). Hydrological properties are changes in water retention and hydraulic conductivity, driven by soil conditioners or long-term nutrient inputs, reshape heavy metal mobility by altering pore water flow, redox transitions, and organic matter distribution (Asada et al., 2012). As illustrated in the figure 4, the presence and distribution of various metals (e.g., Zn, Pb, Cu, Fe) in soil highlight how physicochemical conditions, pore connectivity, and management practices influence their mobility, retention, and potential environmental risk.

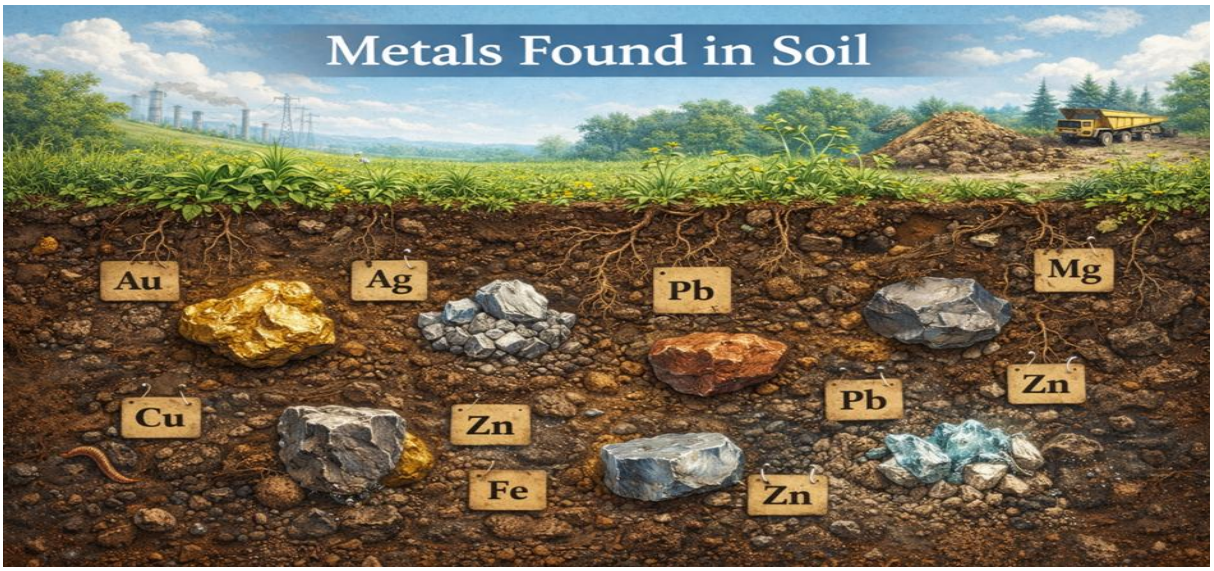


Figure 4. Distribution of different metals in soil and their relationship with soil properties and environmental processes. (https://res.cloudinary.com/jerrick/image/upload/v1767095113/6953bb49bffd79001d382e65.png)

CONCLUSION

The mobility of heavy metals in contaminated soils is governed by a tightly interconnected system in which factors such as soil structure (aggregate, porosity, pore connection), chemical speciation (fractional distribution among exchangeable forms, carbonates, Fe/Mn oxides, organically bound forms, and residual forms) and hydrological regime determine the fate of heavy metals. Structural arrangements (e.g., bentonite, clay minerals, biochar) and biotic interfaces (rhizosphere, microbial communities) can effectively immobilize heavy metals by rearranging sorption environments and restricting unstable pore water connectivity; however, under specific humidity/redox scenarios, they can temporarily increase mobility by altering speciation and transport pathways.

References

Asada, K., Yabushita, Y., Saito, H., & Nishimura, T. (2012). Effect of long-term swine-manure application on soil hydraulic properties and heavy metal behaviour. European Journal of Soil Science, 63(3), 368–376.

Brümmer, G. (1986). Heavy metal species, mobility and availability in soils. Springer.

Danila, V., & Vasarevičius, S. (2017). Theoretical evaluation of heavy metals migration and sorption in soil.

F. A. O., & I. T. P. S. (2015). Status of the world's soil resources.

Fonseca, R., Pinho, C., Albuquerque, T., & Araújo, J. (2021). Environmental factors and metal mobilisation in alluvial sediments—Minas Gerais, Brazil. Geosciences, 11(3), 110. https://doi.org/10.3390/geosciences11030110

Gao, Y., & Li, X. (2022). Effects of bentonite addition on the speciation and mobility of Cu and Ni in soils from old mine tailings. Sustainability, 14(17), 10878.

Ghazavi, R., Vali, A., & Eslamian, S. (2010). Impact of flood spreading on infiltration rate and soil properties in an arid environment. Water Resources Management, 24(11), 2781–2793.

Hansen, H. K., Ottosen, L. M., Kliem, B. K., & Villumsen, A. (1997). Electrodialytic remediation of soils polluted with Cu, Cr, Hg, Pb and Zn. Journal of Chemical Technology & Biotechnology, 70(1), 67–73.

Liu, G., Xue, W., Tao, L., Liu, X., Hou, J., Wilton, M., ... & Li, R. (2014). Vertical distribution and mobility of heavy metals in agricultural soils along Jishui River affected by mining in Jiangxi Province, China. CLEAN – Soil, Air, Water, 42(10), 1450–1456.

Nriagu, J. (1994). Industrial activity and metals emissions (pp. 277–285). Cambridge University Press.

Pennock, D., McKenzie, N., & Montanarella, L. (2015). Status of the world's soil resources: Technical summary. FAO, Rome, Italy.

Ponting, J., Kelly, T., Verhoef, A., Watts, M., & Sizmur, T. (2021). The impact of increased flooding occurrence on the mobility of potentially toxic elements in floodplain soil – A review. Science of the Total Environment, 754, 142040. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.142040

Vaněk, A., Borůvka, L., Drábek, O., Mihaljevič, M., & Komárek, M. (2005). Mobility of lead, zinc and cadmium in alluvial soils heavily polluted by smelting industry. Plant, Soil and Environment, 51(7), 316–321.

Zhang, Y., Hu, C., & Luo, W. (2014). Effects of pH manipulation, biological reduction, and plant growth on Cu^{2+} and Zn^{2+} removal from mine drainage using iron-oxide-enriched red earth soils. Clean – Soil Air Water, 42(9), 1272–1279.

THE USE AND IMPORTANCE OF INCENTİVE SPİROMETRY İN SUPPORTİNG RESPİRATORY FUNCTİONS AFTER ABDOMİNAL SURGERY

ABDOMİNAL CERRAHİ SONRASI SOLUNUM FONKSİYONLARININ DESTEKLENMESİNDE İNSENTİF SPİROMETRE KULLANIMI VE ÖNEMİ

Hakan ŞENTÜRK

Giresun Üniversitesi, Şebinkarahisar Sağlık Hizmetleri Meslek Yüksekokulu, Tıbbi Hizmetler ve Teknikler Bölümü, Giresun, Türkiye

ORCID ID: https://orcid.org/0000-0002-6576-5827

Esra ÖZKAN

Giresun Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Fakültesi, Hemşirelik Bölümü, Cerrahi Hastalıklar Hemşireliği Anabilim Dalı, Giresun, Türkiye

ORCID ID: https://orcid.org/0000-0001-5951-3466

ÖZET

İnsentif spirometre (IS), akciğerlerin genişlemesini teşvik eden mekanik bir cihaz olup, başta amelihyat sonrası dönem olmak üzere çeşitli klinik durumlarda pulmoner komplikasyonların önlenmesi ve akciğer fonksiyonlarının desteklenmesi amacıyla yaygın olarak kullanılmaktadır. Solunum sistemi ve abdominal sistem cerrahisi sonrasında atelektazi, pnömoni, hipoksemi, sekresyon retansiyonu, diyafragmatik disfonksiyon, akut solunum yetmezliği ve plevral efüzyon gibi çeşitli solunum sistemi komplikasyonları gelişebilmektedir. Söz konusu komplikasyonların gelişiminde, cerrahi girişim ve anesteziye bağlı ortaya çıkan fizyolojik ve mekanik değişiklikler etkili olmaktadır. Genel anestezinin solunum merkezini baskılayıcı etkisi, ameliyat sonrası ağrıya bağlı yüzeyel ve yetersiz solunum, diyafram hareketlerinin kısıtlanması ve azalmış akciğer ekspansiyonu başlıca nedenler arasında yer almaktadır. Bunun yanı sıra immobilizasyon, etkisiz öksürük refleksi ve mukosiliyer klirensin bozulması sekresyon birikimine yol açarak atelektazi ve pnömoni gelişimini kolaylaştırmaktadır. Ayrıca ventilasyon-perfüzyon dengesizliği ve alveoler hipoventilasyon hipoksemiye zemin hazırlamaktadır. Bu komplikasyonların önlenmesinde erken mobilizasyonun sağlanması, etkili ağrı kontrolü, solunum egzersizleri, göğüs fizyoterapisi uygulamaları ve uygun hidrasyon önemli yer tutmaktadır. İnsentif spirometre kullanımı, derin solunumu teşvik ederek akciğer ekspansiyonunu artırmakta, sekresyon retansiyonunu azaltmakta ve özellikle atelektazi gelişiminin önlenmesine katkı sağlamaktadır. Bu yönüyle pulmoner rehabilitasyonun önemli bir bileşeni olarak kabul edilmektedir. Bu derlemenin amacı, solunum sistemi cerrahisi sonrası rutin kullanımı olan intensif spirometrenin abdominal cerrahi sonrası da kullanımının önemini vurgulamak ve gelişebilecek pulmoner komplikasyonların önlenmesinde kullanımına ilişkin güncel bilgileri literatür doğrultusunda sunmaktır.

Anahtar kelimeler: Abdominal cerrahi, Akciğer rehabilitasyonu, Bakım, Hemşirelik, İnsentif spirometre

ABSTRACT

Incentive spirometry (IS) is a mechanical device that promotes lung expansion and is widely used to prevent pulmonary complications and support lung function, particularly in the postoperative period. Following respiratory and abdominal surgeries, various pulmonary complications may develop, including atelectasis, pneumonia, hypoxemia, secretion retention, diaphragmatic dysfunction, acute respiratory failure, and pleural effusion. The development of these complications is largely associated with physiological and mechanical changes caused by surgical interventions and anesthesia. The suppressive effects of general anesthesia on the respiratory center, shallow and inadequate breathing due to postoperative pain, restricted diaphragmatic movement, and decreased lung expansion are among the primary contributing factors. Additionally, immobilization, ineffective cough reflex, and impaired mucociliary clearance lead to secretion accumulation, facilitating the development of atelectasis and pneumonia. Furthermore, ventilation-perfusion mismatch and alveolar hypoventilation contribute to hypoxemia. Early mobilization, effective pain management, respiratory exercises, chest physiotherapy, and adequate hydration play crucial roles in preventing these complications. The use of incentive spirometry promotes deep breathing, increases lung expansion, reduces secretion retention, and particularly contributes to the prevention of atelectasis. Therefore, it is considered an important component of pulmonary rehabilitation. The aim of this review is to emphasize the importance of using incentive spirometry, which is routinely used after respiratory system surgery, also after abdominal surgery, and to present current literature-based information on its role in preventing potential pulmonary complications.

Keywords: Abdominal surgery, Pulmonary rehabilitation, Care, Nursing, Incentive spirometry

1. Giriş

Abdominal cerrahi, karın boşluğu içerisinde yer alan organlara yönelik belirli bir tıbbi sorunun tanı veya tedavi amacıyla gerçekleştirilen cerrahi girişimleri ifade etmektedir (Sullivan ve ark., 2016). Bu girişimlerde kullanılan cerrahi teknikler, etkilenen organın niteliğine ve işlemin amacına bağlı olarak değişiklik göstermekte olup, genel olarak açık cerrahi (laparotomi) ve minimal invaziv cerrahi (laparoskopi) olmak üzere iki ana grupta sınıflandırılmaktadır. Laparotomi, karın duvarı ve peritonun cerrahi olarak insize edilmesi yoluyla intraabdominal organlara doğrudan erişim sağlanan geleneksel cerrahi yöntem olarak tanımlanmaktadır (Dictara ve ark., 2018). Buna karşılık laparoskopi, geniş bir abdominal insizyon gerektirmeksizin, küçük insizyonlar aracılığıyla periton boşluğunun görüntülenmesini ve cerrahi işlemlerin gerçekleştirilmesini sağlayan minimal invaziv bir teknik olarak tanımlanmaktadır (Powell ve Khaund, 2016). Abdominal cerrahi girişimler sonrasında, cerrahi travma, anesteziye bağlı solunum depresyonu, diyafram fonksiyonlarında bozulma ve postoperatif ağrı gibi faktörlere bağlı olarak çeşitli solunum komplikasyonları gelişebilmektedir. Özellikle üst abdominal cerrahilerde, torakal kavite ile olan anatomik komşuluk nedeniyle diyafram hareketlerinin kısıtlanmasına bağlı olarak fonksiyonel rezidüel kapasitede belirgin azalma meydana gelmektedir. Bu fizyolojik değişiklikler sonucunda gelişen postoperatif pulmoner komplikasyonların görülme sıklığının %12 ile %70 arasında değiştiği bildirilmektedir (Admass ve ark., 2023, Ashaf ve ark., 2024, Valencia ve ark., 2025, Gebeyehu ve ark., 2023). Postoperatif pulmoner komplikasyonlar arasında atelektazi, pnömoni, hipoksemi ve solunum yetmezliği yer almaktadır. Bu komplikasyonlar, hastanede kalış süresinin uzamasına, ek tedavi gereksiniminin artmasına ve buna bağlı olarak sağlık bakım maliyetlerinin yükselmesine neden olmaktadır. Bu nedenle ameliyat sonrası dönemde solunum fonksiyonlarının korunması ve desteklenmesi büyük önem taşımaktadır. Bu bağlamda, akciğer

ekspansiyonunu artırmaya yönelik non-invaziv yöntemlerden biri olan insentif spirometre, derin inspirasyonu teşvik ederek alveoler açılımı artırmakta ve sekresyonların mobilizasyonunu kolaylaştırmaktadır(Kumar ve ark., 2016).

Bu derlemenin amacı, abdominal cerrahi sonrası dönemde gelişen solunum fonksiyon bozukluklarını açıklamak, insentif spirometre kullanımının fizyolojik etkilerini ortaya koymak ve mevcut literatür doğrultusunda klinik etkinliğini değerlendirmektir.

2. Abdominal Cerrahi Sonrası Solunum Fonksiyonları ve Fizyoterapi Yaklaşımlarının Önemi

Abdominal cerrahi girişimler genellikle genel anestezi altında gerçekleştirilmektedir ve bu süreçte solunum kaslarının fonksiyonlarında geçici azalma meydana gelebilmektedir. Solunum kası fonksiyonundaki bu bozulma, akciğer hacimlerinde ve kapasitelerinde azalmaya neden olmaktadır (Shirodkar ve ark., 2022). Özellikle üst abdominal cerrahi geçiren hastalarda, ameliyat sonrası gelişen insizyon ağrısı derin inspirasyonu kısıtlayarak yüzeyel solunum paterninin ortaya çıkmasına yol açmaktadır. Bu durum, alveoler ventilasyonun yetersiz kalmasına ve atelektazi gelişimine zemin hazırlamaktadır. Ameliyat sonrası dönemde hastaların sırtüstü (supin) pozisyonda izlenmesi, insizyon ağrısına bağlı yüzeyel solunum ve azalmış akciğer hacimleri ile birlikte mukosiliyer klirensin azalmasına neden olmaktadır. Bunun sonucunda sekresyonların hava yollarında birikimi artmakta ve pulmoner komplikasyon gelişme riski yükselmektedir (Shirodkar ve ark., 2022, Aldhuhori ve ark., 2021). Bu fizyolojik değişiklikler, abdominal cerrahi geçiren bireylerde postoperatif dönemde solunum fonksiyonlarının korunmasına yönelik girişimlerin önemini ortaya koymaktadır. Bu bağlamda uygulanan solunum fizyoterapisi yöntemleri, akciğer ekspansiyonunun artırılması, sekresyonların mobilizasyonunun sağlanması ve buna bağlı olarak postoperatif pulmoner komplikasyonların önlenmesinde önemli bir rol oynamaktadır. Göğüs fizyoterapisinde; derin nefes egzersizleri, kontrollü öksürme egzersizler, insentif(teşvik edici) spirometre (IS) kullanımı ve erken mobilizasyon gibi çeşitli teknikler yer alır.

3. İnsentif Spirometre ve Fizyolojik Etkileri

IS, akciğerlerin etkin şekilde genişletilmesini amaçlayan non-invaziv bir solunum egzersiz yöntemidir. Bu cihaz, hastanın uzun, yavaş ve derin inspirasyon yapmasını sağlayarak fizyolojik iç çekme veya esneme hareketini taklit edecek şekilde tasarlanmıştır. Bu sayede diyafram ve diğer solunum kaslarının aktivasyonunu artırarak inspirasyonu kolaylaştırmaktadır(Bartlet ve ark., 1973, Kumar ve ark., 2016). Buna bağlı olarak alveoler ekspansiyon ve inspiratuar hacim artmakta, hava yolu açıklığının sürdürülmesi desteklenmekte ve atelektazi gelişiminin önlenmesi hedeflenmektedir(Bartlet ve ark., 1973, Kumar ve ark., 2016, Ababneh ve ark., 2025, Bourn ve Jenkins, 1992).

Teşvik edici spirometreler, temel olarak hacim odaklı (volume-oriented) ve akış odaklı (flow-oriented) olmak üzere iki farklı mekanizmaya göre sınıflandırılmaktadır. Hacim odaklı teşvik spirometreleri (örneğin COACH 2), inspiratuar hacmi doğrudan ölçmeye yönelik tasarlanırken, akış odaklı teşvik spirometreleri (örneğin Triflo) inspiratuar akım hızına dayalı geri bildirim sağlamaktadır (Kumar ve ark., 2016).

Akış odaklı teşvik spirometresi (Triflo), içerisinde üç adet hafif top bulunan bir hazne (manifold), ağızlık ve bağlantıyı sağlayan oluklu hortumdan oluşmaktadır. Kullanım sırasında birey, ağızlık aracılığıyla derin ve kontrollü bir inspirasyon gerçekleştirdiğinde, sistem içerisinde negatif basınç oluşmakta ve buna bağlı olarak toplar yükselmektedir. Topların

hareketi, inspiratuar akım hızına bağlı olup, düşük akım hızlarında bir veya iki top yükselirken, üçüncü topun hareketi için daha yüksek inspiratuar akım gerekmektedir(Kumar ve ark., 2016, Franklin ve Anjum, 2023).

İnsentif spirometrenin etkinliği yalnızca cihazın kullanımına değil, aynı zamanda doğru teknikle uygulanmasına da bağlıdır. Cihazın genellikle uyanık olunan saatler içerisinde her 1–2 saatte bir kullanımı önerilmektedir (Franklin ve Anjum, 2023). Uygulamaya başlamadan önce hastanın uygun postürü sağlaması gerekmektedir. Bu kapsamda en uygun pozisyonun dik oturur pozisyon olduğu belirtilmektedir. Dik oturur pozisyonda akciğer ekspansiyonu artmakta ve buna bağlı olarak derin inspirasyonun gerçekleştirilmesi kolaylaşmaktadır (Franklin ve Anjum, 2023). İnsentif spirometre kullanımında, inspirasyona başlamadan önce normal bir ekspirasyon yapılması önerilmektedir. Ardından ağızlık, hava kaçağı oluşmayacak şekilde sıkıca kavranmalıdır. Bu aşamaların tamamlanmasını takiben bireyden yavaş ve derin bir inspirasyon gerçekleştirmesi istenmektedir. Bu uygulamanın temel amacı, alveoler açılımın sağlanmasıdır. Derin inspirasyon sonrasında soluk, en az 2–3 saniye süreyle tutulmalıdır. Bu uygulama alveoler rekrütmanın artırılmasına katkı sağlamaktadır(Rodriguez, 2018). Soluk tutma aşamasının ardından ekspirasyonun yavaş ve kontrollü bir şekilde gerçekleştirilmesi gerekmektedir. İnsentif spirometrenin doğru teknikle, uyanık olunan süre boyunca saatte yaklaşık 10 tekrar olacak şekilde düzenli aralıklarla uygulanması önerilmektedir. Egzersiz sonrası mobilize olan sekresyonların hava yollarından uzaklaştırılmasını kolaylaştırmak amacıyla kontrollü öksürme tekniklerinin uygulanması da önerilmektedir(Franklin ve Anjum, 2023).

Tüm bu etkileriyle birlikte IS uygulamaları, alveoler rekrütmanı artırarak ventilasyon-perfüzyon dengesinin iyileştirilmesine katkı sağlamaktadır(Zeng ve ark., 2023, Ababneh ve ark., 2025, Bourn ve Jenkins, 1992).

4. Tartışma ve Sonuç

İnsentif spirometrenin postoperatif pulmoner komplikasyonların önlenmesindeki etkinliği literatürde tartışmalı olup, farklı çalışmalarda değişken sonuçlar bildirilmiştir. Bu kapsamda, abdominal cerrahi sonrası gelişen solunum fonksiyon bozukluklarının patofizyolojisini açıklayan çalışmalar incelendiğinde, genel anestezik ajanlar ve narkotik analjeziklerin solunum sistemi üzerine belirgin etkileri olduğu görülmektedir.

Bourn ve Jenkins (1992), anestezik ajanlar ve narkotik analjeziklerin solunum kas fonksiyonlarını olumsuz etkilediğini, derin inspirasyonu baskıladığını ve buna bağlı olarak fonksiyonel rezidüel kapasite ile vital kapasitede azalmaya yol açtığını bildirmiştir. Benzer şekilde Saraswat (2015), genel anestezinin solunum kas fonksiyonlarını etkileyerek ventilasyonu baskıladığını ve ventilasyon-perfüzyon oranında değişikliklere neden olduğunu ifade etmiştir. Karcz ve Papadakos (2013) ise genel anestezinin fonksiyonel rezidüel kapasiteyi %50'ye kadar azaltabildiğini, bunun sonucunda alveoler kollaps gelişebileceğini ve önemli postoperatif komplikasyonlardan biri olan atelektaziye zemin hazırladığını bildirmiştir. Güncel bir çalışmada Palermo ve ark. (2024), anestezinin solunum sistemi üzerindeki etkilerini değerlendirmiş ve fonksiyonel rezidüel kapasitedeki azalmaya bağlı olarak atelektazi gelişim riskinin arttığını göstermiştir.

Tüm bu literatür ışığında ortaya konulan fizyopatolojik değişiklikler, akciğer ekspansiyonunu artırmaya yönelik girişimlerin önemini vurgulamakta ve solunum egzersizlerini klinik açıdan anlamlı hale getirmektedir. Solunum egzersizleri arasında alveoler ekspansiyonu artırmaya yönelik çeşitli yöntemler bulunmakla birlikte, bu yöntemler içerisinde en yaygın

kullanılanlardan biri insentif spirometredir. İnsentif spirometre, derin inspirasyonu teşvik ederek akciğer fonksiyonlarının korunmasına katkı sağlamaktadır.

Bu doğrultuda yapılan çalışmalarda, insentif spirometrenin klinik sonuçlar üzerindeki olumlu etkileri çeşitli hasta gruplarında gösterilmiştir. Chang ve ark. (2023), randomize kontrollü ve retrospektif kohort çalışmalarını içeren geniş kapsamlı analizlerinde toplam 10.322 hastayı değerlendirmiş ve insentif spirometre uygulanan hastalarda hastanede kalış süresinin anlamlı derecede daha kısa olduğunu, ayrıca pnömoni riskinin istatistiksel olarak anlamlı şekilde azaldığını bildirmiştir.

Benzer şekilde Arshad ve ark. (2024), laparotomi geçiren 100 hastayı rastgele iki gruba ayırarak gerçekleştirdikleri çalışmada, ameliyat öncesi ve sonrası dönemde insentif spirometre uygulanan grupta postoperatif komplikasyon sıklığının ve ağrı skorlarının daha düşük olduğunu; buna ek olarak oksijenlenmenin daha iyi, hastanede kalış süresinin daha kısa ve mobilizasyonun daha hızlı gerçekleştiğini göstermiştir.

Sweity ve ark. (2021) tarafından koroner arter baypas greft cerrahisi geçiren hastalarda yapılan randomize kontrollü çalışmada ise, ameliyat öncesi insentif spirometre uygulanan grupta atelektazi gelişim riskinin azaldığı, mekanik ventilasyon süresinin ve hastanede kalış süresinin anlamlı derecede kısaldığı bildirilmiştir.

Zeng ve ark. (2023), akut solunum sıkıntısı sendromu (ARDS) hastalarında gerçekleştirdikleri çalışmada, insentif spirometre kullanımının maksimum inspiratuar hacmi artırdığını ve hastanede kalış süresini anlamlı düzeyde kısalttığını göstermiştir.

Açık kalp cerrahisi geçiren hastalarda gerçekleştirilen randomize kontrollü bir çalışmada Cengiz ve ark. (2025), ameliyat öncesi insentif spirometre ile uygulanan derin solunum egzersizlerinin postoperatif komplikasyon sıklığını anlamlı düzeyde azalttığını bildirmiştir.

Alparthi ve ark. (2016) tarafından yürütülen çalışmada ise hastalar diyafragmatik solunum egzersizi, akış odaklı insentif spirometre, hacim odaklı insentif spirometre ve kontrol grubu olmak üzere dört gruba ayrılmıştır. Tüm gruplarda ameliyat sonrası erken dönemde akciğer fonksiyonlarında azalma gözlenmekle birlikte, bu azalmanın kontrol grubunda daha belirgin olduğu; ayrıca ikinci günde zorlu vital kapasitenin hacim odaklı spirometre ve diyafragmatik egzersiz uygulanan gruplarda daha iyi korunduğu bildirilmiştir.

Zhao ve ark. (2023) tarafından açık abdominal cerrahi geçiren hastalarda yapılan çalışmada ise hacim odaklı insentif spirometre uygulanan grupta postoperatif üçüncü ve beşinci günlerde SpO_2 değerlerinin daha yüksek olduğu; ayrıca zirve ekspiratuvar akım hızı (PEF), zorlu ekspiratuvar hacim (FEV_1) ve zorlu vital kapasite (FVC) değerlerinde kontrol grubuna kıyasla anlamlı artışlar saptandığı bildirilmiştir.

Buna karşılık literatürde IS etkinliğini sorgulayan birçok çalışmada bulunmaktadır. Nascimento ve ark.(2014) yapmış oldukları sistematik derleme ve meta-analiz çalışmasında toplam 1834 katılımcıyı içeren 12 çalışma incelemiş, kanıt düzeyinin sınırlı olduğunu bildirmeleri ile beraber IS'ın akciğer komplikasyonlarının önlenmesindeki etkiniğine ilişkin yeterli kanıt bulunmadığını ifade etmişlerdir. Buna ek olarak başka bir araştırmada mavcut kanıtların yetersizliğine rağmen, hekimlerin sıklıkla postoperatif pulmoner komplikasyonları azaltmak amacıyla IS kullanımını teşvik ettiği ancak uygulamanın içeriği, hastadan beklenen çaba ve düşük uyum oranları konusunda farkındalığın sınırlı olduğu bildirilmektedir. Ayrıca IS'den hangi hasta gruplarının daha fazla faydalanacağına yönelik ileri düzey çalışmalara ihtiyaç duyulduğu vurgulanmaktadır(Eltorai ve ark., 2018).

Sonuç olarak, abdominal cerrahi sonrası dönemde gelişen solunum fonksiyon bozuklukları önemli klinik sorunlara yol açmaktadır. İnsentif spirometre, alveoler rekrütmanı artırarak

akciğer ekspansiyonunu destekleyen ve ventilasyon-perfüzyon dengesinin iyileştirilmesine katkı sağlayan bir yöntemdir. Ancak mevcut literatürde cihazın klinik etkinliğine ilişkin çelişkili bulgular bulunmaktadır. Bu nedenle insentif spirometrenin, doğru hasta seçimi ve uygun kullanım teknikleri ile birlikte değerlendirilmesi gerektiği düşünülmektedir.

Kaynaklar

Ababneh, Q. M., Abdelrahman, H., & Abdelhameed, M. E. (2025). Effectiveness of incentive spirometry versus deep breathing exercises in preventing postoperative pulmonary complications after abdominal surgery: A comprehensive review. *Cureus, 17*(3), e80149. https://doi.org/10.7759/cureus.80149

Admass, B. A., Ego, B. Y., Tawye, H. Y., & Ahmed, S. A. (2023). Post-operative pulmonary complications after thoracic and upper abdominal procedures at referral hospitals in Amhara region, Ethiopia: A multi-center study. *Frontiers in Surgery, 10*, 1177647. https://doi.org/10.3389/fsurg.2023.1177647

Alaparthi, G. K., Augustine, A. J., Anand, R., & Mahale, A. (2016). Comparison of diaphragmatic breathing exercise, volume and flow incentive spirometry on diaphragm excursion and pulmonary function in patients undergoing laparoscopic surgery: A randomized controlled trial. *Minimally Invasive Surgery, 2016*, 1967532. https://doi.org/10.1155/2016/1967532

Aldhuhoori, F. Z., Walton, L. M., Bairapareddy, K. C., Amaravadi, S. K., & Alaparthi, G. K. (2021). Physiotherapy practice for management of patients undergoing upper abdominal surgery in United Arab Emirates: A national survey. *Journal of Multidisciplinary Healthcare, 14*, 2513–2526. https://doi.org/10.2147/JMDH.S328528

Arshad, M., Ashraf, A., Muzammil, G., Arshad, R., Malik, A. A., & Rashid, J. (2024). Role of preoperative incentive spirometry in prevention of postoperative pulmonary complications after abdominal surgery. *Journal of Surgery and Research, 7*, 553–559.

Ashraf, N., Zargar, O. U., Albina, A., & Ahmed, S. (2024). Study of incidence and factors associated with postoperative pulmonary complications in patients undergoing abdominal surgery. *International Journal of Research in Medical Sciences, 12*(11), 4129–4135.

Bartlett, R. H., Gazzaniga, A. B., & Geraghty, T. R. (1973). Respiratory maneuvers to prevent postoperative pulmonary complications: A critical review. *JAMA, 224*(7), 1017–1021.

Bourn, J., & Jenkins, S. (1992). Post-operative respiratory physiotherapy: Indications for treatment. *Physiotherapy, 78*(2), 80–85.

Chang, P., Chen, P. C., Tsai, C. T., Chen, K., Jhou, H., Chou, S., & Chang, T. (2023). Incentive spirometry is an effective strategy to improve the quality of postoperative care in patients. *Asian Journal of Surgery, 46*(9), 3397–3404.

Dictara, A. A., Angraini, D. I., & Wijaya, S. M. (2018). Efektivitas pemberian nutrisi adekuat dalam penyembuhan luka pasca laparotomi. *Majority, 7*(2).

Do Nascimento Junior, P., Módolo, N. S., Andrade, S., Guimarães, M. M., Braz, L. G., & El Dib, R. (2014). Incentive spirometry for prevention of postoperative pulmonary complications in upper abdominal surgery. *Cochrane Database of Systematic Reviews, 2014*(2), CD006058. https://doi.org/10.1002/14651858.CD006058.pub3

Eltorai, A. E. M., Szabo, A. L., Antoci, V., Jr., Cote, M. P., & Daniels, A. H. (2018). Clinical effectiveness of incentive spirometry for the prevention of postoperative pulmonary complications. *Respiratory Care, 63*(3), 347–352. https://doi.org/10.4187/respcare.05679

Franklin, K. A., & Anjum, F. (2023). Incentive spirometer and inspiratory muscle training. In *StatPearls*. StatPearls Publishing.

Gebeyehu, G., Eshetu, A., & Aweke, S. (2022). Incidence and associated factors of postoperative pulmonary complications after abdominal surgery in the public hospital, Addis Ababa, Ethiopia. *Anesthesiology Research and Practice, 2022,* 8223903. https://doi.org/10.1155/2022/8223903

Karcz, M., & Papadakos, P. J. (2013). Respiratory complications in the postanesthesia care unit: A review of pathophysiological mechanisms. *Canadian Journal of Respiratory Therapy, 49*(4), 21–29.

Kotani, T., Akazawa, T., Sakuma, T., Nagaya, S., Sonoda, M., Tanaka, Y., Katogi, T., Nemoto, T., & Minami, S. (2015). Effects of incentive spirometry on respiratory motion in healthy subjects using cine breathing magnetic resonance imaging. *Annals of Rehabilitation Medicine, 39*(3), 360–365. https://doi.org/10.5535/arm.2015.39.3.360

Kumar, A. S., Alaparthi, G. K., Augustine, A. J., Pazhyaottayil, Z. C., Ramakrishna, A., & Krishnakumar, S. K. (2016). Comparison of flow and volume incentive spirometry on pulmonary function and exercise tolerance in open abdominal surgery: A randomized clinical trial. *Journal of Clinical and Diagnostic Research, 10*(1), KC01–KC6. https://doi.org/10.7860/JCDR/2016/16164.7064

Öner Cengiz, H., Uluşan Özkan, Z., & Gani, E. (2025). The effect of preoperative deep breathing exercise with incentive spirometer initiated in the preoperative period on respiratory parameters and complications in patients undergoing open heart surgery: A randomized controlled trial. *BMC Anesthesiology, 25*(1), 36. https://doi.org/10.1186/s12871-025-02902-9

Palermo, J., Tingey, S., Khanna, A. K., & Segal, S. (2024). Evaluation and prevention of perioperative respiratory failure. *Journal of Clinical Medicine, 13*(17), 5083. https://doi.org/10.3390/jcm13175083

Powell, F., & Khaund, A. (2016). Laparoscopy and laparoscopic surgery. *Obstetrics, Gynaecology & Reproductive Medicine, 26*(10), 297–303. https://doi.org/10.1016/j.ogrm.2016.07.004

Rodriguez, V. (2018). Incentive spirometry and positive expiratory pressure improve ventilation and recruitment in postoperative recovery: A randomized crossover study. *Physiotherapy Theory and Practice*. https://doi.org/10.1080/09593985.2018.1443185

Saraswat, V. (2015). Effects of anaesthesia techniques and drugs on pulmonary function. *Indian Journal of Anaesthesia, 59*(9), 557–564. https://doi.org/10.4103/0019-5049.165850

Shirodkar, S., Deo, M., & Joshi, M. (2022). The effect of breathing exercise and incentive spirometry versus breathing exercise and EZPAP® on flow rates and chest expansion in post abdominal surgery patients: A randomized controlled trial. *International Journal of Health Sciences and Research, 12*(5), 57–63.

Sullivan, K., Reeve, J., Boden, I., & Lane, R. (2016). Physiotherapy following emergency abdominal surgery. In *Actual Problems of Emergency Abdominal Surgery*. InTech. https://doi.org/10.5772/63969

Sweity, E. M., Alkaissi, A. A., Othman, W., et al. (2021). Preoperative incentive spirometry for preventing postoperative pulmonary complications in patients undergoing coronary artery

bypass graft surgery: A prospective, randomized controlled trial. *Journal of Cardiothoracic Surgery, 16*, 241. https://doi.org/10.1186/s13019-021-01628-2

Valencia, L., Becerra-Bolaños, Á., Rodríguez-Sánchez, R., Ojeda, N., & Rodríguez-Pérez, A. (2025). Postoperative pulmonary complications after laparoscopic surgery: Risk factors and predictive scores. *Medicina, 61*(9), 1635. https://doi.org/10.3390/medicina61091635

Zeng, P., Lin, Y., Chen, Y., & Tan, G. (2023). Effects of incentive spirometry respiratory trainer device on lung recruitment in non-intubated mechanical ventilation moderate ARDS patients: A retrospective study. *Heliyon, 9*(5), e16073. https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e16073

Zhao, C. H., Sun, Y. H., & Mao, X. M. (2023). Volume incentive spirometry reduces pulmonary complications in patients after open abdominal surgery: A randomized clinical trial. *International Journal of General Medicine, 16*, 793–801. https://doi.org/10.2147/IJGM.S400030

LANDAU-KLEFFNER SYNDROME: LITERATURE REVIEW WITH CASE PRESENTATIONS

Dr. Ayşegül SARIAYDIN
Ordu Üniversitesi, Tıp Fakültesi, Fizyoloji Ana Bilim Dalı, Ordu, Türkiye.
Orcid ID: 0000-0002-7231-2519

Dr. Burak SARIAYDIN
Ordu Üniversitesi, Eğitim ve Araştırma Hastanesi, Pediatri Ana Bilim Dalı, Ordu, Türkiye.
Orcid ID: 0009-0007-1509-0407

Prof. Dr. Ali ASLAN
Ordu Üniversitesi, Tıp Fakültesi, Fizyoloji Ana Bilim Dalı, Ordu, Türkiye.
Orcid ID: 0000-0002-9674-5618

ÖZET

Amaç ve Kapsam: Landau-Kleffner sendromu (LKS), insidansı 978.000'de 1 olan ve toplumda oldukça nadir görülen bir epilepsi türüdür. Hastalarda görülen en belirgin bulgu ani gelişen anlama ve konuşma bozukluğudur. Edinsel dil kaybına ek olarak epileptik nöbet, dikkat dağınıklığı, hiperaktivite bozukluğu, sosyal etkileşimde zorluk ve anksiyete gibi çeşitli semptomlar görülebilmektedir. Yapılan elektroensefalografi (EEG) kayıtlarında, özellikle Non-REM (non-rapid eye movement) uyku döneminde belirginleşen ve daha çok temporal bölgeyi etkileyen epileptiform aktiviteler izlenmektedir. LKS etiyolojisi kesin olarak aydınlatılamasa da otoimmün süreçler ile GRIN2A gen mutasyonlarının hastalık patogenezinde rol aldığı gösterilmiştir. Hastalığın tanısı, ayrıntılı anamnez, klinik değerlendirme ve EEG bulgularının birlikte değerlendirilmesiyle konulmaktadır. LKS'nin insidans çalışmaları, hastalığın nadir görülmesi ve tanı konulmasındaki zorluklar nedeniyle yetersiz kalmaktadır. Literatürde yer alan LKS vakalarının büyük bir kısmı 3-7 yaşlarında tanı alsa da 18 ay-18 yaşlarında tanı alan vakalar da mevcuttur. Doğru tanı ve uygun tedavi ile nöbet kontrolünün sağlandığı ve dil kaybının geri kazanılabileceği bildirilmektedir. Çalışmamızın amacı; literatürdeki LKS olgu sunumlarını inceleyerek bu nadir hastalığın daha iyi tanınmasını ve tanı süreciyle tedavi planlamasında dikkate alınmasını sağlamaktır.

Yöntem: Çalışmaya LKS tanısı almış 3 olgu sunumu dahil edilmiştir. Olguların ortak özelliği, edinsel dil kaybının olması ve EEG kaydında epileptiform aktivitelerin bulunmasıdır. Her vakada, hastaların klinik geçmişleri, semptomları ve tedavi süreçleri detaylı bir şekilde incelenmiştir.

Bulgular: LKS, çocukluk çağında görülen, kazanılmış ve ilerleyici dil kaybı ile seyreden, ayırıcı tanıda EEG ve genetik analiz ile desteklenerek göz önünde bulundurulması gereken bir hastalıktır. Bu hastalar antiepileptik ilaç tedavisinden fayda görmekte ve dil becerilerini geri kazanabilmektedir.

Sonuç: İncelenen vaka örnekleri LKS'nin klinikte karşılaşılabilecek özelliklerini içermektedir. Ani gelişen ve ilerleyici dil kaybı yaşayan hastalara tanı koyarken ve tedavi planı oluştururken LKS olasılığı da dikkate alınmalı ve göz önünde bulundurulmalıdır.

Anahtar Kelimeler: Epilepsi, edinsel dil kaybı, EEG.

ABSTRACT

Purpose and Scope: Landau-Kleffner syndrome (LKS) is a type of epilepsy that is quite rare in the population, with an incidence of 1 in 978,000. The most prominent finding observed in patients is the sudden onset of comprehension and speech disorders. In addition to acquired language loss, various symptoms such as epileptic seizures, attention deficit, hyperactivity disorder, difficulties in social interaction, and anxiety may be observed. Electroencephalography (EEG) recordings show epileptiform activities, especially pronounced during Non-REM (non-rapid eye movement) sleep, predominantly affecting the temporal region. Although the etiology of LKS has not been definitively elucidated, autoimmune processes and GRIN2A gene mutations have been shown to play a role in the pathogenesis of the disease. The diagnosis of the disease is made by evaluating detailed anamnesis, clinical assessment, and EEG findings together. Incidence studies of LKS remain insufficient due to the rarity of the disease and the difficulties in establishing a diagnosis. Although the majority of LKS cases reported in the literature are diagnosed between the ages of 3 and 7, cases diagnosed between 18 months and 18 years also exist. It has been reported that with accurate diagnosis and appropriate treatment, seizure control can be achieved and language loss can be recovered. The aim of our study is to examine the case reports of LKS in the literature in order to improve the recognition of this rare disease and to consider it in the diagnostic process and treatment planning.

Method: The study included 3 case reports of patients diagnosed with LKS. The common feature of the cases was the presence of acquired language loss and epileptiform activity on EEG recordings. In each case, the patients' clinical histories, symptoms, and treatment processes were examined in detail.

Results: LKS is a childhood disorder characterized by acquired and progressive language loss, which should be considered in the differential diagnosis, supported by EEG and genetic analysis. These patients benefit from antiepileptic drug treatment and are able to regain their language skills.

Conclusion: The case examples examined illustrate the clinical features of LKS. The possibility of LKS should be considered when diagnosing and planning treatment for patients experiencing sudden and progressive language loss.

Keywords: Epilepsy, acquired language loss, EEG.

1. GİRİŞ

Epilepsi, dünya genelinde yaklaşık 50 milyondan fazla insanı etkileyen ve tekrar eden nöbetlerle seyreden kronik, nörolojik bir hastalıktır (Khan vd., 2020; Thurman vd., 2011). Landau-Kleffner sendromu (LKS) ise ani gelişen anlama ve konuşma bozukluğuna ek olarak temporaparietal bölgeyi etkileyen epileptiform aktivitelerin olduğu nadir görülen bir çocukluk çağı epilepsi türüdür (Kaga vd., 2014; Muzio vd., 2026). LKS, ilk olarak 1957 yılında, William Landau ve Frank Kleffner tarafından tanımlanmıştır (Landau ve Kleffner, 1957). Hastalarda en belirgin bulgu edinsel dil kaybı olsa da epileptik nöbetler, uyku bozukluğu, sosyal bilişsel

eksiklikler, dikkat dağınıklığı, hiperaktivite, duygu durumda değişkenlik hali ve kaygı bozukluğu da görülebilmektedir (Cockerell vd., 2011). LKS'nin etiyolojisi kesin olarak bilinmemektedir. Ancak bu sendromun, N-metil-D-aspartat (NMDA) glutamat kapılı iyon kanalı reseptörünün bir alt birimi olan GluN2A proteinini kodlayan GRIN2A genindeki mutasyonlarla ilişkili olabileceği gösterilmiştir (Lesca vd., 2019; Strehlow vd., 2019). LKS hastalarına yapılan elektroensefalografi (EEG) kayıtlarında, özellikle Non-REM (non-rapid eye movement) uyku döneminde belirginleşen ve daha çok temporopariyetal bölgeyi etkileyen epileptiform aktiviteler izlenmektedir (Sinclair ve Snyder, 2005). LKS'nin insidans çalışmaları, hastalığın nadir görülmesi ve tanı konulmasındaki zorluklar nedeniyle yetersiz kalmaktadır. Literatürde yer alan LKS vakalarının büyük bir kısmı 3-7 yaşlarında tanı alsa da 18 ay-18 yaşlarında tanı alan vakalar da mevcuttur. Kaga ve ark.'nın yaptığı bir çalışmada LKS insidansının 978.000'de 1 olduğu bildirilmiştir (Kaga vd., 2014). Hastalığın tanısı ayrıntılı anamnez, klinik değerlendirme ve EEG bulgularının birlikte değerlendirilmesi ile konulmaktadır. Doğru tanı ve uygun tedavi ile nöbet kontrolünün sağlandığı ve dil kaybının geri kazanılabileceği bildirilmektedir (Sinclair ve Snyder, 2005). Çalışmamızın amacı; literatürdeki LKS olgu sunumlarını inceleyerek bu nadir hastalığın daha iyi tanınmasını ve tanı süreciyle tedavi planlamasında dikkate alınmasını sağlamaktır.

2. OLGU SUNUMLARI

İlk vakada, Ahmed ve ark.'nın bildirdiği, hiperaktif davranışları ve konuşma kaybı olan 7 yaşındaki bir erkek hasta incelendi. Hastanın bilişsel ve fiziksel gelişimi normal seyrederken 5 aydır konuşma kaybı varmış. Konuşulanları anlama ve ifade etmede zorluk yaşıyormuş. Ek olarak otururken ve ayakta dururken pozisyonu koruyamıyor, sık sık düşüyor ve postürünü korumak için desteğe ihtiyaç duyuyormuş. Bu belirtiler 5 ay öncesinde ani olarak başlamış, ilk ay hızla ilerlemiş ve 4 aydır stabil kalmış. Ailesi hastanın daha öncesinde aktif bir çocuk olduğunu, rutin fiziksel ve bilişsel aktiviteleri yapabildiğini belirtmiş. Hastanın soy geçmişinde bilinen bir epilepsi öyküsü bulunmuyormuş. Yapılan fiziksel muayene bulgularında boy ve kilo persantil değerlerinin normal olduğu, dismorfik görünümünün bulunmadığı ve vital bulgularının normal olduğu gözlenmiş. Komutlara sözel yanıt veremediği ve desteksiz yürüyemediği gözlenmiş. Diğer nörolojik muayene bulguları normal olarak değerlendirilmiş. Biyokimyasal testlerinde, beyin omurilik sıvısı (BOS) incelemelerinde ve beyin manyetik rezonans (MR) görüntülemesinde anormal bir bulgu saptanmamış. Yapılan elektoensefalografi (EEG) kaydında, uyku sırasında frontal ve temporal bölgeleri etkileyen jeneralize diken dalga aktiviteleri izlenmiş. Hastanın öyküsü, klinik bulguları ve EEG bulguları birlikte değerlendirildiğinde Landau-Kleffner sendromu (LKS) tanısı konulmuş. Antiepileptik ve steroid ilaç tedavisi başlanan hastanın semptomları takip eden 1 ay içerisinde önemli ölçüde iyileşme göstermiş. 3 ay sonraki kontrolünde ise akıcı konuşabildiği ve desteksiz bir şekilde postürünü koruyabildiği görülmüş (Ahmed vd., 2020).

İkinci vakada, Salahaldin ve ark. tarafından bildirilen, konuşma geriliği ve işitme kaybı olan 8 yaşında bir kız hasta incelendi. Hastanın konuşmasında gerileme varmış ve konuşulanı anlayamıyormuş. Öz geçmişinde anormal bir özellik olmayan hastanın epileptik nöbet geçmişi de yokmuş. Hastanın 3 yaşından beri konuşmasında gerileme varmış ve konuşma terapisi görüyormuş. Yapılan nörolojik muayenesinde hafif mental retardasyon saptanmış, diğer nörolojik muayene ve fizik muayene bulguları normalmiş. Hastaya işitme testi yapılmış ve sol kulakta hafif sensörinöral işitme kaybı tespit edilmiş. Beyin bilgisayarlı tomografi (BT) ve beyin MR görüntüleme bulguları normal olarak değerlendirilmiş. Sonrasında işitme testleri tekrarlanmış ve her iki kulak için de normal olarak değerlendirilmiş. Konuşma terapisi ile hafif bir iyileşme gösteren hastaya öğrenme güçlüğü ve işitsel agnozi nedeniyle daha ileri değerlendirme önerilmiş. Yapılan EEG kaydında uyku sırasında bilateral frontal, pariyetal ve

temporal bölgede epileptiform deşarjlar kaydedilmiş. Hastanın öyküsü, klinik bulguları ve EEG kaydı birlikte değerlendirilerek LKS tanısı konulmuş. Hastaya antiepileptik ve steroid ilaç tedavisi başlanmış. 4 ay sonraki takibinde, hastanın konuşma becerilerinin iyileştiği ve EEG kaydındaki anormal epileptiform deşarjlarda belirgin azalma olduğu görülmüş (Salahaldin vd., 2024).

Üçüncü vakada, Ebrahim ve ark. tarafından bildirilen, dengesiz yürüme ve konuşma geriliği olan 5 yaşında bir erkek çocuk incelendi. Hastanın 1 yıldır dengesiz yürümesi ve yürürken takılması varmış. Hastanın boy ve kilo persantil değerleri normalmiş. Dismorfik görüntüsü yokmuş. Konuşma gecikmesi varmış ancak son 1 yıldır konuşmasında belirgin kayıp varmış. Yürüme güçlüğü, sık düşme ve dengesizlik mevcutmuş. Bunlar dışındaki fizik muayene ve nörolojik muayene bulguları normalmiş. Hastanın laboratuvar incelemelerinde patolojik bir bulguya rastlanmamış. Miyoklonik astatik nöbetleri oluyormuş. Yapılan ilk EEG kaydında santral ve frontal bölgelerde epileptiform deşarjlar saptanmış. Hastaya epilepsi tanısı konulmuş ve antiepileptik tedavi başlanmış. 6 hafta sonraki takibinde hastanın tek başına düşmeden yürüyebildiği, konuşmasının iyileştiği görülmüş. Hastanın abisinde de benzer şikayetler varmış ve genetik inceleme yapılmış. Her ikisinde de GRIN2A geninde heterozigot bir mutasyon tespit edilmiş ve LKS tanısı konulmuş. Hastanın devam eden takiplerinde dil işlevinin iyileştiği görülmüş (Ebrahim vd., 2025).

3. TARTIŞMA

Landau-Kleffner sendromu (LKS)'nun etiyolojisi net olarak bilinmemektedir. Ancak GRIN2A genindeki mutasyonlarla ilişkili olabileceği gösterilmiştir (Lesca vd., 2019; Strehlow vd., 2019). LKS'nin en belirgin bulgusu, daha öncesinde normal nörolojik gelişim gösteren çocuklarda görülen ani anlama ve konuşma kaybıdır. Bu duruma genellikle epileptik nöbetler de eşlik etmektedir (Cockerell vd., 2011). LKS'nin tipik EEG bulgusu ise özellikle uyku sırasında belirginleşen ve daha çok temporoparietal bölgeyi içeren epileptiform deşarjların izlenmesidir (Sinclair ve Snyder, 2005). Hastalığın tanısı ayrıntılı anamnez, klinik değerlendirme ve EEG bulgularının bütüncül olarak değerlendirilmesi ile konulmaktadır. LKS, nadir görüldüğü ve ayırıcı tanı yapmanın zor olduğu için literatürde bildirilen insidans çalışmaları yeterli olamamaktadır. Ancak literatürde bildirilen LKS vakalarının çoğu çocukluk çağında görülmektedir (Kaga vd., 2014). LKS'de, doğru tanı ve uygun tedavi ile nöbet kontrolünün sağlandığı ve dil kaybının geri kazanılabileceği bildirilmektedir (Sinclair ve Snyder, 2005).

İncelediğimiz ilk vakada, ani gelişen konuşma kaybına ek olarak postürü koruyamama ve hiperaktif davranışlar mevcuttu. Ayırıcı tanıda ise subakut sklerozan panensefalit, miyoklonik epilepsi, otizm spektrum bozukluklarına ek olarak LKS'nin de yer alması önemliydi. İncelediğimiz ikinci vaka ise, konuşma kaybına ek olarak sensörinöral işitme kaybı ve hafif düzeyde mental retardasyon olması açısından farklıydı ve ayırıcı tanıda LKS'nin akla gelmesi oldukça zor ve önemliydi. İncelediğimiz son vaka ise, konuşma bozukluğuna ek olarak yürüme bozukluğunun ve miyoklonik nöbetlerin olması ve ayırıcı tanıda LKS'nin akla gelerek GRIN2A gen mutasyonunun tespit edilmesi açısından önemliydi. İncelediğimiz bu olgu sunumları, LKS'nin klinikte karşılaşılabilecek bulgularına yönelik farkındalığı artırarak ayırıcı tanıda akla gelmesine katkı sağlamaktadır.

4. SONUÇ

Literatürdeki LKS vakaları incelendiğinde, görülen klinik bulguların heterojenliği nedeniyle hastaların multidisipliner ve bütüncül bakış açısıyla değerlendirilmesi tanı ve tedavi açısından

önemli olacaktır. Doğru tanının konulması ve uygun tedavi planlanması, hastaların fiziksel, sosyal ve bilişsel fonksiyonlarını geri kazanmasına katkı sağlayacaktır.

KAYNAKLAR

Ahmed, M., Saleem, A., Nasir, S., Ariff, M., & Iftikhar, P. (2020). Landau-Kleffner Syndrome: A Diagnostic Challenge. *Cureus*, *12*(3), e7182. https://doi.org/10.7759/cureus.7182

Cockerell, I., Bølling, G., & Nakken, K. O. (2011). Landau-Kleffner syndrome in Norway: long-term prognosis and experiences with the health services and educational systems. *Epilepsy Behav*, *21*(2), 153-159. https://doi.org/10.1016/j.yebeh.2011.03.019

Ebrahim, A. K., Makhlooq, J. J., & Busehail, M. Y. (2025). Landau-Kleffner Syndrome Can Herald the Diagnosis of GRIN2A Gene Mutation. *Case Rep Pediatr*, *2025*, 8869587. https://doi.org/10.1155/crpe/8869587

Kaga, M., Inagaki, M., & Ohta, R. (2014). Epidemiological study of Landau-Kleffner syndrome (LKS) in Japan. *Brain Dev*, *36*(4), 284-286. https://doi.org/10.1016/j.braindev.2013.04.012

Khan, A. U., Akram, M., Daniyal, M., Akhter, N., Riaz, M., Akhtar, N., Shariati, M. A., Anjum, F., Khan, S. G., Parveen, A., & Ahmad, S. (2020). Awareness and current knowledge of epilepsy. *Metab Brain Dis*, *35*(1), 45-63. https://doi.org/10.1007/s11011-019-00494-1

Landau, W. M., & Kleffner, F. R. (1957). Syndrome of acquired aphasia with convulsive disorder in children. *Neurology*, *7*(8), 523-530. https://doi.org/10.1212/wnl.7.8.523

Lesca, G., Møller, R. S., Rudolf, G., Hirsch, E., Hjalgrim, H., & Szepetowski, P. (2019). Update on the genetics of the epilepsy-aphasia spectrum and role of GRIN2A mutations. *Epileptic Disord*, *21*(S1), 41-47. https://doi.org/10.1684/epd.2019.1056

Muzio, M. R., Cascella, M., & Al Khalili, Y. (2026). Landau-Kleffner Syndrome. In *StatPearls*. StatPearls Publishing Copyright © 2026, StatPearls Publishing LLC.

Salahaldin, M. M., Shehadeh, M. H., Abu Keshek, A., Abdullah, T. W., & Abueita, H. (2024). Landau-Kleffner syndrome (LKS) in an 8-year-old girl: a case report and review of the literature. *Ann Med Surg (Lond)*, *86*(7), 4202-4205. https://doi.org/10.1097/ms9.0000000000002156

Sinclair, D. B., & Snyder, T. J. (2005). Corticosteroids for the treatment of Landau-kleffner syndrome and continuous spike-wave discharge during sleep. *Pediatr Neurol*, *32*(5), 300-306. https://doi.org/10.1016/j.pediatrneurol.2004.12.006

Strehlow, V., Heyne, H. O., Vlaskamp, D. R. M., Marwick, K. F. M., Rudolf, G., de Bellescize, J., Biskup, S., Brilstra, E. H., Brouwer, O. F., Callenbach, P. M. C., Hentschel, J., Hirsch, E., Kind, P. C., Mignot, C., Platzer, K., Rump, P., Skehel, P. A., Wyllie, D. J. A., Hardingham, G. E., . . . Lemke, J. R. (2019). GRIN2A-related disorders: genotype and functional consequence predict phenotype. *Brain*, *142*(1), 80-92. https://doi.org/10.1093/brain/awy304

Thurman, D. J., Beghi, E., Begley, C. E., Berg, A. T., Buchhalter, J. R., Ding, D., Hesdorffer, D. C., Hauser, W. A., Kazis, L., Kobau, R., Kroner, B., Labiner, D., Liow, K., Logroscino, G., Medina, M. T., Newton, C. R., Parko, K., Paschal, A., Preux, P. M., . . . Wiebe, S. (2011). Standards for epidemiologic studies and surveillance of epilepsy. *Epilepsia*, *52 Suppl 7*, 2-26. https://doi.org/10.1111/j.1528-1167.2011.03121.x

THE IMPORTANCE OF EMPLOYEE FEEDBACK SYSTEMS İN OCCUPATİONAL SAFETY

İŞ GÜVENLİĞİNDE ÇALIŞAN GERİ BİLDİRİM SİSTEMLERİNİN ÖNEMİ

Elif ÇELENK KAYA

Ondokuz Mayıs University, Havza Vocational School, Department of Occupational Health and Safety, Samsun, Turkey

ORCID ID: 0000-0002-7811-7669

Aslıhan TOYOĞLU

Mersin University, Mersin Vocational School, Department of Occupational Health and Safety, Mersin, Turkey

ORCID ID: 0000-0003-1304-454X

ABSTRACT

The target audience for occupational health and safety (OHS) policies is employees. To ensure that employees can work in healthy and safe conditions, it is first necessary to identify hazards and risks arising from the work environment and work practices and take appropriate measures. In recognizing these hazards and identifying the resulting risks, employees who are present at the workplace throughout a full workday and are most exposed to these risks play a significant role. Under the Occupational Health and Safety Law No. 6331 and the regulations issued in accordance with this law, “employee participation” in occupational health and safety efforts is a legal requirement. In this regard, since every workplace has its own unique dynamics, policies regarding how employees are involved in the process and the employee feedback system become particularly important. In this study, the national and international literature on employee feedback systems implemented as part of OHS initiatives was reviewed, and best practices and current technological applications were examined. Studies have shown that workplace accidents and occupational diseases can be prevented, particularly through the immediate reporting of near-miss incidents. These prevention efforts highlight the need to utilize employee feedback systems such as near-miss forms, digital reporting systems, and mobile applications. In addition, the following methods can be implemented to encourage employee participation in occupational safety and health initiatives: suggestion boxes placed in specific areas of the workplace, digital suggestion platforms, OHS surveys, QR code-based reporting, OHS software, soliciting employee feedback during OHS meetings and training sessions, and open-door policies that allow employees to directly communicate their concerns and suggestions to managers. Employee participation at every stage of occupational health and safety initiatives ensures both the accurate analysis of hazards and risks and enables employees to adapt more quickly to the measures implemented and embrace the process. When employees are made an integral part of the process, they feel valued, which in turn contributes to a greater sense of belonging to the company or organization. As a result, it is anticipated that the proper and effective implementation of employee feedback systems could lead to improvements in work performance and a significant reduction in workplace accidents and occupational diseases.

Key Words: Occupational Safety; Employee Feedback System; Employee Participation.

ÖZET

İş sağlığı ve güvenliği (İSG) politikalarının temel hedef kitlesini çalışanlar oluşturmaktadır. Çalışanların sağlıklı ve güvenli koşullarda çalışabilmelerini sağlamak için öncelikle çalışma ortam ve metotlarından kaynaklanan tehlike ve risklerin belirlenmesi ve gerekli önlemlerin alınması gerekmektedir. Bu tehlikelerin tanımlanması ve risklerin belirlenmesi sürecinde, işyerinde bir tam mesai süresi boyunca bulunan ve bu risklere en fazla maruz kalan çalışanlar önemli bir rol oynamaktadır. 6331 sayılı İş Sağlığı ve Güvenliği Kanunu ve bu kanuna paralel olarak çıkarılan yönetmelikler kapsamında, İSG faaliyetlerinde "çalışan katılımı" yasal bir zorunluluk olarak düzenlenmiştir. Bu bağlamda, her işyerinin kendine özgü dinamiklere sahip olması nedeniyle, çalışanların sürece katılımını sağlayan politikalar ve çalışan geri bildirim sistemleri büyük önem taşımaktadır. Bu çalışmada, İSG uygulamaları kapsamında kullanılan çalışan geri bildirim sistemlerine ilişkin ulusal ve uluslararası literatür incelenmiş; iyi uygulama örnekleri ile güncel teknolojik yaklaşımlar değerlendirilmiştir. Yapılan çalışmalar, iş kazaları ve meslek hastalıklarının özellikle ramak kala olaylarının zamanında bildirilmesi ile önlenebileceğini göstermektedir. Bu doğrultuda, ramak kala olay bildirim formları, dijital raporlama sistemleri ve mobil uygulamalar gibi çalışan geri bildirim sistemlerinin kullanımı önem kazanmaktadır. Ayrıca işyerinin belirli alanlarına yerleştirilen öneri kutuları, dijital öneri platformları, İSG anketleri, QR kod tabanlı bildirim sistemleri, İSG yazılımları, İSG toplantı ve eğitimlerinde çalışan görüşlerinin alınması ve açık kapı politikaları gibi uygulamalar çalışan katılımını artırmaya yönelik etkili yöntemler arasında yer almaktadır. İSG uygulamalarının her aşamasında çalışan katılımının sağlanması, tehlike ve risklerin doğru analiz edilmesine katkı sağlamakta ve çalışanların alınan önlemleri daha hızlı benimsemelerine olanak tanımaktadır. Çalışanların sürecin aktif bir parçası hâline getirilmesi, kendilerini değerli hissetmelerini sağlamakta ve kurumsal aidiyet duygusunu güçlendirmektedir. Bu çerçevede, çalışan geri bildirim sistemlerinin etkin ve doğru şekilde uygulanmasının, iş performansının arttırılmasına ve iş kazaları ile meslek hastalıklarının önemli ölçüde azaltılmasına katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

Anahtar Kelimeler: İş Sağlığı ve Güvenliği; Çalışan Geri Bildirim Sistemi; Çalışan Katılımı.

GİRİŞ

İSG politikalarının temelinde, üretim ve hizmet süreçlerinde doğrudan yer alan çalışanlar bulunmaktadır. Bu politikalar ile bir tam mesai süresi boyunca işyerinde çeşitli tehlike ve risklere maruz kalan çalışanların, maruz kalabilecekleri risklerin azaltılması ve güvenli bir çalışma ortamının oluşturulması amaçlanmaktadır. Sağlıklı ve güvenli bir çalışma ortamının sağlanmasında ise tehlikelerin tanımlanması ve bu tehlikelerin neden olabileceği risklerin belirlenmesi süreci önem kazanmaktadır. Bu sürecin doğru şekilde yürütülebilmesi ise o tehlike ve risklere doğrudan maruz kalan çalışanların katılımı ile mümkün olmaktadır.

6331 sayılı İş Sağlığı ve Güvenliği Kanunu ve bu kanuna paralel olarak çıkarılan yönetmelikler kapsamında, İSG faaliyetlerinde "çalışan katılımı" yasal bir zorunluluk olarak düzenlenmiştir. İSG faaliyetlerinde temel kanunumuz olan 6331 sayılı İş Sağlığı ve Güvenliği Kanunu'nda doğrudan "Çalışanların Görüşlerinin Alınması ve Katılımlarının Sağlanması" başlığı bulunmaktadır. Bu başlık altında işverenin; çalışanlara, çalışan temsilcilerine ve işyeri yetkili sendika temsilcilerine görüşlerini ve katılımlarını sunabilmeleri için bazı imkanların sağlanması zorunlu kılınmıştır (6331 sayılı İş Sağlığı ve Güvenliği Kanunu, 2012).

İş Sağlığı ve Güvenliği İle İlgili Çalışan Temsilcisinin Nitelikleri Ve Seçilme Usul Ve Esaslarına İlişkin Tebliğ'de Çalışan Temsilcisinin Yetki ve Yükümlülüğü başlığında "Çalışan temsilcisi; İSG ile ilgili çalışmalara katılma, çalışmaları izleme, tehlike kaynağının yok edilmesi veya

tehlikeden kaynaklanan riskin azaltılması için tedbir alınmasını isteme, tekliflerde bulunma ve benzeri konularda çalışanları temsil etmeye yetkilidir." hükmü bulunmaktadır. Bu tebliğ doğrultusunda 6331 sayılı İş Sağlığı ve Güvenliği Kanunu kapsamındaki tüm işyerlerinde çalışan temsilcisi bulunması yasal bir zorunluluktur. Çalışan temsilcisi çalışanların İSG faaliyetlerine katılabilmeleri için bir nevi yönetimle arada köprü görevi üstlenmektedir (İş Sağlığı ve Güvenliği İle İlgili Çalışan Temsilcisinin Nitelikleri Ve Seçilme Usul Ve Esaslarına İlişkin Tebliğ, 2013).

İş Sağlığı ve Güvenliği Kurulları Hakkında Yönetmelik hükümleri doğrultusunda "6331 sayılı İş Sağlığı ve Güvenliği Kanunu kapsamına giren, elli ve daha fazla çalışanın bulunduğu ve altı aydan fazla süren sürekli işlerin yapıldığı işyerlerinde" kurul oluşturulması zorunludur. Kurulun oluşumu içerisinde çalışanları temsil etmeye yetkili çalışan temsilcisi ve birden fazla çalışan temsilcisi varsa baş temsilci yer almaktadır. İlgili yönetmelikte "Çalışanların Yükümlülüğü" başlığında "İşyerinde iş sağlığı ve güvenliği tedbirlerinin belirlenmesi, uygulanması ve alınan tedbirlere uyulması hususunda çalışanlar kurullarla iş birliği yaparlar." hükmü bulunmakta olup yapılacak çalışmalarda çalışan katılımına vurgu yapılmıştır (İş Sağlığı ve Güvenliği Kurulları Hakkında Yönetmelik, 2013).

İş Sağlığı ve Güvenliği Risk Değerlendirmesi Yönetmeliği hükümleri doğrultusunda risk değerlendirme çalışmalarının bir ekiple yapılması ve ekip oluşturulurken de çalışanları temsil etmeye yetkili çalışan temsilcilerinin bulunması yasal bir zorunluluktur. Ayrıca "Risk Değerlendirmesi" başlığında "Çalışanların risk değerlendirmesi çalışması yapılırken ihtiyaç duyulan her aşamada sürece katılarak görüşlerinin alınması sağlanır." hükmü bulunmaktadır (İş Sağlığı ve Güvenliği Risk Değerlendirmesi Yönetmeliği, 2012).

Çalışanların İş Sağlığı ve Güvenliği Eğitimlerinin Usul ve Esasları Hakkında Yönetmelik'te "Temel Eğitim Programının Hazırlanması" başlığında "Eğitim programlarının hazırlanmasında çalışanların veya temsilcilerinin görüşleri alınır." hükmü yer almaktadır. Ayrıca "Temel Eğitimlerin Düzenlenmesi" başlığında Belirli periyotlarda kısa soru veya önemli bilgi ve benzeri açılır pencereler aracılığıyla çalışanın eğitime aktif olarak katılımını destekleyecek, nitelikte olmasını sağlar." Hükmüyle eğitimde çalışanların aktif rol oynaması düzenlenmiştir. Eğitimlerin yalnızca eğitimci tarafından tek yönlü bilgi aktarımına dayalı olarak değil, katılımcı yöntemler kullanılarak çalışanların görüş ve önerilerinin sürece dâhil edilmesiyle birlikte elde edilecek faydanın artacağı düşünülmektedir (Çalışanların İş Sağlığı ve Güvenliği Eğitimlerinin Usul ve Esasları Hakkında Yönetmelik, 2013).

Bu bağlamda, yasal mevzuatımızda çalışanların İSG çalışmalarına katılmaları, geri bildirimde bulunabilmeleri noktasında birçok hüküm olduğu gözlenmektedir. Ayrıca, her işyerinin kendine özgü tehlike ve riskleri ile birlikte bunları farklı düzeylerde anlama yeteneği olan çeşitli seviyelerdeki eğitim düzeyinde çalışanlar bulunmaktadır. Çalışan geri bildirim sistemleri kullanılırken çalışanların bu geri bildirim sitemlerini etkili bir şekilde kullanabilmeleri amaçlanmalıdır. Yapılan çalışmalar, doğru ve etkili bir şekilde uygulanan çalışan geri bildirim sistemlerinin; iş kazaları, meslek hastalıkları ve özellikle ramak kala olayların önlenmesi için kullanılabileceğini göstermektedir. İSG'de çalışan geri bildirim sistemleri olarak; ramak kala olay bildirim formları, öneri kutuları, dijital öneri platformları, İSG yazılımları, dijital raporlama sistemleri ve mobil uygulamalar, QR kod tabanlı bildirim sistemleri, İSG anketleri, İSG toplantı ve eğitimlerinde çalışan görüşlerinin alınması ve açık kapı politikaları gibi uygulamalar kullanılmaktadır. Aşağıda bu uygulamalar hakkında detaylı bilgiler verilmiştir.

RAMAK KALA OLAY BİLDİRİM FORMLARI

İş Sağlığı ve Güvenliği Risk Değerlendirmesi Yönetmeliği'ne göre "işyerinde meydana gelen; çalışan, işyeri ya da iş ekipmanını zarara uğratma potansiyeli olduğu halde zarara uğratmayan olaylar" ramak kala olay olarak tanımlanmaktadır. Ramak kala olaylar için "ücretsiz kaza haber verme sistemi" ifadesi kullanılmakta olup kazaların önlenmesi için hayati öneme sahiptir (İncedere, 2023).

Bu hususta, bir tam mesai süresi boyunca çalışanların karşılaşmış oldukları ramak kala olayların işyeri yönetimi tarafından bilinmesi açısından bildirimi yapılması gerekmektedir. Böylece yapılan bildirim doğrultusunda işyerinde alınacak önlemlerle kazalar önlenebilecektir. Her işyeri kendisine özgü bir ramak kala olay formu hazırlayabilmektedir. Bu formlar, çalışanlar tarafından yazılı olarak doldurabileceği gibi dijital bir sistem üzerinden de doldurulabilmektedir. İşyerinde İş Sağlığı ve Güvenliği Yönetim Sistemleri gibi sistemler kullanılıyorsa bu yazılı formların hazırlandıktan sonra doküman numarası verilmesi gerekmektedir.

Aşağıda, örnek bir "Ramak Kala Olay Bildirim Formu" yer almaktadır (URL-1).

İş Yeri Logosu	**RAMAK KALA OLAY BİLDİRİM FORMU**	Doküman Kodu	
		Yayın Tarihi	
		Revizyon Numarası	
		Revizyon Tarihi	
		Sayfa No	

Adı ve Soyadı	
Tarih ve Saati	
Ramak Kala Olay Yeri	

Ramak Kala /Tehlikeli Olayı Anlatınız (Ne? Nerede? Ne zaman?)	
Öneri ve İstekler:	
Bu tehlike ölüm ya da yaralanma ile sonuçlanabilir miydi?	☐ Evet ☐ Hayır
Sizce Olayın Asıl Nedeni Nedir?	☐ Çalışanın güvensiz davranışlarından kaynaklı nedenler ☐ Teknik ve fiziksel nedenler ☐ Organizasyonel nedenler ☐ Diğer……
Bildirimde Bulunan Kişi Onayı	

1. Bu bölüm İş Güvenliği Uzmanı ve/veya İşyeri Hekimi tarafından doldurulacaktır.

Düzeltici / Önleyici Faaliyetler ve Değerlendirme	

Bu bölüm İSG Kurulu tarafından doldurulacaktır.

No	Düzeltici / Önleyici Faaliyetler	Sorumlu Kişi	Planlanan Tarih	Gerçekleşen Tarih	Durum
1					
2					
3					
4					
5					

Bu ramak kala olay bildirimleri işyerinin yapmış olduğu dijital bir sistem üzerinden de yapılabilmektedir. Ancak bu sistemde ramak kala olay bildirimi yapabilmek için öncelikle çalışanların TC Kimlik No ve İşyeri Sicil No gibi o işyerinde çalıştığını kanıtlayıcı bilgileri sisteme girip doğrulama yaptıktan sonra bildirim yapılabilmektedir (URL-2).

ÖNERİ KUTULARI VE DİJİTAL ÖNERİ PLATFORMLARI

İSG çalışmalarında, çalışan katılımı için kullanılan araçlardan biri de öneri kutularıdır. Öneri kutuları, bir çalışana doğrudan yönetimle iletişim kurma hakkı veren önemli bir iletişim aracıdır. Bu öneri kutularında; örgütsel verimliliğin nasıl iyileştirileceğine dair fikirler, öneri ve şikayetler, tavsiyeler yer almaktadır (Okorie, 2016). Aşağıdaki görselde bir firma tarafından hazır olarak satılan bir öneri kutusu örneği yer almaktadır (URL-3).



Bu öneri kutuları; geleneksel bir yöntem olarak işyerinin belirli noktalarına fiziksel bir biçimde yerleştirilmektedir. Aynı zamanda dijital olarak da web tabanlı sistemler, mobil uygulamalar, QR kod ile erişilen formlar veya özel İSG yazılımları üzerinden çalışanların bildirim yapabileceği modern öneri sistemleri geliştirilmektedir. Geleneksel öneri kutularının; kullanımı kolay ve düşük maliyetli olması, teknolojiye ihtiyaç duymaması, anonim geri bildirim imkânı ile çalışanların rahatça yazabilmelerini sağlaması açısından birçok avantaj sağlamaktadır. Ancak, geri dönüş süresinin uzun olması, takip ve analizinin zor olması, çalışan geri bildirim alamadığında motivasyonunda düşüş yaşanması vb. dezavantajları da bulunmaktadır. Dijital öneri platformları ise anlık bildirim ve hızlı geri dönüş sağlaması, verilerin kolay analiz edilmesi, fotoğraf ekleme gibi somut özelliklerin bulunması, puanlama ve ödül sistemine dahil edilebilmesi gibi avantajlara sahiptir. Diğer taraftan, kurulum ve eğitim maliyetinin olması,

dijital okuryazarlık gerektirmesi, sistem kullanılmadığı takdirde atıl kalması gibi bazı dezavantajları da barındırmaktadır.

İŞ SAĞLIĞI VE GÜVENLİĞİ YAZILIMLARI

Günümüzde teknolojik gelişmeler hızla artmakta ve İSG alanında da dijitalleşme ihtiyacı ortaya çıkmaktadır. Dijital raporlama sistemleri ve mobil uygulamalar gibi İSG yazılımı olarak tasarlanan teknolojik uygulamaların iş kazaları ve meslek hastalıklarının önlenmesinde bir araç olarak kullanımı günden güne artmaktadır. Ancak bu dijital uygulamalar birtakım yeni riskleri de beraberinde getirmektedir. Burada güvenlik, gizlilik, sorumluluk ve netlik gibi güncel sorunların dikkatle izlenmesi gerekmektedir (Kahraman ve Özdemir, 2022).

Örneğin, Tofaş Türk Otomobil A.Ş. bir İSG yazılımı olarak tasarlanan "Sanal Ortamda Risk Yakalama" uygulamasıyla çalışanlar, sanal bir otomatik boyama bölümüne girmektedir. Bu bölümde artırılmış gerçeklik gözlükleri ile çevredeki riskleri tespit ederek her tespit edilen risk çalışanlara puan kazandırmaktadır. Böylece risklerin tespiti noktasında çalışanların sürece katılımı sağlanmaktadır (Eryiğit, 2024).

İSG alanında kullanılan güncel teknolojik uygulamalar arasında yer alan Akare, Iova, Qdms gibi yazılım ve sanal gerçeklik uygulamaları, çalışanların raporlama süreçlerini kolaylaştırarak İSG faaliyetlerine etkin bir şekilde katılımlarını sağlamaktadır (Tepe, 2021).

Türkiye'de 2022 yılında yapılan bir çalışmada, İSG uygulamaları için geliştirilen Android ve İOS işletim sistemi ile uyumlu olan akıllı telefon uygulamaları incelenmiştir. Bu çalışmada Apple Store ve Google Play Store mağazalarından "İş Sağlığı ve Güvenliği" ve "iş sağlığı ve güvenliği" anahtar kelimeleriyle arama yapılmıştır. Burada Pincident İSG adlı uygulamada, çalışanlar; tehlikeli durum, tehlikeli davranış ve ramak kala olay bildirimlerini belgeleri ile birlikte yapabilmektedir. WSA-Work Safety Analysis adlı uygulamada, çalışanlar; güvensiz durum, güvensiz davranış ve ramak kala olay bildirimlerini anında raporlayabilmektedir. NBYS İBYS – Denetim Uygulaması'nda, İSG alanında işyeri hekimi ve iş güvenliği uzmanı olarak uzun süre çalışmış kişilerin tecrübelerinden yararlanılarak hazırlanmıştır. Bu uygulama ile birlikte çalışanların iş kazası bildirimleri, düzenleyici iyileştirici faaliyet bildirimi, ramak kala olay bildirimi, kişisel koruyucu donanım talepleri, reçete gönderimi gibi modüller yapılabilmektedir. Vault Platform adlı uygulamada, uygunsuz davranış (ayrımcılık, cinsel taciz, zorbalık, hırsızlık vb.) kayıtları oluşturulup saklanabilmekte ve işyerine raporlanabilmektedir. Uygulama ekran görüntüsü veya fotoğraf ekleme imkânı sunarak uygunsuz davranışların belgeleri sistem üzerine eklenebilmektedir. Oluşturulan raporlar istenildiği takdirde işverenle paylaşılabilmektedir. Uygulama ile birlikte işyerinde çalışanların, kendilerini güvende hissetmesi amaçlanmıştır. İSG Uygunsuzluk Uygulaması ile çalışanlar, uygunsuzlukları bildirebilmekte ve cep telefonları ile takip edebilmektedir. Uygunsuzluk tespiti yapıldığında programdan kameraya ulaşılarak direk resim eklenebilmektedir. HSEMobile uygulamasında çalışan bildirim menüsü bulunmaktadır. Bu menülerden riskli durumların bildirimi, çözüm yolu belirleme, aksiyonların takibi vb. gibi işlemler yapılabilmektedir. Personal Protective App – PPA uygulaması ile çalışanların iş ve bireysel sağlık durumları ile (çalışanda öksürük, ateş vb. bir sağlık sorunu varsa sisteme bildirim yapılabilmekte) ilgili bilgilerin raporlaması yapılarak bu durumların işverenlerce görülmesini sağlamaktadır (Yıldırım ve Üstündağ, 2022). Bu çalışmadaki sonuçlar çalışanların İSG alanındaki çalışmalara katılımlarının sağlanması için birçok mobil uygulama geliştirildiğini göstermektedir.

İŞ SAĞLIĞI VE GÜVENLİĞİ ANKETLERİ

Çalışma yaşamında İSG faaliyetlerinin etkinliğini değerlendirmek, çalışanların bir konudaki bilgi düzeyi, tutum ve davranışlarını ölçümlemek için anketler yaygın olarak kullanılmaktadır. Elde edilen bilgiler bilimsel amaçlı ya da işyerinde İSG faaliyetleri için yol gösterici bir veri olarak yapılacak çalışmalara ışık tutmaktadır. İSG alanında anket yoluyla bir konu hakkında bilgi elde etmek amacıyla akademik birçok çalışma olduğu gözlenmektedir.

Örneğin, bir çalışmada Malatya ilinde faaliyet gösteren bir cam fabrikasında 123 çalışana kişisel koruyucu donanımların kullanımına yönelik anket uygulanmıştır. Bu çalışmada, çalışanların kişisel koruyucu donanımlar hakkındaki düşünceleri ve kullanımlarına yönelik davranışları tespit edilmeye çalışılmıştır. Araştırma sonuçlarında ise çalışanların %82 oranında kişisel koruyucu donanım kullandığı, %99 oranında kişisel koruyucu donanım kullanımının önemli olduğuna inandığı, %98 oranında kişisel koruyucu donanım kullanımının onları iş kazalarından ve %87 oranında ise meslek hastalıklarından koruduğunu düşündükleri saptanmıştır (Aydemir Ertük ve Ersoy ve Çelenk Kaya, 2025). Bu anketler sonucunda, anketlerin uygulandığı cam fabrikasında çalışan kişilerin büyük çoğunluğunun kişisel koruyucu donanım kullanımını benimsedikleri analiz edilebilmiştir.

Bunun yanı sıra bu anketler, işyerine alınacak bir kişisel koruyucu donanımın belirlenmesi, eğitim etkinliklerinin değerlendirilmesi, çalışan memnuniyetin ölçülmesi, tehlike tespitlerinin yapılabilmesi vb. birçok amaçla çalışanların İSG faaliyetlerine katılımlarını sağlamak için işyerine özgü olarak hazırlanabilmektedir. Anketler basılı ya da dijital ortamda çalışanlara sunulabilmektedir.

Örneğin, aşağıdaki görselde Türkiye'de bulunan bir kamu üniversitesinin İş Sağlığı ve Güvenliği Birimi'nin yapmış olduğu faaliyetlerin etkinlik düzeyini öğrenci ve çalışanların katılımı ile ölçtükleri bir memnuniyet anketi bulunmaktadır (URL-4).

	İŞ SAĞLIĞI VE GÜVENLİĞİ BİRİMİ MEMNUNİYET ANKETİ	Doküman No:	
		Yayın Tarihi:	
		Değ. No:	
		Değ. Tarihi:	

Değerli Paydaşımız, X Üniversitesi İş Sağlığı ve Güvenliği Birimi olarak sunduğumuz hizmet hakkındaki görüş ve beklentilerinizi ölçmek amacıyla hazırlanmıştır. Sorulara vereceğiniz cevaplar size daha iyi hizmet verebilmek için bize ışık tutacak ve çalışmalarımıza yön verecektir. Bu nedenle anketin özenle doldurulması önem arz etmektedir. İlginiz ve katkılarınız için teşekkür ederiz.

Kurumdaki pozisyonunuzu belirtiniz:

Öğrenci ☐ **Akademik Personel** ☐ **İdari Personel** ☐

Ankette yer alan ifadelere katılım düzeyinizi aşağıda belirtilen değerlendirme ölçeğine uygun bir şekilde belirtiniz.
5- Kesinlikle Katılıyorum 4- Katılıyorum 3- Kararsızım 2- Katılmıyorum 1- Kesinlikle Katılmıyorum. DD-Değerlendirme Dışı
Değerlendirmenizi dikkate alabilmemiz için 1 ve 2 puan verdiğiniz ifadelere yönelik objektif kanıtlarınızı görüşler ve öneriler kısmında belirtmenizi rica ederiz.

	SORULAR	5	4	3	2	1	DD
1	İş güvenliği uzmanının yöneltilen taleplere karşı tutum ve yaklaşımlarından memnunum.						
2	İş güvenliği birimine kolay bir şekilde ulaşabiliyorum.						
3	İş güvenliği uzmanı tarafından verilen eğitimler anlaşılır ve yeterlidir.						
4	İş güvenliği uzmanının yasal yükümlülükler konusunda çalışanları bilgilendirme seviyesi yeterlidir.						
5	Eğitimlerde iş kazası ve meslek hastalıkları hususunda yapılan sunumlar anlaşılır ve yeterlidir.						
6	Birimin işleyişi hakkında sahip olduğum bilgi yeterlidir.						
7	Kurum içerisinde yapılan iş kazası işleyişleri hakkında sahip olduğum bilgi yeterlidir.						
8	Üniversitede alınan iş güvenliği önlemleri yeterli seviyededir.						
	TOPLAM						
	% BAŞARI						

İLAVE ETMEK İSTEDİĞİNİZ GÖRÜŞLER & ÖNERİLER:

QR KOD TABANLI BİLDİRİM SİSTEMLERİ

İş yerlerinde teknolojik uygulamaların kullanımın hız kazanmasıyla birlikte karekod (QR kod) tabanlı bildirim sistemleri; çalışanların eğitim, geri bildirim ve bilgilendirilmesi süreçlerinde hızlı, düşük maliyetli ve erişilebilir bir çözüm olarak karşımıza çıkmaktadır. Günümüzde QR kod sayesinde bir restoran veya cafede menüye bakmak istediğimizde telefonun kamarası yardımıyla hızlı bir şekilde menüye erişim sağlanmaktadır. Bu karekod (QR kod) tabanlı sistemler hayatımızın her noktasında olduğu gibi çalışma yaşamında da çalışanların İSG faaliyetlerine katılımlarının sağlanması amacıyla kullanılmaktadır.

Örneğin, bir İSG yazılımında QR kod yöntemiyle "İstenmeyen Olay Bildirim Sistemi" oluşturulmuştur. Bu sistemin amacı kurumsal işleyişte ve güvenlik kültüründe aksayan yönlerin tespit edilip, sistemde gerekli iyileştirmelerin yapılması ve hataların tekrarlanmamasına yönelik önlemlerin geliştirilmesidir (URL-5). Bu uygulama ile telefonla karekod okutularak istenmeyen olay bildirimi yapılabilmektedir.



Cep telefonu için kare kod kullanıldığı zaman okuyucu bir yazılım çalıştırılması gereklidir. Eğer cep telefonu NFC uyumlu ise telefonun içerisinde hazır otomatik okuyucu bulunmaktadır. Bu sayede bir program açmaya gerek olmadan otomatik web tarayıcı programı açılarak bir web sitesine erişim mümkün olabilmektedir (Tetik, 2018). Bunun yanı çalışanlara uygulanan anketler, eğitim öncesi ve sonrası yapılan sınavlar da QR kod yöntemi ile tasarlanarak bu durumun işyerinde kâğıt tasarrufu da sağlayacağı düşünülmektedir

TOPLANTI VE EĞİTİMLERDE ÇALIŞANLARIN GÖRÜŞLERİNİN ALINMASI

İş Sağlığı ve Güvenliği Kurulları Hakkında Yönetmelik'te "Kurullar ayda en az bir kere toplanır. Ancak kurul, işyerinin tehlike sınıfını dikkate alarak, tehlikeli işyerlerinde bu sürenin iki ay, az tehlikeli işyerlerinde ise üç ay olarak belirlenmesine karar verebilir." hükmü bulunmaktadır. Dolayısıyla kurul oluşturulurken kurul üyeleri içerisinde çalışan temsilcisinin de bu kurul toplantılarına katılımı ve çalışanlardan almış olduğu görüş ve düşünceleri bu toplantılarda ifade etmesi gerekmektedir. Kurul toplantıları sayesinde çalışanların istek ve önerileri toplantılarda bir gündem olarak karşımıza çıkabilmektedir (İş Sağlığı ve Güvenliği Kurulları Hakkında Yönetmelik, 2013).

Çalışanların İş Sağlığı ve Güvenliği Eğitimlerinin Usul ve Esasları Hakkında Yönetmelik hükümleri doğrultusunda çalışanlara verilecek Temel İSG Eğitim konuları belirlenmiştir. Bu konular ilgili yönetmeliğin ekinde yer almakta olup 1. başlıkta genel konular, 2. başlıkta sağlık konuları, 3. başlıkta teknik konular ve 4. başlıkta işe ve işyerine özgü riskler ve risk değerlendirmesine dayalı konular (Tehlikeli veya Çok Tehlikeli Sınıf), Faaliyetin Genel Tehlike ve Riskleri (Az Tehlikeli Sınıf) olarak belirlenmiştir. Bu yönetmelikte "birinci, ikinci ve üçüncü konu başlıkları tüm işyerleri için uzaktan, yüz yüze veya iki yöntemin bir arada kullanılmasıyla verilebilir. Dördüncü konu başlığı; az tehlikeli sınıfta yer alan işyerlerinde uzaktan, yüz yüze veya iki yöntemin bir arada kullanılmasıyla; tehlikeli ve çok tehlikeli sınıfta yer alan işyerlerinde yüz yüze, verilir." hükmü bulunmaktadır. Dolayısıyla özellikle tehlikeli ve çok tehlikeli işyerlerinde 4. Başlıkta yer alan konuların yüz yüze şekilde çalışanların aktif bir şekilde eğitime katılımlarıyla düzenlenmesi yasal bir zorunluluk olarak karşımıza çıkmaktadır (Çalışanların İş Sağlığı ve Güvenliği Eğitimlerinin Usul ve Esasları Hakkında Yönetmelik, 2013).

AÇIK KAPI POLİTİKALARI

İletişim hayatın her noktasında olduğu gibi çalışma ortamında da çok önemli bir rol oynamaktadır. Çalışanlar ile yöneticilerin etkili bir iletişim kurmasına olanak sağlayan açık kapı politikası kavramı, dünyanın dört bir yanındaki organizasyonlarda geniş bir kabul görmüştür (Zubair ve Siddiqui, 2022).

Bir çalışmada, işyerinde gerçek etkileşim örneklerine dayalı olarak çalışanların açık bırakılan ofis kapılarının yarattığı ortamlara nasıl güvendiklerini göstermek amaçlanmıştır. Diğer taraftan, bu çalışmada çalışanların zaman yönetimi, kişisel iş yükü yönetimi ve birbirlerine ulaşılabilirliği noktasında bu açık kapı politikalarının başarılı bir uygulama olduğu vurgulanmıştır (Tuncer ve Licoppe, 2018).

Açık kapı politikaları, çalışanların birbirleriyle ve üst yönetimle her türlü konu, öneri ya da sorun için erişilebilir bir durumda olduğunu gösteren bir yönetim yaklaşımıdır. Bu yönetim anlayışıyla sağlıklı iletişim kurulabilmekte, çalışanlarda güven duygusu gelişmekte ve sorunlar hızlı bir şekilde çözüme kavuşturulabilmektedir. Aynı zamanda bu politikanın temel hedefinde hiyerarşinin azaltılarak işyerindeki tüm süreçlere çalışanların katılımı amaçlanmaktadır. Açık kapı politikası uygulanan bir iş yerinde, çalışanların İSG faaliyetlerine büyük oranda katılım sağlayacakları düşünülmektedir.

TARTIŞMA VE SONUÇ

Çalışma ortamında çalışanların bir tam mesai süresi boyunca birçok tehlike ve risk ile karşı karşıya kaldığı kuşku götürmez bir gerçektir. Bu hususta tehlike ve risklerin bertaraf edilmesi noktasında çalışanların görüşlerinin alınması ve yapılacak İSG faaliyetlerine katılımlarının sağlanması önem kazanmaktadır. Her işyerinde mevcut tehlike ve riskler, çalışma koşulları, alt yapı ve kullanılan teknolojik uygulamalar, çalışanların eğitim düzeyleri farklılık göstermektedir. Bu nedenle İSG faaliyetlerine çalışanların katılımı sağlanmak istendiğinde bu dinamiklerin göz önünde bulundurulması sürecin daha etkin ve sağlıklı yürütülmesini sağlayacaktır.

Ülkemiz İSG yasal mevzuatında çalışanların İSG faaliyetlerine katılımı zorunlu bırakılmıştır. Dolayısıyla bu yasal yükümlülük yerine getirilirken hangi uygulamalar ile çalışan katılımının sağlanacağı önem kazanmıştır. Bu çalışma ile ulusal ve uluslararası literatür ve örnekler incelenerek kamu ve özel sektör ayırt etmeksizin tüm işyerlerine entegre edilebilecek uygulamalar ele alınmıştır. Sonuç olarak, İSG çalışmalarında çalışanların sürece etkin katılımlarının sağlanması için yapılabilecek çalışmalar sunulmuş ve işyerlerinin mevcut dinamikleri doğrultusunda bu uygulamaları kullanabilmeleri amaçlanmıştır.

KAYNAKLAR

Aydemir Ertük, G. ve Ersoy, S. ve Çelenk Kaya, E. (2025). Kişisel Koruyucu Donanımların Kullanımında Çalışan Yaklaşımı: Malatya İli Cam Sanayi Örneği. *Gümüşhane Üniversitesi Sağlık Bilimleri Dergisi*. 14(4): 1642 – 1651.

Çalışanların İş Sağlığı ve Güvenliği Eğitimlerinin Usul ve Esasları Hakkında Yönetmelik. Resmî Gazete. 2 Mayıs 2026; Sayı: 33212.

Eryiğit, N. (2024). Türkiye'de İş Sağlığı ve Güvenliğinde Yeni Teknolojilerin Kullanımı ve İş Organizasyonu. *Ünye İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 6(2), 76-88.

İncedere, L. (2023). *Hastanelerde "Ramak Kala" Olay Raporu (Sıfır Maliyetli Kaza Haber Verme Sistemi).* Sağlık Bilimleri Alanında Akademik Çalışmalar-II. İstanbul: Karadeniz Kitap.

İş Sağlığı ve Güvenliği ile İlgili Çalışan Temsilcisinin Nitelikleri ve Seçilme Usul ve Esaslarına İlişkin Tebliğ. Resmî Gazete. 29 Ağustos 2013; Sayı: 28750.

İş Sağlığı ve Güvenliği Kurulları Hakkında Yönetmelik. Resmî Gazete. 18 Ocak 2013; Sayı: 28532.

İş Sağlığı ve Güvenliği Risk Değerlendirmesi Yönetmeliği. Resmî Gazete. 29 Aralık 2012; Sayı: 28512.

Kahraman, Z., ve Özdemir, K. Y. (2022). Dijitalleşmenin İş Sağlığı ve Güvenliğine Entegrasyonu ve Uygulanabilirliği. *Ohs Academy İş Sağlığı ve Güvenliği Akademi Dergisi*, 5(3), 208-221.

Okorie, V. (2016). Suggestion Box as Tool for Improving Construction Site Health and Safety Performance in Nigeria. *PM World Journal Suggestion,* Vol. V, Issue IX.

Tepe, S. (2021). The Impact of Industry 4.0 on Occupational Health and Safety. *International Journal of Advances in Engineering and Pure Sciences*, 33(1), 122- 130.

Tetik, M. (2018). İş Güvenliğinde Yönetim Bilişim Sistemlerinin Kullanımı Üzerine Bir Araştırma. *Yüksek Lisans Tezi*, Dokuz Eylül Üniversitesi, İzmir.

Tuncer, S ve Licoppe, C. (2018). Open Door Environments As İnteractional Resources To İnitiateunscheduled Encounters İn Office Organizations. *Culture And Organızatıon*, 24 (1), 11-30. https://doi.org/10.1080/14759551.2017.1376326.

Yıldırım, S. ve Üstündağ, Z. (2022). İş Sağlığı ve Güvenliğine Yönelik Geliştirilen Akıllı Telefon Uygulamalarının İncelenmesi. *OHS ACADEMY.* 5 (2), 140-164. DOI: 10.38213/ohsacademy.1128560.

Zubair, M ve Siddiqui, D. A. (2022). How internal communication in the light of Open-Door Policy affect employees' performance: The Mediatory Role of positive emotional culture, OCB, and employees advocacy complemented by Ethical Leadership. Available at SSRN: https://ssrn.com/ABSTRACT=3942477 or http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.3942477.

6331 Sayılı İş Sağlığı ve Güvenliği Kanunu. Kanun No: 6331. Resmî Gazete. 30 Haziran 2012; Sayı: 28339.

URL-1. Ramak Kala Olay Bildirim Formu. https://www.ksu.edu.tr/depo/belgeler/%C4%B0O.FR.01%20RAMAK%20KALA%20OLAY%20B%C4%B0LD%C4%B0R%C4%B0M%20FORMU_2209050927302753.pdf.

URL-2. Kazaya Ramak Kala Formu. https://www.mersin.bel.tr/basvuru-merkezi/kazaya-ramak-kala-formu.

URL-3. Öneri Kutusu. https://www.mirajreklamcilik.com/dilek-oneri-kutulari.

URL-4. İş Sağlığı ve Güvenliği Birimi Memnuniyet Anketi. https://www.gtu.edu.tr/.

URL-5. İstenmeyen Olay Bildirim Formu. https://prokalite.com/bolumler/hcgbs.

THE EFFECTS OF SHİFT WORK ON WORK PERFORMANCE AND WORKPLACE ACCİDENTS

VARDİYALI ÇALIŞMANIN İŞ PERFORMANSI VE İŞ KAZALARI ÜZERİNDEKİ ETKİLERİ

Aslıhan TOYOĞLU

Mersin University, Mersin Vocational School, Department of Occupational Health and Safety, Mersin, Turkey

ORCID ID: 0000-0003-1304-454X

Elif ÇELENK KAYA

Ondokuz Mayıs University, Havza Vocational School, Department of Occupational Health and Safety, Samsun, Turkey

ORCID ID: 0000-0002-7811-7669

ABSTRACT

Through shift work, businesses and organizations produce goods and services continuously on a 24/7 basis. The uninterrupted continuation of production offers numerous advantages for businesses and organizations. However, these work methods have significant effects on the human circadian rhythm, leading to health issues, decreased work performance, and an increase in workplace accidents. In this study, the effects of shift work on work performance and workplace accidents were examined by reviewing national and international literature on the subject, as well as the hours of workplace accidents reported in the Social Security Institution's statistical yearbooks for 2024. The studies conducted highlight the negative effects of shift work on human health. In this context, issues such as sleep problems, digestive system issues, and difficulties adapting to social life are discussed. In this study, the effects of these health impacts on work performance and workplace accidents are evaluated from an occupational health and safety perspective. Work methods are included within environmental protection measures in the risk control hierarchy. Therefore, the regulation of work methods and practices in the workplace is a key focus of occupational health and safety efforts. It has been observed that shift work brings with it numerous adverse consequences from an occupational health and safety perspective. In this regard, the natural human circadian rhythm must be taken into account to establish healthy and safe working conditions. It is believed that this will lead to improved work performance and a reduction in workplace accidents.

Key Words: Shift Work; Work Performance; Workplace Accidents; Occupational Health and Safety.

ÖZET

Vardiyalı çalışma yöntemi ile işletme ve kuruluşlar 7-24 esasına dayalı olarak kesintisiz bir şekilde mal ve hizmet üretmektedir. Üretimin kesintisiz olarak devam etmesi işletme ve kuruluşlar açısından birçok avantaj sağlamaktadır. Ancak bu çalışma yöntemleri insanın doğal yaşam döngüsü üzerinde önemli etkilere neden olarak sağlık bozulmaları, iş performansında azalma ve iş kazalarında artışa neden olmaktadır. Bu çalışmada, vardiyalı çalışmanın çalışma

performansı ve iş kazaları üzerindeki etkileri kapsamında yapılmış olan ulusal ve uluslararası literatür ile Sosyal Güvenlik Kurumu'nun 2024 yılına ait yayınlamış olduğu istatistik yıllıklarında iş kazalarının saatleri incelenmiştir. Yapılan çalışmalar, vardiyalı çalışmanın insan sağlığı üzerindeki olumsuz etkilerine vurgu yapmaktadır. Bu noktada uyku problemleri, sindirim sistemi sorunları ve sosyal yaşama adaptasyon vb. sorunlarından söz edilmektedir. Bu çalışmada, yaşanan bu sağlık etkilenimlerinin iş performansı ve iş kazaları üzerindeki etkileri iş sağlığı ve güvenliği perspektifinden değerlendirilmektedir. Risk kontrol hiyerarşisinde ortamda koruma uygulamaları içerinde çalışma metotları yer almaktadır. Dolayısıyla işyerlerinde çalışma metot ve şekillerinin düzenlenmesi iş sağlığı ve güvenliği çalışmalarının konusudur. Vardiyalı çalışma yönteminin iş sağlığı ve güvenliği açısından birçok olumsuz sonucu beraberinde getirdiği görülmektedir. Bu hususta sağlıklı ve güvenli çalışma koşullarının oluşturulması için insanın doğal yaşam döngüsü göz önüne alınmalıdır. Bu sayede çalışma performansının artacağı ve iş kazalarının azaltılabileceği düşünülmektedir.

Anahtar Kelimeler: Vardiyalı Çalışma; İş Performansı; İş Kazaları; İş Sağlığı ve Güvenliği.

GİRİŞ

Vardiyalı çalışma, ülkemizde sıklıkla kullanılan bir çalışma yöntemidir. Bu çalışma yöntemi sayesinde ürün ve hizmet üretimi 7-24 esasına dayalı olarak devam ettiği için birçok işkolunda benimsenmektedir (Yıldız ve Gedikli ve Küçükbiçer, 2012). Bazı sektörler için ise tercihten ziyade bir gereklilik olarak karşımıza çıkmaktadır. Sağlık ve genel emniyetin sağlanması ile ilgili çalışma faaliyetlerde kesintisiz hizmetin devam etmesi sağlanmalıdır. Bunun yanı sıra müşteri memnuniyetinin sağlanması istenen işlerde de uygulanabilmektedir. Vardiyalı çalışma yöntemi; sürekli üretim yapılması ihtiyacı, kamu yararı ve kamu için sürekli hizmetin devam etmesi gerekliliği, karlılık ve verimlilik, üretim yapılırken fiziki imkanlardan daha çok yararlanma ve daha çok kazanma arzusu vb. nedenler ile benimsenmektedir (Öztürk ve Yavuz ve Kaya ve Yavuz Öztürk, 2023).

Vardiyalı çalışma yöntemi üretim ve hizmet açısından birçok avantaj sağlasa da çalışanlar açısından değerlendirildiğinde birçok olumsuz durumu da beraberinde getirmektedir. Bu durumlar vardiyalı çalışmanın, insan biyolojisi üzerindeki etkileri, psikolojik etkileri, iş performansı ve iş kazaları üzerindeki etkileri olmak üzere 3 başlık altında incelenebilmektedir.

VARDİYALI ÇALIŞMANIN İNSAN BİYOLOJİSİ ÜZERİNDEKİ ETKİLERİ

Vücudumuzdaki fizyolojik işlevler ortalama 24 saatte bir kendisini tekrarlayan bir biyolojik ritim şeklinde gerçekleşmekte ve bu da "sirkadiyen ritim" yani "biyolojik saat" olarak adlandırılmaktadır (Franzago ve Alessandrelli ve Notarangelo ve Stuppia ve Vitacolonna, 2023). İnsanlarda kan glukoz düzeyi, vücut ısısı, kan basıncı değişimleri, organların işleyişi, kortizol ve melatonin vb. hormonların salgı durumu gibi birçok fizyolojik durum 24 saatlik döngü içerişinde gerçekleşmektedir (Grosjean ve Simonneaux ve Challet, 2023). Vücudumuzdaki sirkadiyen ritim, merkezi ve periferik saat olarak tanımlanan iki kısımdan meydana gelmektedir. Merkezi sirkadiyen saat, uyku-uyanıklık ve aydınlık-karanlık döngüleri ile birlikte gerçekleşmektedir (Sever, 2024; Kiehn ve Faltraco ve Palm ve Thome ve Oster, 2023).

Vardiyalı çalışma yönteminde, sirkadiyen ritim (biyolojik saat) etkilenerek uyku-uyanıklık bozuklukları, geceye denk gelinen vardiya saati nedeniyle uykusuzluk ya da gündüz aşırı uyuma şeklinde kendini göstermekte ve bu durum da sağlık ve güvenlik risklerinin artmasına neden olmaktadır (Waage ve Moen ve Pallesen ve Eriksen ve Ursin ve Åkerstedt, 2009). Uyku kalitesi bozulması bilişsel performansın düşmesine, karar verme işlevlerinin azalmasına neden olmaktadır. Bu durum da işyerlerinde çalışanların hata yapmasına ve iş kazalarında artışa zemin

hazırlamaktadır (Konak, 2025; Pallesen ve Bjorvatn ve Waag ve Harris ve Sagoe, 2021). Yapılan çalışmalar iş kazası riskinin özellikle gece vardiyalarında daha yüksek olduğunu ve vardiya süresi uzadıkça da kazalarda belirgin düzeyde artış yaşandığı görülmektedir (Karadağ, 2007).

Diğer taraftan, vardiyalı çalışma yönteminden kaynaklı olarak kronik olarak gelişen sirkadiyen bozulması; başta metabolik bozukluklar (tip 2 diyabet, obozite vb.), kalp damar hastalıkları, sindirim sistemi bozuklukları ve hatta kanser riskiyle bağdaştırılmaktadır (Li ve He ve Wang ve Momeni, 2024; Richter ve Mendez ve Halabi ve Torres-Farfan ve Spichiger, 2022).

Uluslararası Kanser Araştırmaları Ajansı, gece vardiyasında çalışmanın muhtemel kanserojen etkisi nedeniyle bu çalışmaları (Grup 2A) olarak sınıflandırmaktadır. Özellikle, bu durum uçuş görevlileri ve hemşireler vb. gece vardiyasında çalışılan meslek gruplarında meme kanseri görülme sıklığının artış göstermesi ile desteklenmektedir (Acar, 2025).

VARDİYALI ÇALIŞMANIN PSİKOLOJİK ETKİLERİ

Vardiyalı çalışma yöntemi ile çalışan kişilerde birçok psikolojik sağlık bozulması da görülmektedir. Bu psikolojik sağlık bozulmaları arasında tükenmişlik, yorgunluk, depresyon, anksiyete, dikkat ve konsantrasyon problemleri, bellek sorunları gibi rahatsızlıklar bulunmaktadır (Radosz Knawa ve Kaminska ve Poltorak, 2021). Bu çalışanlarda sıklıkla görülen depresyon ve duygu durum bozulmalarının önemli nedenleri arasında sikardiyen ritim ve çalışma saatlerinin uyumlu olmaması yer almaktadır. Vardiyalı çalışma yöntemi ile çalışan kişilerde kronik yorgunluk ve uykusuzluk durumları nedeniyle yaşam kalitesinde önemli düşüşler meydana gelmektedir. Yapılan birçok çalışma, vardiyalı çalışma yöntemlerinin insanın biyolojik yapısı ile uyumlu olmadığını destekleyici sonuçlar vermektedir. Hemşirelerin tükenmişlik durumları ile ilgili yapılan bir çalışmada, vardiyalı çalışma yöntemiyle çalışan hemşirelerin duygusal tükenmişlik durumları, vardiyasız çalışan hemşirelere göre daha yüksek bir oranda bulunmuştur (Cebeci, 2025).

Bir çalışmada gece çalışması ve iş stresinin çalışanlar üzerindeki etkileri değerlendirilmiştir. Burada gece çalışması yapan erkek çalışanların %53 oranında stres düzeylerinin yüksek olduğu saptanmıştır. Bu çalışanlarda, stres artışıyla birlikte enerji ve doymuş yağ alımının artması ile C vitamini alımının azalması durumları gözlenmiştir (Hemiö ve Lindström ve Peltonen ve Härmä ve Viitasalo ve Puttonen, 2020). Diğer bir çalışmada, vardiyalı çalışma yöntemi ile çalışan kişilerde belirgin psikolojik sağlık bozulmalarının olduğunu göstermektedir. Özellikle yüksek stres düzeyi, depresyon, anksiyete, düşük öz-yeterlilik algısı, tükenmişlik sendromu vb. durumların vardiyalı çalışanlarda daha yüksek gözlendiği saptanmıştır. Ayrıca bu kişilerde uyku kalitelerinin önemli oranda bozulduğu ve çalışma yaşamlarında genel memnuniyet düzeylerinin azaldığı görülmektedir (Palabıyık ve İşözen, 2021; Akkaynak Kara, 2025).

Diğer taraftan, birçok kişinin mesai saatlerinin 08.00-17.00 arasında olması nedeniyle sosyal olarak bir program yapılacağı takdirde vardiyalı çalışma yöntemi ile çalışan kişilerin bu programlara katılamayacağı ve bu durum da iş-sosyal yaşam dengesi üzerinde önemli etkilere neden olabileceği düşünülmektedir.

VARDİYALI ÇALIŞMANIN İŞ PERFORMANSI VE İŞ KAZALARI ÜZERİNDEKİ ETKİLERİ

Vardiyalı çalışma yöntemi, üretim ve hizmet faaliyetlerinin kesintisiz olarak sürdürülebilmesi amacıyla iş gücünün günün farklı zaman dilimlerine dağıtılması esasına dayanmaktadır. Özellikle sağlık, enerji, madencilik ve imalat sektörlerinde yaygın olarak uygulandığı gözlenmektedir. Ancak bu çalışma yöntemi, kişilerin biyolojik ritimleriyle uyumsuzluk

oluşturarak hem iş performansı hem de iş kazaları açısından önemli riskler barındırmaktadır (Costa, 2010).

Vardiyalı çalışma yöntemi ile çalışan kişilerde yetersiz uyku ve zihinsel işlev eksikliği gibi rahatsızlıklar görülmekte ve bu durum da kişilerin karar verme, dikkat, akıl yürütme ve hafıza problemleri, dil ve iletişim, öğrenme güçlüklerine neden olabilmektedir (Zhao ve Han ve Gao ve Li ve Wang ve Yu vd. 2021). Tüm bu rahatsızlıklar bütüncül olarak değerlendirildiğinde çalışanın iş performansı üzerine önemli etkileri olduğu görülmektedir.

Vardiyalı çalışma yöntemi ile çalışılan işlerde çalışanların iş performanslarının arttırılması amacıyla vardiyalı çalışmanın olumlu yönlerinin arttırılması, iş-yaşam dengesinin sağlanması ve olumsuz taraflarının bertaraf edilmesi gerekliliği ortaya çıkmaktadır. Vardiyalı çalışma yönteminde üst yönetimin çalışan personele ılımlı yaklaşması sürecin doğru yönetimi açısından bir gerekliliktir. Bu çalışma yönteminin olumsuz tarafları olabileceği ve olumsuz bir tutumla karşı karşıya kalındığında çözüm yolunun hızlı ve etkili bir şekilde alınabilmesi ihtiyacı ortaya çıkmaktadır (Ulukan ve Kılıç Aksoy ve Çiçek, 2023).

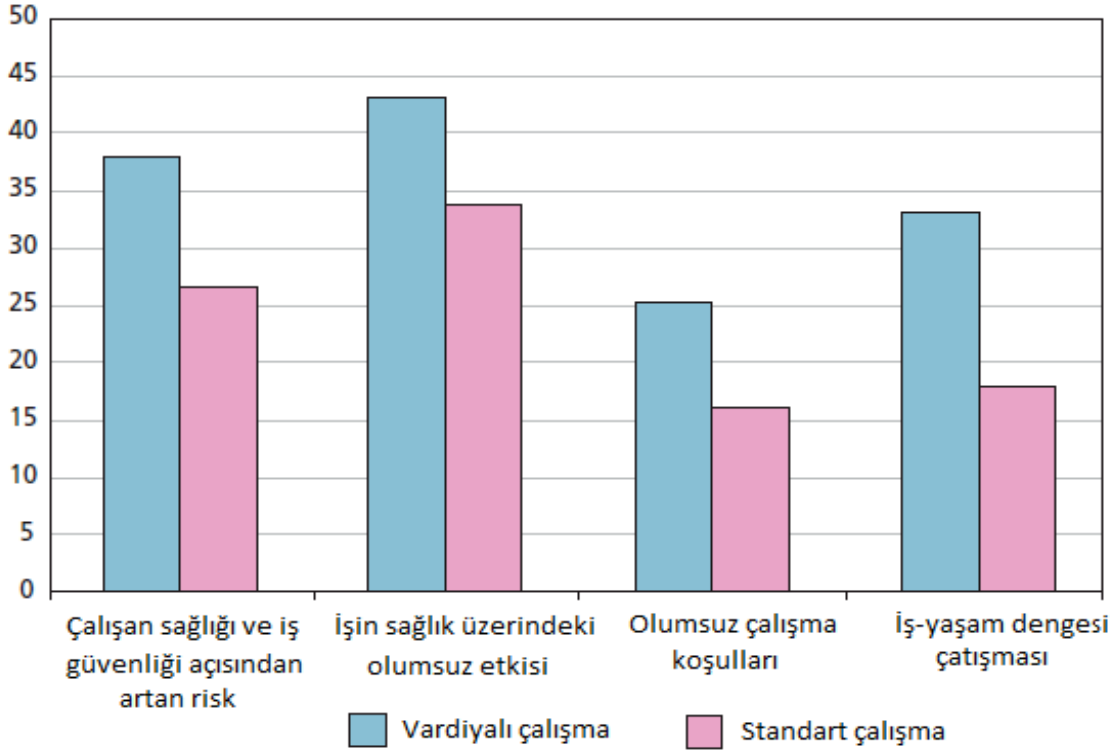
Vardiyalı çalışma yönteminin iş performansı üzerinde çok boyutlu etkilere neden olduğu görülmektedir. Özellikle düzensiz vardiyalar ve gece vardiyaları değişiklikleri çalışanların bilişsel, fiziksel ve psikolojik performans düzeyleri üzerinde olumsuz sonuçlara neden olmaktadır. Bunlardan ilki verimlilik ve üretkenlik düzeyinde düşüşe neden olmasıdır. Çünkü insanın sirkadiyen ritmi gündüz saatlerinde daha yüksek performans göstermekte ancak gece saatlerinde fizyolojik yapısı gereği dinlenmeye yöneliktir. Bu nedenle de gece vardiyasında çalışan kişilerde enerji düşmekte ve iş yapma kapasitelerinde azalmalar yaşanmaktadır.

Birçok araştırmada, vardiyalı çalışma yönteminde kişilerin hata yapma oranlarının arttığı ortaya konulmuştur. Yorgunluk ve uyku eksikliği, dikkat ve konsantrasyonun azalmasına neden olmakta; bu durum da kişilerin hata yapma ihtimallerini artırmaktadır (Williamson ve Lombardi ve Folkard ve Stutts ve Courtney ve Connor, 2011). Gece vardiyalarında çalışan kişilerde uyku ataklarının görülmesi, özellikle dikkat gerektiren işlerde ciddi hatalara ve kayıplara yol açabilmektedir. Bu hatalar yalnızca üretim kalitesinde düşüşe neden olmakla kalmayıp iş kazalarına da zemin oluşturmaktadır.

Vardiyalı çalışma yönteminin, bilişsel süreçleri etkileyerek karar verme süreçlerinde bozulmalara neden olduğu da kuşku götürmez bir gerçektir. Uyku eksikliği ve sirkadiyen ritmin bozulması; kişilerin risk değerlendirme, problem çözme ve hızlı karar alma yetilerini zayıflattığı bilinmektedir. Gece saatlerinde çalışan kişilerin daha yavaş ve hataya açık kararlar verdiği, karmaşık durumları da analiz etmede zorlandıkları belirtilmektedir. Ayrıca yorgunluk faktörü de risk algısının azalmasına ve çalışanların daha tehlikeli kararlar almasına neden olabilmektedir ((Williamson ve Lombardi ve Folkard ve Stutts ve Courtney ve Connor, 2011).

Vardiyalı çalışma yönteminin iş performansı üzerinde önemli etkileri olduğu görülmektedir. İş performansında yaşanan bu düşüş ile iş kazaları arasında anlamlı bir ilişki bulunmaktadır. İş kazalarının nedenleri incelendiğinde; dikkat eksiklikleri, artan hata oranları ve zayıflayan karar verme süreçleri en temel unsurlar olarak karşımızda durmaktadır. Ayrıca vardiyalı çalışma yönteminde ortaya çıkan yorgunluk ve bilişsel işlev kaybı, çalışanların tehlikeleri fark etmeleri ve bu tehlikelere zamanında müdahale etme yeteneklerini önemli oranda etkilemektedir (Folkard ve Lombardi, 2006). Yapılan çalışmalar, gece vardiyalarında kazaların daha sık yaşandığını ve daha ciddi sonuçlara neden olduğunu göstermektedir. Bu durum da vardiyalı çalışmanın yalnızca iş performansı üzerinde değil aynı zamanda iş sağlığı ve güvenliği açısından da kritik bir risk faktörü olduğunu belirgin şekilde ortaya koymaktadır (Dembe ve Erickson ve Delbos ve Banks, 2005).

Dördüncü Avrupa Çalışma Koşulları Araştırması, vardiyalı çalışma yönteminin standart çalışma yöntemine göre etkilerini kontrol grubu ile karşılaştırarak ele almıştır. Söz konusu etkiler aşağıdaki görselde yer almaktadır (Yıldız ve Gedikli ve Küçükbiçer, 2012; Fourth European Working Conditions Survey, European Foundation for the Improvement of Living and Working Conditions). Bu etkiler incelendiğinde; vardiyalı çalışma yönteminin standart çalışma yöntemine göre çalışan sağlığı ve iş güvenliği açısından artan risklerinin önemli oranda daha fazla olduğu görülmektedir. Diğer taraftan, vardiyalı çalışma yöntemi standart çalışma yöntemine göre sağlık üzerinde olumsuz etkilere, olumsuz çalışma koşullarına, iş-yaşam dengesinin çatışmasına kayda değer ölçüde daha fazla neden olmaktadır.



İş kazası ve yaralanma gibi olaylara ilişkin birtakım çalışmaların sonuçları her biri 8 saatlik dönemi kapsayan gündüz, öğle ve gece vardiyalarında kaza ve yaralanma riskinin gündüz vardiyasına oranla öğle vardiyasında %18 oranında, gece vardiyasında ise %30 oranını ile en yüksek olduğunu açıkça göstermektedir. Vardiyalar birbirini tekrarladığında ise risk, ikinci gece vardiyasında %6 oranında üçüncü gece vardiyasında %17 oranında ve dördüncü gece vardiyasında ise %36 oranında artış göstermektedir (Costa, 2010).

Bir çalışmada, 2009-2019 yılları arasında Sosyal Güvenlik Kurumu tarafından yayımlanan yıllık istatistiklerin iş kazası verilerinden yararlanılarak iş kazalarının saatleri ve cinsiyete göre istatistiki olarak değerlendirilmesi ve yorumlanması yapılmıştır. Çalışmada, iş kazalarının en çok öğlen yemeği öncesi ve sonrası ile vardiya değişiminden hemen önce veya hemen sonraki saatlerde meydana geldiği sonucuna ulaşılmıştır (Çavdar ve Manyaslı ve Akkaya ve Akkaya ve Tüfekçi, 2022).

Sosyal Güvenlik Kurumu'nun en güncel olarak yayınlamış olduğu 2024 yılına ait istatistiki verilerde iş kazalarının saatleri incelendiğinde; kadın ve erkek çalışanlarda toplam kaza sayısının en çok saat 11.00 ile 11.59 arasında yaşandığı görülmekte olup 11.59'dan sonra kaza sayısında önemli düşüş olmakla beraber vardiya değişim saatlerinde tekrar önemli oranda artmaların yaşandığı gözlenmektedir (Sosyal Güvenlik Kurumu 2024 yılı İstatistik Yıllıkları).

TARTIŞMA VE SONUÇ

Vardiyalı çalışma yöntemi ek gelir imkânı, hafta için izin ve esneklik, trafik ve ulaşım rahatlığı, sakin çalışma ortamı, uzun dinlenme süreleri, kesintisiz üretim, ekipman verimliliği gibi birçok avantaj sağlasa da çalışanlar açısından değerlendirildiğinde de birçok olumsuz sonucu beraberinde getirmektedir. Bu olumsuz sonuçlar vardiyalı çalışma yönteminin insan biyolojisi üzerindeki etkileri, psikolojik etkileri, iş performansı ve iş kazaları üzerindeki etkileri olmak üzere 3 başlık altında incelenmiştir. Çalışma ortamında sağlıklı ve güvenli koşulların sağlanması açısından çalışanların hayati öneme sahip olduğu kuşku götürmez bir gerçektir. Özellikle sağlık ve emniyet gibi vardiya yöntemiyle çalışılması zorunlu olan iş kollarında çalışanların bu olumsuz durumların etkilerinden korunmaları açısından işverenin her türlü önlemi alması gerekmektedir.

Vardiyalı çalışma yöntemleri tamamen ortadan kaldırılamasa da olumsuz etkilerinin bilimsel ve organizasyonel önlemlerle önemli ölçüde azaltılabileceği düşülmektedir. Vardiyalı çalışma yönteminin sirkadiyen ritme uygun şekilde planlanması, olumsuz etkilerin azaltılmasında en kritik etmenlerden biri olarak karşımıza çıkmaktadır. Bunun yanı sıra çalışanların uyku kalitesinin artırılması da vardiyalı çalışmanın etkilerini azaltma noktasında önemli bir role sahiptir. Diğer taraftan, işyerinde düzenli olarak ara dinlenme yapılmasının çalışma performansı üzerinde iyileşme sağlayacağı düşünülmektedir. Fiziksel çalışma koşullarının da çalışanların uyanıklık düzeyine uygun şekilde planlanması kaza risklerini azaltma noktasında önemli bir role sahiptir. Ayrıca, çalışana görev verirken yüksek dikkat gerektiren saatlere göre planlama yapılması, fazla mesainin sınırlandırılması ve çalışan geri bildirimlerine göre vardiya düzeninin sağlanması da etkili önlemler arasındadır.

Vardiyalı çalışma yöntemi ile çalışan kişilerin sağlıklı yaşam alışkanlıkları kazanmaları, vardiyalı çalışmanın etkilerini azaltmada önemli bir etkendir. Son olarak çalışanların, vardiyalı çalışma yönteminin etkileri konusunda bilinçlendirilmesi için eğitim ve farkındalık arttırma çalışmalarına ihtiyaç bulunmaktadır.

KAYNAKLAR

Acar, M.N. (2025). Vardiyalı Çalışan Güvenlik Personellerinde Sirkadiyen Ritim, Bağırsak Sağlığı ve Yeme Davranış İlişkisinin İncelenmesi. *Yüksek Lisans Tezi,* Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi, Tekirdağ.

Akkaynak Kara, E. G. (2025). Vardiyalı Çalışma Sisteminin Kömür Madeni İşçilerinin Beslenme Durumu, Stres Algısı ve Uyku Kalitesine Etkisi. Yüksek Lisans Tezi, Ege Üniversitesi, İzmir.

Cebeci, A. (2025). Vardiyalı Çalışan Evli Hemşirelerin Çalışma Koşullarının Evlilik Doyumu ve Boşanma Üzerindeki Etkisinin İncelenmesi. *Yüksek Lisans Tezi,* İstanbul Aydın Üniversitesi, Aydın.

Costa, G. (2010). Shift Work And Health: Current Problems And Preventive Actions. *Safety and Health at Work*, 1 (2), 112–123.

Çavdar, U. ve Manyaslı, M. ve Akkaya, E. ve Akkaya, D. Ve Tüfekçi, Z. (2022) Yaşanan İş Kazalarının Kaza Saatlerine ve Cinsiyete Göre İstatistiki Olarak Değerlendirilmesi ve Yorumlanması. *Uluslararası Mühendislik Araştırma ve Geliştirme Dergisi. 14 (1), 360-368.*

Dembe, A. E. ve Erickson, J. B. ve Delbos, R. G., ve Banks, S. M. (2005). The İmpact Of Overtime And Long Work Hours On Occupational İnjuries And İllnesses. *Occupational and Environmental Medicine*, 62 (9), 588–597.

Folkard, S., ve Lombardi, D. A. (2006). Modeling The İmpact Of The Components Of Long Work Hours On İnjuries And Accidents. *American Journal of Industrial Medicine*, 49 (11), 953–963.

Fourth European Working Conditions Survey, European Foundation for the Improvement of Living and Working Conditions, https://assets.eurofound.europa.eu/f/279033/6440abafd7/ef0698en.pdf.

Franzago, M. ve Alessandrelli, E. Ve Notarangelo, S. ve Stuppia, L. ve Vitacolonna, E. (2023). Chrono-Nutrition: Circadian Rhythm And Personalized Nutrition. *International Journal Of Molecular Sciences*, *24*(3), 2571. https://doi.org/10.3390/ijms24032571.

Grosjean, E. ve Simonneaux, V. ve Challet, E. (2023). Reciprocal Interactions Between Circadian Clocks, Food Intake, And Energy Metabolism. *Biology*, 12 (4), 539. https://doi.org/10.3390/biology12040539.

Hemiö, K. Ve Lindström, J. Ve Peltonen, M. ve Härmä, M. ve Viitasalo, K.ve Puttonen, S. (2020). The Association Of Work Stress And Night Work With Nutrient İntake - A Prospective Cohort Study. *Scand J Work Environ Health*, *46* (5), 533-541. https://doi.org/10.5271/sjweh.3899.

Karadağ M. (2007). Uyku bozuklukları sınıflaması (ICSD-2). *Türkiye Klinikleri Akciğer Arşivi.* 8 (3), 88–91.

Kiehn, J. T. ve Faltraco, F. ve Palm, D. Ve Thome, J. ve Oster, H. (2023). Circadian Clocks İn The Regulation Of Neurotransmitter Systems. *Pharmacopsychiatry*, 56 (3), 108–117. https://doi.org/10.1055/a-1027-7055.

Konak, O. K. (2025). Tekstil Fabrikası Çalışanlarında Vardiyalı Çalışma Uyku Bozukluğu Sıklığının ve İş Kazaları ile İlişkisinin Değerlendirilmesi. *Uzmanlık Tezi.* Ege Üniversitesi Tıp Fakültesi. İzmir.

Li, X. ve He, Y. ve Wang, D.ve Momeni, M. R. (2024). Chronobiological Disruptions: Unravelling The İnterplay Of Shift Work, Circadian Rhythms, And Vascular Health İn The Context Of Stroke Risk. *Clinical and Experimental Medicine*, *25* (1), 6. https://doi.org/10.1007/s10238-024- 01514-w.

Öztürk, U ve Yavuz, A ve Kaya, M ve Yavuz Öztürk. (2023). Vardiyalı Çalışmanın İşle Bütünleşme Algısı Ve İş-Yaşam Dengesi Üzerine Etkisi. *Akademik İzdüşüm Dergisi (AİD).* 8 (2), 407-431. ISSN: 2547-9725.

Palabıyık, N. ve İşözen, H. (2021). İş Yaşam Dengesi ve İş Doyumu Hastane Çalışanları Örneği. *Sosyal, Beşeri ve İdari Bilimler Dergisi*, *4*(4), 309-325. https://www.sobibder.org/index.php/sobibder/article/view/154.

Pallesen S. ve Bjorvatn B ve Waage S. ve Harris A. ve Sagoe D. (2021). Prevalence Of Shift Work Disorder: A Systematic Review And Meta-Analysis. *Front Psychol.* 12:638252. doi:10.3389/fpsyg.2021.638252.

Radosz Knawa, Z.ve Kamińska, A. ve Półtorak, A. (2021). "Shift Work and The Psychosocial Health Of Nurses". *Problemy Pielęgniarstwa***,** 29 (3–4), 124–130.

Richter, H. G. ve Mendez, N. ve Halabi, D. ve Torres-Farfan, C. ve Spichiger, C. (2022). New İntegrative Approaches To Discovery Of Pathophysiological Mechanisms Triggered By Night Shift Work. *Chronobiology International*, *39*(2), 269-284. https://doi.org/10.1080/07420528.2021.1994984.

Sever, R. (2024). Vardiyalı Çalışma Durumuna Göre Sirkadiyen Ritim, Hedonik Açlık Ve Fiziksel Aktivite Arasındaki İlişkisinin İncelenmesi. Yüksek Lisans Tezi. Ankara Yıldırım Beyazıt Üniversitesi. Ankara.

Sosyal Güvenlik Kurumu. (2024). İstatistik Yıllıkları. https://www.sgk.gov.tr/Istatistik/Yillik/fcd5e59b-6af9-4d90-a451-ee7500eb1cb4/.

Ulukan, Y. ve Kılıç Aksoy, Ş. ve Çiçek, H. (2023). Vardiyalı Çalışmanın İşe Bağlılık ve İş Performansına Etkisi. *İstanbul Ticaret Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 22 (46), 187-206. doi: 10.46928/iticusbe.1092844.

Yıldız, A. N ve Gedikli, F. G ve Küçükbiçer, B. (2012). Vardiyalı Çalışmalarda İş Sağlığı ve Güvenliği Konuları. TÜRK-İŞ Türkiye İşçi Sendikaları Konfederasyonu. Ankara. ISBN: 978-605-86486-1-6.

Zhao, X. C. ve Han, K. Y. ve Gao, Y. Y.ve Li, N. ve Wang, L.ve Yu, L. L vd. (2021). Effects Of Shift Work On Sleep And Cognitive Function Among Male Miners. *Psychiatry Research,* 297. doi: 10.1016/j.psychres.2021.113716.

Waage S. ve Moen BE. ve Pallesen S. ve Eriksen HR. ve Ursin H. ve Åkerstedt T. Vd. (2009). Shift Work Disorder Among Oil Rig Workers İn The North Sea. *Sleep.* 32 (4), 558–565. doi:10.1093/sleep/32.4.558.

Williamson, A. ve Lombardi, D. A. ve Folkard, S.ve Stutts, J. ve Courtney, T. K. Ve Connor, J. L. (2011). The Link Between Fatigue And Safety. *Accident Analysis & Prevention*, 43 (2), 498–515.

THE EFFECT OF EMOTIONS ON COLLECTIVE ACTION PARTICIPATION: AN EXAMPLE OF PETITIONING BEHAVIOR

Doç. Dr. Zafer ÖZKAN

Ordu University, Faculty of Science and Letters, Department of Psychology, Ordu, Turkey

ORCID ID: https://orcid.org/0000-0001-7831-2491

Büşra ESEN

Ordu University, Institute of Social Sciences, Department of Guidance and Psychological Counseling, Ordu, Turkey

ORCID ID: https://orcid.org/0009-0009-4829-163X

ABSTRACT

Introduction and Objective: The Kahramanmaraş-centered earthquakes in 2023 caused catastrophic loss of life and property across the region. In the aftermath of the disaster, various protest actions and petition campaigns were organized, demanding accountability for those responsible for these losses. This study aims to examine the relationships between the emotions of anger, sadness, helplessness, and indifference and the intention to participate in these online petitions. While the role of anger in determining collective action is well-documented in the literature, the roles of other emotions in this process have not yet been sufficiently elucidated.

Materials and Methods: One month after the earthquake, 980 participants were included in the study. The emotional responses of the participants regarding the losses occurring post-disaster and their intentions to participate in real online petitions created within the context of the earthquake were evaluated.

Findings: It was found that the participants' intention to participate in petition campaigns was remarkably high. Analyses indicated that the levels of anger and helplessness among participants who exhibited signing behavior were statistically significantly higher than those of non-signatories. Correlation analyses revealed that anger was the most consistent variable positively associated with all three petition campaigns. The relationship between emotions of sadness and indifference and the intention to take action varied according to the content of the campaign and remained limited compared to anger.

Discussion and Conclusion: Consistent with the collective action literature, the findings confirm the central role of anger in rights-seeking processes within the context of post-disaster signing behavior. The positive correlation between emotions such as anger and helplessness and action suggests that individuals utilize low-cost collective actions as a strategy to cope with these emotions. Although sadness and indifference yielded statistically significant results in certain petitions, the analyses demonstrate that they are not the primary or most potent motivators triggering collective action. The results indicate that emotional responses in the wake of a disaster are decisive not only individually but also in rights-oriented collective mobilization.

Özet

Giriş ve Amaç: 2023 yılında gerçekleşen Kahramanmaraş merkezli depremler sonrasında bölgede büyük can ve mal kayıpları yaşanmıştır. Afet sonrası süreçte, yaşanan kayıplarda sorumluluğu bulunan grupların cezalandırılması talebiyle çeşitli protesto eylemleri ve imza kampanyaları düzenlenmiştir. Bu çalışmanın amacı, gerçekleşen can ve mal kayıpları sonrasında hissedilen öfke, üzüntü, çaresizlik ve umursamazlık duygularının bu imza kampanyalarına katılma niyetiyle olan ilişkilerini incelemektir. Literatürde öfkenin kolektif eylemleri belirlemedeki rolü bilinse de, diğer duyguların bu süreçteki rolü henüz yeterince aydınlatılmamıştır.

Araç ve Yöntem: Çalışmaya, depremden bir ay sonra 980 katılımcı dahil edilmiştir. Katılımcıların deprem sonrası meydana gelen kayıplara yönelik duygusal tepkileri ve deprem bağlamında oluşturulan gerçek çevrimiçi imza kampanyalarına yönelik katılım niyetleri değerlendirilmiştir.

Bulgular: Katılımcıların imza kampanyalarına katılım niyetinin oldukça yüksek olduğu saptanmıştır. Yapılan analizler; imza verme davranışı sergileyen katılımcıların öfke ve çaresizlik düzeylerinin, imza vermeyen katılımcılara oranla istatistiksel olarak anlamlı derecede daha yüksek olduğunu göstermiştir. Korelasyon analizleri, öfke duygusunun her üç imza kampanyasıyla da en istikrarlı ve pozitif ilişkili değişken olduğunu ortaya koymuştur. Üzüntü ve umursamazlık duygularının eylem niyetiyle olan ilişkisi, kampanya içeriğine göre değişkenlik göstermiş ve öfkeye kıyasla daha sınırlı bir düzeyde kalmıştır.

Tartışma ve Sonuç: Çalışma bulguları, kolektif eylemler literatürüyle uyumlu olarak, öfkenin hak arama süreçlerindeki merkezi rolünü afet sonrası imza verme davranışı bağlamında da teyit etmektedir. Öfke ve çaresizlik gibi duyguların da eylemle pozitif ilişkili olması, bireylerin bu duygularla başa çıkmak için düşük maliyetli kolektif eylemleri bir strateji olarak kullandıklarına işaret etmektedir. Analizler, üzüntü ve umursamazlığın belirli imza kampanyalarında istatistiksel olarak anlamlı sonuçlar verse de, kolektif eylemi tetikleyen birincil ve en güçlü motivasyon kaynağı olmadığını ortaya koymaktadır. Sonuçlar, afet sonrası toplumsal mobilizasyonda duygusal tepkilerin sadece bireysel değil, hak arama odaklı kolektif eylemlerde de belirleyici olduğunu ortaya koymaktadır.

1.Giriş

Doğal afetler, iklim krizi, savaşlar, politik gerilimler ve sosyal eşitsizlikler gibi makro düzeydeki sorunlar, bireylerin tek başlarına değil, kolektif düzeyde değişim yaratmak amacıyla harekete geçmelerini sağlamaktadır (Uysal ve ark., 2024). Kolektif eylem; bireylerin kendilerini ait hissettikleri bir sosyal grubun çıkarlarını korumak ya da geliştirmek amacıyla gerçekleştirdikleri, tek başına veya birlikte yürütülen her türlü davranış ve faaliyeti ifade eder (Wright ve ark., 1990). Bu eylemler, dezavantajlı grupların durumunu iyileştirmeye yönelik olup; dilekçe verme ve imza kampanyalarına katılmadan protesto yürüyüşlerine kadar farklı biçimlerde tezahür edebilmektedir (Özkan ve ark., 2022; van Zomeren ve ark., 2008). Kolektif eylemler bireylerin kendi gruplarının hakları için olabildiği gibi, dış gruplarla dayanışma temelli de gerçekleşebilir (Saab ve ark., 2015; Özkan ve ark., 2024). Dünyadaki adaletsizliklere ve eşitsizliklere karşı duyulan öfke, bireyleri bu durumun kaynağı olan yapılara karşı bir araya getirerek destekleyici ve dayanışma temelli eylemlere yöneltmektedir (Akgün, 2024). Örneğin, beyazların siyahi haklarını korumak amacıyla yürüyüşlere katılması (Meleady & Vermue, 2019) veya dünyanın pek çok yerinden Filistin'e destek amaçlı protestoların düzenlenmesi bu dayanışma eylemlerinin tipik örnekleridir (Schreiber ve ark., 2025).

Bireylerin kolektif eyleme katılım motivasyonlarını açıklayan temel kuramsal çerçevelerden biri, van Zomeren ve ark. (2008) tarafından öne sürülen Kolektif Eylemin Sosyal Kimlik Modeli'dir (SIMCA). Bu modele göre; bağlı olunan grupla özdeşim, algılanan adaletsizliklere bağlı duyulan öfke ve grup etkililiği (etkililik inancı) kolektif eyleme katılımın temel belirleyicileridir. Çevresel krizler bağlamında geliştirilen SIMPEA (Social Identity Model of Pro-Environmental Action) modeli ise, kriz anlarında sosyal kimlik süreçlerinin devreye girdiğini; grup özdeşimi, kolektif yeterlilik inancı ve grup normlarının kolektif tepkileri şekillendirdiğini savunur (Fritsche ve ark., 2018). Bu modellerde duygular, bireylerin kriz durumlarında destek verip vermeyeceklerini belirleyen kritik bir rol oynamaktadır (Thomas ve ark., 2012; 2016). Benzer şekilde EMSICA (Encapsulated Model of Social Identity in Collective Action) modeli de bireylerin adaletsiz durumlar karşısında yaşadıkları öfke ve kızgınlık duygularının, grup yeterliliği inancıyla birleşerek olumsuz durumu değiştirebileceklerine dair bir motivasyon yarattığını vurgulamaktadır (Thomas ve ark., 2009; 2012).

Literatürdeki kolektif eylem modellerinin ortak noktası; sosyal kimlik, grup etkililiği ve duyguların (özellikle adaletsizliğe karşı duyulan öfke) kolektif eylemi anlamlandırmadaki merkezi önemidir (Smith ve ark., 2012; van Zomeren ve ark., 2008). Toplumsal hareketlerin ve kolektif eylemlerin merkezi bir bileşeni olan duygular), kolektif olarak ortaya çıkarak bireylerin davranışları üzerinde belirleyici olmaktadır (Agostini & van Zomeren, 2021). Yapılan çalışmalar; umut duygusunun iklim krizini çözmeye yönelik eylemlerde (Geiger ve ark., 2023), gurur ve öfkenin çevresel kolektif eylem niyetinde (Sarı ve ark., 2024), adaletsizliğe karşı duyulan öfkenin ise genel kolektif eyleme katılımda (van Zomeren ve ark., 2008) teşvik edici olduğunu göstermektedir. Öfkenin yanı sıra korku, kaygı ve umutsuzluk gibi duyguların da bu süreçlerde etkili olduğu bilinmektedir (Shepherd ve ark., 2018).

Kolektif eylemin önemli bir türü de doğal afetler sonrasında ortaya çıkan ihmallere yönelik protestolardır. 2023 yılında Türkiye'nin güneydoğusunda meydana gelen yıkıcı depremler, 53 binden fazla kişinin hayatını kaybetmesine sebep olmuştur ve 'asrın felaketi' olarak adlandırılmıştır (Anadolu Ajansı, 2026). 7.8 ve 7.5 büyüklüğündeki bu depremler, yolsuzluk ve ihmal iddialarıyla birleşerek toplumsal bir huzursuzluğu tetiklemiştir (Akcan ve ark., 2023). Deprem sonrasında; müteahhitler ve yapı denetim kuruluşları gibi ihmali olduğu iddia edilen grupların cezalandırılması talebiyle ülke genelinde protestolar gerçekleştirilmiş ve dijitalleşmenin etkisiyle bu eylemler çevrimiçi olarak da kendini göstermiştir (Deutsche Welle, 2024; Erdoğan & Kaya, 2023; Özkan, 2024).

Bu çalışma, 2023 Türkiye depremlerinin ardından gerçekleşen can ve mal kayıplarının oluşturduğu dört duygunun öfke, üzüntü, çaresizlik ve umursamazlık, sorumluların cezalandırılmasını ve depremzedelerle dayanışmayı talep eden kolektif eylem niyetlere katılma niyetlerini çevrim içi imza kampanyalarına katılma üzerinden araştırmayı amaçlamıştır. Literatürde öfke ve korku gibi duyguların kolektif eylem üzerindeki etkisi sıklıkla çalışılmış olsa da (van Zomeren ve ark., 2008); çaresizlik, üzüntü ve umursamazlık duygularının bu süreçteki rolü yeterince incelenmemiştir. Çalışma, felaketten bir ay sonra toplanan geniş bir örneklem üzerinden, zamansal yakınlığın yarattığı güçlü duygusal tepkilerin eylem niyetleri üzerindeki etkisini anlamayı amaçlamaktadır. Bu doğrultuda araştırmanın hipotezleri şöyledir:

H1: Öfke ve üzüntü duyguları, kolektif eylem niyetleri ile pozitif yönlü ilişkilidir.

H2: Çaresizlik ve umursamazlık duyguları, kolektif eylem niyetleri ile negatif yönlü ilişkilidir.

2.Yöntem

2.1.Örneklem

Araştırma verileri, 2023 Kahramanmaraş merkezli meydana gelen depremlerden yaklaşık bir ay sonra, Mart ve Nisan 2023 tarihlerinde üniversite öğrencilerinden toplanmıştır. Başlangıç aşamasında, ders kredisi karşılığında çevrimiçi anket yoluyla 1098 yetişkin katılımcı çalışmaya dahil olmuştur. Ancak veri temizleme sürecinde; dikkat kontrol sorularını hatalı yanıtlayan 99 kişi ve bağımlı değişkenlere ilişkin verileri eksik olan 19 kişi analiz dışı bırakılmıştır. Nihai analizler, yaş ortalaması 22,43 (*SD* = 4,07; 724 kadın, 254 erkek ve 2 bilinmeyen) dahil edildi.[1]

2.2.Ölçekler

Kullanılan bütün ölçekler ilgili kolektif eylemler literatürü çerçevesinde araştırmacı tarafından oluşturulmuştur.

Duygusal tepkiler. Katılımcıların deprem sonrası meydana gelen can ve mal kayıplarına yönelik duygusal tepkilerini ölçmek amacıyla; öfke, çaresizlik, umutsuzluk ve umursamazlık duygularını ne derece hissettikleri 7'li Likert tipi bir ölçek (1 = Hiç, 7 = Son derece fazla) üzerinde sorgulanmıştır.

Öfke. Katılımcıların kendilerini ne derece "sinirli" ve "öfkeli" hissettikleri iki madde ile ölçülmüştür. İki madde arasındaki korelasyon katsayısı oldukça yüksek ve anlamlı bulunmuştur (r =.88, p <.001).

Çaresizlik. Katılımcıların hissettikleri çaresizlik ve umutsuzluk düzeylerini belirten iki soruyla ölçülmüştür: hissettikleri çaresizlik ve umutsuzluk duygularının ortalaması alınmıştır (r =.43, p <.001).

Üzgünlük ve **umursamazlık** ise kayıplar için bu duyguları ne kadar hissettikleri ayrı ayrı sorularak ölçülmüştür.

İmza kampanyalarına katılma niyetleri. Katılımcıların protesto amaçlı kolektif eylemlere katılma niyetlerini ölçmek amacıyla, ekolojik geçerliliği artırmak adına change.org üzerinde deprem sonrası başlatılan gerçek imza kampanyaları kullanılmıştır. Katılımcılara her bir kampanya için kampanya içeriğini ve detaylarını içeren ekran görüntüleri sunulmuş ve araştırmanın sonunda bu kampanyalara katılmayı isteyip istemedikleri (*Evet*/*Hayır*) sorulmuştur. Onay veren katılımcılara ilgili kampanya linkleri sunulmuştur.

Çalışmada kullanılan üç farklı imza kampanyasının içerikleri şöyledir: İmza 1 (Ekonomik Destek): Afetzedelerin fatura ödemelerinin iptal edilmesine yönelik kampanya. İmza 2 (Adalet ve Sorumluluk): Yıkılan binaların müteahhitlerinin ve ruhsat veren yetkililerin yargılanması ile sorumluların cezalandırılmasına yönelik kampanya. İmza 3 (Kaynak Yönetimi): Siyasi partilerin seçim yardımlarının depremzedeler için kullanılmasına yönelik kampanya. Söz konusu imza kampanyalarının içerik ve görsel detayları çalışmanın ekler kısmında (Ek 1) sunulmuştur.

3.Bulgular

Bu bölümde, araştırma değişkenleri arasındaki ilişkileri belirlemek amacıyla yürütülen analiz sonuçları sunulmuştur. Değişkenler arasındaki korelasyonları incelemek için verilerin dağılım özellikleri göz önünde bulundurularak Spearman Sıra Farkları Korelasyon Analizi uygulanmıştır. Katılımcıların afet sonrası kolektif eyleme katılım niyetleri üç farklı imza

[1] Bu çalışmadan elde edilen veriler kullanılarak, farklı bir teorik çerçeveyle ve ağırlıklı olarak başka değişkenlere odaklanan bir makale daha yayımlanmıştır (bkz. Özkan, 2024).

kampanyası üzerinden değerlendirilmiştir: İmza 1 (afetzedelerin fatura ödemelerinin iptali), İmza 2 (sorumluların yargılanması) ve İmza 3 (seçim yardımlarının depremzedelere aktarılması). Değişkenlere ilişkin betimsel istatistikler ve korelasyon katsayıları Tablo 1'de sunulmuştur.

Tablo 1
Değişkenler Arasındaki Ortalamalar, Standart Sapmalar ve Korelasyonlar

	M	*SD*	1	2	3	4	5	6	7
1. Öfke	5.75	1.60	—						
2. Çaresiz	5,67	1.39	.29***	—					
3. Üzgün	6,73	.687	.26***	.27***	—				
4. Umursamaz	1.28	.919	-.04	-.03	-.30***	—			
5. İmza 1	1.76	.426	.16***	.12***	.08*	-.07*	—		
6. İmza 2	1.79	.409	.15***	.14***	.07*	-.08**	.77***	—	
7. İmza 3	1.74	.436	.17***	.12***	.08**	-.06	.61***	.66**	—

Not. *p < ,05, **p < ,01, ***p < ,001.

Değişkenler arasındaki ikili ilişkileri incelemek amacıyla yapılan Spearman korelasyon analizi sonuçlarına göre; öfke duygusunun çaresizlik *(r = ,29, p < ,001)* ve üzüntü (*r = ,26, p < ,001)* duyguları ile pozitif yönlü ve anlamlı bir ilişki içerisinde olduğu saptanmıştır. Buna karşın, öfke ile umursamazlık arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki bulunamamıştır *(r = -,04, p = ,259)*. Çaresizlik ve üzüntü duyguları arasında ise pozitif yönlü ve anlamlı bir ilişki mevcuttur *(r = ,27, p < ,001)*. Bu bulgu, bireylerin çaresizlik hissi arttıkça üzüntü düzeylerinin de paralel bir artış gösterdiğine işaret etmektedir. Öte yandan, umursamazlık tutumu ile üzüntü arasında negatif yönlü ve güçlü bir ilişki saptanırken *(r = -,30, p < ,001),* umursamazlık ile çaresizlik arasında anlamlı bir ilişki gözlenmemiştir *(r = -,03, p = ,286)*.

Araştırmanın temel odak noktası olan duyguların imza verme davranışı üzerindeki etkisi incelendiğinde; öfke değişkeni, her üç imza kampanyası türüyle de (İmza 1, 2 ve 3) pozitif yönlü ve anlamlı bir ilişki sergilemektedir *(r = ,16, 15 ve ,17; p < ,001)*. Benzer şekilde, çaresizlik hissi ile imza verme niyeti arasında pozitif ve anlamlı bir ilişki saptanmıştır *(r = ,12, ,14 ve ,12; p < ,001)*. Üzüntü duygusunun da tüm imza kampanyalarıyla düşük düzeyde ancak istatistiksel olarak anlamlı bir ilişkiye sahip olduğu görülmektedir *(r = ,07 ile ,08 arası; p < ,05)*. Umursamazlık tutumu incelendiğinde ise; bu duygunun ekonomik destek (İmza 1; r = -,07, p < ,05) ve sorumluların yargılanması (İmza 2; r = -,08, p < ,01) kampanyalarına katılım niyetiyle negatif yönlü ve anlamlı ilişkili olduğu, ancak kaynak yönetimi *(İmza 3; r = -,06, p = ,057)* ile ilişkisinin anlamlılık sınırında kaldığı görülmektedir.

Son olarak, farklı içeriklere sahip kolektif eylem niyetlerinin (İmza 1, 2 ve 3) kendi aralarında güçlü ve pozitif yönlü ilişkilere sahip olduğu doğrulanmıştır *(r = ,61 ile ,77 arası; p < ,001)*. Genel olarak analiz sonuçları; kolektif eylem niyetinin öfke, çaresizlik ve üzüntü gibi duygularla pozitif; umursamazlık tutumuyla ise negatif yönlü bir eğilim içerisinde olduğunu ortaya koymaktadır.

Araştırma değişkenlerinin grup bazlı karşılaştırmalarında, verilerin normal dağılım varsayımını karşılamadığı (Shapiro-Wilk p < .05) ve uç değerlerin ortalamaları saptırma riski taşıdığı saptanmıştır. Bu nedenle, iki bağımsız grup arasındaki farkları incelemek amacıyla parametrik olmayan Mann-Whitney U testi kullanılmıştır. Bu test, verilerin dağılımından bağımsız olarak

grupların sıralama ortalamalarını karşılaştırdığı için analiz sonuçlarının istatistiksel güvenilirliğini artırmıştır.

3.1. İmza 1 (Ekonomik Destek) Bulguları

Katılımcıların afetzedelerin fatura ödemelerinin iptal edilmesine yönelik hazırlanan İmza 1 kampanyasına katılım niyetlerine göre duygusal tepkilerindeki farklılıklar Mann-Whitney U testi ile incelenmiş ve sonuçlar Tablo 2'de sunulmuştur.

Analiz sonuçları, imza verme niyetinde olan katılımcıların öfke düzeylerinin (*Sıra Ortalaması* = 507,73), niyetinde olmayan katılımcılara göre *(Sıra Ortalaması = 416,00)* istatistiksel olarak anlamlı derecede daha yüksek olduğunu göstermektedir. *(U = 69114,5; z = -4,50; p < ,001; d = 0,29)*.Bu bulgu, öfke düzeyi arttıkça kolektif eyleme katılım niyetinin yükseldiğini göstermektedir.Benzer şekilde, kolektif eylem niyeti olan katılımcıların çaresizlik düzeylerinin *(SO= 502,07)* , eylem niyeti olmayanlara göre *(SO= 429,54)* puanlarının, imza atmayan gruba kıyasla anlamlı düzeyde daha yüksek olduğu *saptanmıştır (U = 71828,500 ; z = -3,51; p < ,001)*.Çaresizlik düzeyi arttıkça kolektif eylem niyetinin arttığını göstermektedir. Üzgün hissetme duygusu ile kolektif eyleme niyetleri arasında istatiksel olarak anlamlı bir fark

saptanmamıştır *(U=78002,00 ; z=,-1,96 ;p= ,049)*. Sıra ortalamaları incelendiğinde, kolektif eylem niyetinde olan grup ile (*SO = 487,52)* ,niyetinde olmayan grup *(SO = 459,68,)* sıra ortalamaları arasında belirgin fark olmadığı sonucuna ulaşılmıştır.

Katılımcıların umursamazlık düzeyleri ile imza atma niyetleri arasında gruplar bazında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunamamıştır *(bkz. Tablo 2; U = 81048,0; z = -1,87; p = ,061; d = -0,39)*. Bu bulgu, aktif ve yoğun hissedilen olumsuz duyguların (öfke, çaresizlik vb.) ekonomik temelli kolektif eylemlere katılım niyetini artırdığını, ancak umursamazlık tutumunun bu süreçte belirleyici bir rol oynamadığını ortaya koymaktadır. İmza 1'e yönelik

Tablo 2
Duygular ve Kolektif Eyleme Katılım Niyeti (İmza 1) Değişkenine Göre Mann-Whitney U Testi Sonuçları

	İmza 1	*n*	Sıra Ortalaması	*U*	*z*	*p*	Cohen d
Öfke	Hayır	230	416,00	69114,500	-4,59	,000***	0,30
	Evet	741	507,73				
Çaresiz	Hayır	228	429,54	71828,500	-3,51	,000***	0.23
	Evet	741	502,07				
Üzgün	Hayır	225	459,68	78002,000	-1,96	,049	0.13
	Evet	736	487,52				
Umursamaz	Hayır	230	504,12	81048,000	-1,87	,061	0.12
	Evet	741	480,38				

Not. *p < ,05, **p < ,01, ***p < ,001.

sonuçlar Tablo 2'de gösterilmiştir.

3.2. İmza 2 (Adalet ve Sorumluluk) Bulguları

Sorumluların yargılanmasına yönelik hazırlanan İmza 2 kampanyasına katılım niyeti olan ve olmayan grupların duygusal tepkileri arasındaki farklar Mann-Whitney U testi ile incelenmiştir (Tablo 3). Analiz sonuçlarına göre; imza verme niyetinde olan katılımcıların öfke düzeylerine

ilişkin sıra ortalamalarının *(SO = 504,74),* niyetinde olmayan gruba *(SO = 418,67)* oranla anlamlı derecede yüksek olduğu saptanmıştır *(U =64924,00 ; z = -4,13; p < ,001).* Bu bulgu, öfke düzeyi arttıkça kolektif eyleme katılım niyetinin yükseldiğini göstermektedir.

Çaresizlik duygusu bakımından gruplar arasında belirgin bir fark saptanmıştır. Kolektif eyleme katılım niyeti olan katılımcıların çaresizlik düzeyleri *(SO = 419,34),* katılım niyeti olmayanlara göre *(SO =513,12)* anlamlı derecede yüksektir (*U = 64635,00 ; z = -3,89 ;p < ,001).*Üzgün hissetme duygusu ile kolektif eyleme niyetleri arasında istatiksel olarak anlamlı bir fark saptanmamıştır *(U=73318,00 ; z=-1,46; p= ,143)*. Sıra ortalamaları incelendiğinde, kolektif eylem niyetinde olan grup (*SO = 486,03)* ,niyetinde olan grupla *(SO = 486,03)* sıra ortalamaları arasında belirgin fark olmadığı sonucuna ulaşılmıştır.

Öte yandan, katılımcıların umursamazlık düzeyleri kolektif eylem niyetlerine göre istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık göstermemektedir *(U = 74377,00 ; z = -2,11 ; p = ,034).* Sıra ortalamaları incelendiğinde, niyetinde olmayan grubun (*SO = 508,45)* niyetinde olan gruba *(SO = 480,60)* kıyasla daha yüksek puan aldığı görülse de bu fark istatistiksel olarak anlamlı olmadığı sonucuna ulaşılmıştır. İmza 2'e yönelik sonuçlar Tablo 3 'de gösterilmiştir.

Tablo 3
Duygular ve Kolektif Eyleme Katılım Niyeti (İmza 2) Değişkenine Göre Mann-Whitney U Testi Sonuçları

	İmza 1	*n*	Sıra Ortalaması	*U*	*z*	*p*	Cohen d
Öfke	Hayır	206	418,67	64924,00	-4,13	,000***	0,26
	Evet	766	504,74				
Çaresiz	Hayır	204	419,34	64635,00	-3,89	,000***	0,25
	Evet	766	503,12				
Üzgün	Hayır	202	463,46	73318,00	-1,46	,143	0.09
	Evet	760	486,03				
Umursamaz	Hayır	206	508,45	74377,00	-2,11	,034	0.14
	Evet	766	480,60				

Not. **p* < ,05, ***p* < ,01, ****p* < ,001.

3.4.İmza 3 (Kaynak Yönetimi) Bulguları

Siyasi partilerin seçim desteklerinin depremzedeler için kullanılmasına yönelik İmza 3 kampanyasına ilişkin bulgular (Tablo 4), eylem niyeti olan katılımcıların öfke düzeylerinin (*SO = 505,49),* niyetinde olmayan gruba *(SO = 415,78)* kıyasla anlamlı derecede daha yüksek olduğunu göstermektedir *(U =* 64924,00 *;,z = -4,13 ;p < ,001).*

Üzgün değişkeni incelendiğinde, imza verme niyetinde olan grubun sıra ortalamaları *(SO = 486,03),* niyetinde olmayan gruba *(SO = 463,46)* göre yüksek bulunmuştur ancak anlamlı bir ilişi saptanmamıştır *(U = 73318,00; z = -1,46 ; p = ,143).* Çaresizlik duygusu bakımından da gruplar arası fark anlamlıdır; eylem niyeti olanların çaresizlik düzeyleri *(SO = 503,12),* olmayanlara göre *(SO = 419,34)* daha yüksektir *(U = 64635,00 ; z = -3,89; p < ,001).* Son olarak, umursamazlık düzeylerinin kolektif eylem niyetine göre anlamlı bir farklılık göstermediği saptanmıştır *(U = 74377,00 ; z = -2,11; p = ,034).* İmza 3'e yönelik sonuçlar Tablo 4 'de gösterilmiştir.

Tablo 4

Duygular ve Kolektif Eyleme Katılım Niyeti (İmza 3) Değişkenine Göre Mann-Whitney U Testi Sonuçları

	İmza 1	*n*	Sıra Ortalaması	*U*	*z*	*p*	Cohen d
Öfke	Hayır	247	415,78	72068,50	-4,62	,000***	0.30
	Evet	717	505,49				
Çaresiz	Hayır	245	428,67	74888,500	-3,54	,000***	0,23
	Evet	717	499,55				
Üzgün	Hayır	243	452,63	80342,000	-2,44	,015	0.16
	Evet	711	486,00				
Umursamaz	Hayır	246	498,21	84450,000	-1,72	,085	0.11
	Evet	718	477,12				

Not. *p < ,05, **p < ,01, ***p < ,001.

4.Tartışma ve Sonuç

Bu çalışma, 2023 Kahramanmaraş depremleri sonrası hissedilen duyguların, depremzedelerle dayanışma ve sorumluların cezalandırılmasına yönelik kolektif eylem niyetleri (çevrimiçi imza kampanyaları) üzerindeki etkisini incelemiştir. Elde edilen bulgular, kolektif eylemin duygusal belirleyicileri konusunda öfkenin etkisini farklı bir bağlamda göstermesi bakımından literatüre hem uyumlu, üzüntü, çaresizlik ve umursamazlık gibi göz ardı edilmiş duyguları çalışması bakımından hem de özgün katkılar sunmaktadır.

Araştırmanın en istikrarlı bulgusu, öfke duygusunun her üç imza kampanyasıyla da pozitif ve anlamlı düzeyde ilişkili olmasıdır. Bu sonuç, Kolektif Eylemin Sosyal Kimlik Modeli (SIMCA) ve EMSICA gibi temel teorilerin öngörüleriyle tam bir uyum içerisindedir (van Zomeren ve ark., 2008; Thomas ve ark., 2009). Öfke, algılanan bir adaletsizliğe verilen aktif bir tepki olarak, bireyi edilgen durumdan çıkarıp mevcut durumu değiştirmeye yönelik bir motivasyon kaynağına dönüştürmektedir. Katılımcıların deprem sonrası ihmal iddiaları karşısında hissettikleri öfke, "sorumluların cezalandırılması" gibi normatif eylemler için bir yakıt görevi görmüştür.

Çalışmanın en dikkat çekici ve literatürdeki genel kabulleri esneten bulgusu ise 'Çaresizlik Paradoksu' olarak adlandırılabilecek durumdur. Literatürde geleneksel olarak çaresizlik ve düşük etkililik (efficacy) algısı, bireyi eylemsizliğe iten pasifleştirici faktörler olarak ele alınmaktadır (Seligman, 1975; van Zomeren ve ark., 2008). Ancak mevcut araştırmada çaresizliğin kolektif eylem niyetiyle pozitif ilişkili çıkması, önemli bir kuramsal açılım sunmaktadır. Bu bulgu, Landmann ve Rohmann (2020) tarafından ortaya konulan, pasif nitelikteki 'güçsüzlük' duygularının pro-sosyal (sosyal fayda odaklı) bağlamlarda eylemi tetikleyebileceği teziyle paralellik göstermektedir.

Bireyler, deprem gibi devasa bir felaket karşısında yapısal değişim yaratma güçlerinin zayıf olduğunu (çaresizlik) hissetseler de, Vilas ve Sabucedo (2012)'nun vurguladığı 'ahlaki yükümlülük' (moral obligation) hissi, düşük etkililik algısının önüne geçebilmektedir. Bu bağlamda, çevrimiçi imza verme davranışı, birey için sadece bir tepki değil, aynı zamanda yoğun olumsuz duygusal yükle başa çıkmayı sağlayan bir 'problem odaklı başa çıkma stratejisi' (Lazarus & Folkman, 1984) olarak işlev görmüş olabilir. Dolayısıyla çaresizlik, eylemi

engellemek yerine, düşük maliyetli ve erişilebilir kolektif araçlar üzerinden bir telafi mekanizmasını harekete geçirmiştir.

Öte yandan bulgular, üzüntü ve umursamazlık duygularının kolektif eylem niyetini belirlemede öfke kadar güçlü bir yordayıcı olmadığını ortaya koymuştur. Üzüntü, korelasyon analizlerinde imza kampanyalarıyla düşük düzeyde anlamlı ilişkiler verse de, grup bazlı karşılaştırmalarda belirgin bir fark yaratmamıştır. Üzüntü duygusu literatürde zorlayıcı normatif sistem kolektif eylemlerle pozitif yönde ilişkili (Albright & Hurd, 2021; Gill & Matheson, 2006; Smith ve ark., 2008), Amerika'da yerli ve yerli olmayan olmayanlar arasında yapılan araştırmada (Greenaway ve ark., 2016) kişisel üzüntü kolektif eylemi etkilemezken ; aynı duygu gruplar arasındaki adaletsizlikte bir tepki olarak kolektif eylemi etkilemiştir. Üzüntünün doğası gereği "içe dönük" ve düşük uyarılmış bir duygu olması, depremzedelerle empati kurulmasını sağlasa da öfke gibi dışa dönük bir mobilizasyon ve hak arama motivasyonu yaratmakta yetersiz kalmış olabileceğini düşündürmektedir. Literatürde de vurgulandığı üzere; öfke "yaklaşma" ve "karşı koyma" motivasyonuyla doğrudan eylemi tetiklerken, üzüntü gibi ikincil duygular daha çok içe çekilme veya kabullenme süreçleriyle ilişkilendirilmektedir (Mackie ve ark., 2000; Smith, 1993). Umursamazlık tutumu ise tahmin edildiği üzere öfke ve çaresizlik gibi eylemi tetikleyen duygularla negatif ilişkili bulunmuştur. Ancak umursamazlığın eylemi engelleme gücü, aktif duyguların teşvik etme gücünün gerisinde kalmıştır. Yöntemsel açıdan bakıldığında, çalışmada change.org üzerindeki gerçek kampanyaların kullanılması araştırmanın ekolojik geçerliliğini pekiştirmiştir. Brunsting ve Postmes (2002) tarafından belirtildiği üzere, çevrimiçi platformlar bireylere düşük maliyetli ve erişilebilir bir katılım alanı sunarak toplumsal tepkinin hızla organize edilmesine olanak tanımaktadır. Depremden sadece bir ay sonra toplanan veriler, olayın zamansal yakınlığının duygusal tepkileri nasıl diri tuttuğunu ve bu tepkilerin hızlıca dijital aktivizme nasıl tahvil edildiğini somut bir şekilde kanıtlamaktadır.

Sonuç olarak bu araştırma, afet sonrası toplumsal mobilizasyonda duyguların sadece bireysel birer deneyim değil, hak arama odaklı kolektif eylemlerin temel motoru olduğunu ortaya koymuştur (Agostini & van Zomeren, 2021). Özellikle çaresizlik gibi "donuk" duyguların bile, bireylere uygun ve düşük maliyetli eylem araçları (Schreiber ve ark., 2025) sunulduğunda eylemi teşvik edebileceği görülmüştür. Gelecek çalışmalarda, bu duyguların eyleme dönüşme sürecinde grup özdeşimi ve kolektif yeterlilik inançlarının aracı rolleri daha detaylı incelenmelidir (van Zomeren ve ark., 2008). Ayrıca afetin üzerinden geçen zamanın bu duygusal dinamikleri nasıl dönüştürdüğü boylamsal çalışmalarla araştırılmalı ve yüksek maliyetli eylem türlerinde, örneğin sokak protestoları gibi durumlarda, çaresizlik duygusunun etkisinin yön değiştirip değiştirmeyeceği test edilmelidir.

Kaynakça

Agostini, M., & Van Zomeren, M. (2021). Toward a comprehensive and potentially cross-cultural model of why people engage in collective action: A quantitative research synthesis of four motivations and structural constraints. Psychological bulletin, 147(7), 667.

Akcan, B., Merdin, M., & Erdoğan, M. G. (2023). Afet iletişimi, politik tüketim ve sosyal medya: 6 Şubat Kahramanmaraş örneği. Yeni Medya, (14), 266-283.

Akgün, R.C. (2024). Toplumsal Hareketler ve Siyasette Olumsuz Duygulanımların Rolü Üstüne Kuramsal Bir İnceleme. *KMÜ Sosyal ve Ekonomik Araştırmalar Dergisi,* 26(46), 168-186.

Albright, J. N., & Hurd, N. M. (2021). Associations between emotional responses to the trump presidency and activism among underrepresented college students. Journal of Community Psychology, 49(7), 2298–2315. https://doi.org/10.1002/jcop.22655

Anadolu Ajansı. (2026, 24 Nisan). Dünya genelindeki depremlerde yüzbinler hayatını kaybetti. https://www.aa.com.tr/tr/dunya/dunya-genelindeki-depremlerde-yuzbinler-hayatini-kaybetti/3821379

Brunsting, S., & Postmes, T. (2002). Social movement participation in the digital age: Predicting offline and online collective action. Small Group Research, 33(5), 525–554.

Deutsche Welle. (2024, 6 Şubat). Depremin yıl dönümünde siyasilere yoğun protesto. https://www.dw.com/tr/depremin-yıl-dönümünde-siyasilere-yoğun-protesto/a-68181901

Erdoğan, M., & Kaya, S. (2023). Haberde söylem farklılıkları: 6 Şubat 2023 Kahramanmaraş depremleri haberleri üzerine bir analiz. Afet ve Risk Dergisi, 6(3), 1074-1096.

Fritsche, I., Barth, M., Jugert, P., Masson, T. ve Reese, G. (2018). A social identity model of proenvironmental action (SIMPEA). Psychological Review, 125(2), 245.

https://doi.org/10.1037/rev0000090.

Gill, R., & Matheson, K. (2006). Responses to discrimination: The role of emotion and expectations for emotional regulation. Personality and Social Psychology Bulletin, 32(2), 149–161. https://doi.org/10.1177/0146167205279906

Greenaway, K. H., Cichocka, A., van Veelen, R., Likki, T., & Branscombe, N. R. (2016). Feeling hopeful inspires support for social change. Political Psychology, 37(1), 89–107. https://doi.org/10.1111/pops.12225

Landmann, H., & Rohmann, A. (2020). Being moved by protest: Collective efficacy and being moved as dual pathways to collective action. Journal of Social and Political Psychology, 8(2), 661–677. https://doi.org/10.5964/jspp.v8i2.1265

Lazarus, R. S., & Folkman, S. (1984). Stress, appraisal, and coping. Springer Publishing Company.

Geiger, N., Dwyer, T. ve Swim, J. K. (2023). Hopium or empowering hope? A meta-analysis of hope and climate engagement. Frontiers in Psychology, 14, 1139427. https://doi.org/10.3389/fpsyg.2023.1139427.

Mackie, D. M., Devos, T., & Smith, E. R. (2000). Intergroup emotions: Explaining offensive action tendencies in an intergroup context. Journal of Personality and Social Psychology, 79(4), 602.

Meleady, R., & Vermue, M. (2019). The effect of intergroup contact on solidarity-based collective action is mediated by reductions in SDO. Journal of Applied Social Psychology, 49(5), 307-318.

Ozkan, Z. (2024). Understanding protest intentions: The influence of belief systems post-earthquake tragedies. *International Journal of Disaster Risk Reduction, 115*, 105031. https://doi.org/10.1016/j.ijdrr.2024.105031

Özkan, Z., Dhont, K., & Abrams, D. (2024). Intergroup contact and intended actions in support of disadvantaged groups: The role of affective processes and feelings of solidarity. *Group Processes & Intergroup Relations*, *27*(3), 471-496.

Özkan, Z., Ünver, H., Kızık, B., Eraslan, E. G., & Çakal, H. (2022). Sosyal psikoloji perspektifinden kolektif eylemlere katılmanın belirleyicileri üzerine bir derleme. Nesne Dergisi, 10(24), 336-361.Saab, R., Tausch, N., Spears, R., & Cheung, W. Y. (2015). Acting in solidarity: Testing an extended dual pathway model of collective action by bystander group members. British Journal of Social Psychology, 54(3), 539-560.

Sarı, E., Yücel, E. ve Bükün, M. F. (2024). The role of emotions in collective responses to in-group norm violations: the case of university's sensitivity to the natural environment norm. *Current Psychology, 1-20*. https://doi.org/10.1007/s12144-024-06370-1.

Seligman, M. E. (1975). Helplessness: On depression, development, and death. W. H. Freeman.

Schreiber, J. A., Uluğ, Ö. M., & Drury, J. (2025). Solidarity With Palestinians in Germany and the United Kingdom: The Distinctiveness of Beliefs, Emotions, and Attitudes for Third-Party Solidarity in Democratic, Yet Issue-Specific Repressive Contexts. Personality and Social Psychology Bulletin, 01461672251407131.

Shepherd, L., Fasoli, F., Pereira, A., & Branscombe, N. R. (2018). The role of threat, emotions, and prejudice in promoting collective action against immigrant groups. European Journal of Social Psychology, 48(4), 447-459.

Smith, E. R. (1993). Social identity and social emotions: Toward new conceptualizations of prejudice. Affect, Cognition, and Stereotyping: Interactive Processes in Group Perception, 297–315.

Smith, H. J., Cronin, T., & Kessler, T. (2008). Anger, fear, or sadness: Faculty members' emotional reactions to collective pay disadvantage. Political Psychology, 29(2), 221–246. https://doi.org/10.1111/j.1467-9221.2008.00624.x

Smith, H. J., Pettigrew, T. F., Pippin, G. M., & Bialosiewicz, S. (2012). Relative deprivation: A theoretical and meta-analytic review. Personality and social psychology review, 16(3), 203-232.

Tausch, N., Becker, J. C., Spears, R., Christ, O., Saab, R., Singh, P., & Siddiqui, R. N. (2011). Explaining radical group behavior: Developing emotion and efficacy pathways to normative and nonnormative collective action. *Journal of Personality and Social Psychology, 101*(1), 129–148.

Tausch, N. ve Becker, J. C. (2013). Emotional reactions to success and failure of collective action as predictors of future action intentions: A longitudinal investigation in the context of student protests in Germany. *British Journal of Social Psychology, 52*(3), 525-542. https://doi.org/10.1111/j.2044-8309.2012.02109.x

Thomas, E. F., McGarty, C. ve Mavor, K. I. (2009). Aligning identities, emotions, and beliefs to create commitment to sustainable social and political action. Personality and social psychology review, 13(3), 194-218. https://doi.org/10.1177/1088868309341563.

Thomas, E. F., Mavor, K. I. ve McGarty, C. (2012). Social identities facilitate and encapsulate actionrelevant constructs: A test of the social identity model of collective action. *Group Processes ve Intergroup Relations, 15(1),* 75-88. https://doi.org/10.1177/1368430211413619.

Thomas, E. F., McGarty, C. ve Mavor, K. (2016). Group interaction as the crucible of social identity formation: A glimpse at the foundations of social identities for collective action. *Group Processes and Intergroup Relations, 19,* 137-151. https://doi.org/10.1177/1368430215612217.

van Zomeren, M., Spears, R., Fischer, A., & Leach, C. W. (2004). Put your money where your mouth is! Explaining collective action tendencies through group-based anger and group efficacy. *Journal of Personality and Social Psychology, 87*, 649 – 664.

Van Zomeren, M., Postmes, T. ve Spears, R. (2008). Toward an integrative social identity model of collective action: a quantitative research synthesis of three socio-psychological perspectives. *Psychological Bulletin, 134(4),* 504. https://doi.org/10.1037/0033-2909.134.4.504.

Vilas, X., & Sabucedo, J. M. (2012). Moral obligation: A forgotten dimension in the analysis of collective action. Revista de Psicología Social, 27(3), 369–375. https://doi.org/10.1174/021347412802845577

Uysal, M. S., Saavedra, P., & Drury, J. (2024). Beyond normative and non-normative: A systematic review on predictors of confrontational collective action. British Journal of Social Psychology, 63(3), 1385-1409.

Wright, S. C., Taylor, D. M. ve Moghaddam, F. M. (1990). Responding to membership in a disadvantaged group: From acceptance to collective protest. *Journal of Personality and Social Psychology, 58(6),* 994.

THE FUNCTION OF BASIC SCHOOL INSTRUMENTS IN SCHOOL MUSIC EDUCATION LESSONS

Prof. Dr. Meltem DÜZBASTILAR

Trabzon Üniversiyt, Fatih Faculty of Education, Department of Fine Arts Education, Trabzon, Turkey

PhD Student Eda Asya AKSU

Trabzon Üniversiyt, Fatih Faculty of Education, Department of Fine Arts Education, Trabzon, Turkey

ABSTRACT

Instrumental training, as a crucial component of music education, possesses the potential to impart many desirable qualities. Particularly through school instruments used in formal general music education processes, students develop their knowledge, skills, and attitudes, acquire more disciplined and organized study habits, and experience ease in establishing social relationships. Guitar, bağlama, melodica, mandolin, recorder, and the increasingly popular ukulele are frequently used as accompanying instruments in basic music education. The aim of this research is to identify the function of these instruments in school music training. This research was conducted using the "General Survey Model" from documentary survey models and focused on the analysis of scientific literature that identifies the function of the relevant school instruments.

According to the findings of the research, the school instruments examined were found to have the potential to produce very positive results in school music training. Accordingly, these school instruments were found to be: easily obtainable, easily portable, relatively economical and inexpensive, relatively suitable in size and volume for children's physical structure and musculoskeletal system, without tuning or extensive maintenance problems, relatively easy to learn and play, able to positively increase students' interest, motivation, self-confidence, self-efficacy beliefs, communication skills, development as independent musicians and sense of community, provide music teachers with considerable ease and practicality in implementing the curriculum, suitable for exemplifying and performing monophonic, polyphonic, traditional and global music genres, considered the most suitable instruments for children of formal general music education age, usable both as solo and accompanying instruments, and suitable for many classroom music activities due to their rich sound, timbre, loudness and range.

Keywords: School music training, school instruments, guitar, bağlama, mandolin, melodica, recorder, ukulele

Özet

Çalgı eğitimi, müzik eğitiminin çok önemli bir bileşeni olarak, kendine özgü pek çok istendik özelliği kazandırma potansiyeli taşır. Özellikle örgün genel müzik eğitimi süreçlerinde kullanılan okul çalgıları aracılığıyla, öğrenciler sahip oldukları bilgi, beceri ve tutumlarını geliştirmekte, daha disiplinli ve düzenli bir çalışma alışkanlığına sahip olmakta ve sosyal açıdan

ilişkiler kurabilme konusunda kolaylıklar yaşamaktadırlar. Temel müzik eğitiminde eşlik çalgısı olarak gitar, bağlama, melodika, mandolin, blok flüt ve son günlerde popülerliğini arttıran ukulele sıkça kullanılmaktadır. Bu araştırmanın amacı; temel okul çalgılarının okul müzik eğitimi derslerindeki fonksiyona ilişkin tespitlerde bulunmaktır. Bu araştırma; belgesel tarama modellerinden "Genel Tarama Modeli" ile yürütülmüş ve ilgili okul çalgılarının fonksiyonunu tespit eden bilimsel literatürün analizine odaklı olarak gerçekleştirilmiştir.

Araştırmadan elde edilen bulgulara göre; incelenen okul çalgılarının, okul müzik eğitiminde oldukça olumlu sonuçlar üretebilme potansiyelleri olduğu tespit edilmiştir. Buna göre bu okul çalgıları; kolay temin edilebilen, kolay taşınabilen, görece ekonomik ve ucuz olan, boyut ve hacim olarak çocukların fiziksel yapılarına ve iskelet-kas sistemlerine görece uygun olan, akort veya kapsamlı bakım sorunları olmayan, görece kolay öğrenilebilen ve çalınabilen, öğrencilerin ilgisini, motivasyonunu, özgüvenlerini, öz yeterlik inançlarını, iletişim becerilerini, bağımsız müzisyenler olarak gelişimlerini ve topluluk duygusu hislerini olumlu bir şekilde arttırabilen, müzik öğretmenlerine öğretim programını uygulamada oldukça fazla kolaylık ve pratiklik sağlayabilen, tek sesli, çoksesli, geleneksel ve küresel müzik türlerini örneklendirmeye ve icra etmeye uygun olan, örgün genel müzik eğitimi çağındaki çocuklar için en uygun enstrümanlar olarak değerlendirilen, hem solo hem de eşlik çalgısı olarak kullanılabilen, ses zenginliği, ses tınısı, ses gürlükleri ve ses aralıkları zengin olduğu için sınıf içi pek çok müzik etkinliği için elverişli olan çalgılar olduğu yönünde bulgulara ulaşılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Okul müzik eğitimi, okul çalgıları, gitar, bağlama, mandolin, melodika, blokflüt, ukulele

1. GİRİŞ

"Çalgı çalma, insanın bir müzik aletini kullanımı yoluyla müzikle insanı buluşturan ve tanıştıran, insanın kendisiyle özdeşleşip bütünleşmesine kaynaklık eden, ona duygularını ifade edebilme fırsatı tanıyan, onu toplumsal olmaya yönlendiren, çalgı eğitiminin, müzik eğitiminin dolayısıyla müzik sanatının önemli bir uğraş biçimidir" (Uslu, 1996, s. 105).

Çalgı eğitimi aracılığıyla bireyler sahip oldukları becerileri geliştirmekte, daha disiplinli ve düzenli bir çalışma alışkanlığına sahip olmakta ve sosyal açıdan ilişkiler kurabilme konusunda kolaylıklar yaşamaktadırlar (Karataş ve Kılıç, 2017). Müzik derslerinde kullanılan Orff çalgılarının yanı sıra okul çalgılarını; blokflüt, bağlama, elektronik org, gitar, melodika, mandolin ve piyano olarak sıralamak mümkündür (Bozkaya, 2001: 100 akt. Karataş ve Kılıç, 2017). Müzik eğitiminin içinde yer alan çalgı eğitimi öğrencide sanat eğitiminin temellerini oluşturur ve bireyin çok yönlü düşünüp kendini disipline edebilmesi amaçlanır (Önal ve Aydoğan, 2012).

Demirci Özay ve Bilgin (2017, s.39) çalışmalarında; öğretmen çalgısının temel işlevlerini şöyle açıklamışlardır:

"Ses eğitimi boyutunda; müzik öğretmeni çalgısını ezgisel ve armonik eşlik aracı olarak kullanabilmeli, Kulak (işitme) eğitimi boyutunda; entonasyon bozukluğu yaşamayacağı sabit perdeli bir çalgı tercih ederek bu çalgıyı hem referans (rehber) ses hem de ritmik ve armonik eşlik aracı olarak kullanabilmeli, Çalgı eğitimi boyutunda; müzik öğretmeni çalgısını öğrenciyi bir müzik aletine özendirecek ve yönlendirecek şekilde, öğrenci çalgısını çalarken ise ortaya çıkabilecek entonasyon bozukluklarını önlemek için ezgisel ve armonik eşlik aracı olarak kullanabilmeli, Müziksel beğeni (zevk) eğitimi boyutunda; müziğe karşı ilgi ve sevgi uyandırmak aynı zamanda öğrenciye müzik anlayışı kazandırabilmek için çalgısını etkileyici şekilde kullanabilmelidir."

Genel müzik öğretiminde teorik bilgileri uygulamaya geçirmek oldukça kalıcı bir yol olduğu için çalgı eğitimi de gerçekleştirilen müzik eğitiminin kalıcılığı açısından büyük bir önem taşımaktadır (Karataş ve Kılıç, 2017).

Benzer şekilde Gökalp ve Şahin (2013) müzikte soyut olan sesler çalgılar ile somutlaşır düşüncesi ekseninde, çalgı destekli yapılan müzik eğitiminin, sadece sese dayalı olarak yapılan derslere kıyasla daha çok geliştirdiğini, çalgı eğitimi sayesinde öğrencilerin bilgileri harmanlayarak yaratıcılıklarını geliştirdiklerini, doğru çalgı seçiminin çocuklarda istek, başarı ve müzik sevgisi uyandırma gibi konularda önemli olduğunu vurgulamıştır. Aynı çalışmada müzik dersi süresince öğrencinin öğrenebileceği çalgının, öğrencinin anatomik yapısına ve hazırbulunuşluğuna ve akort ve çalgının ağırlığının öğrenciye uygun olması gibi faktörlerin olması gerektiğini belirtmiştir.

Bu kapsamda özellikle örgün genel müzik eğitimi süreçlerinde, hem müzik öğretmeninin hem de öğrencilerin, müzikal etkinliklerde özellikle eşlik çalgısı olarak kullandıkları elverişli okul çalgıları içinde; telli, üflemeli, mızraplı-mızrapsız, teksesli ve çokseslilige uygun çalgılar olarak gitar, bağlama, mandolin, blokflüt, melodika ve son yıllarda popüler olan ukulele çalgıları özel bir yere sahiptir. Demir ve Nacakçı (2015); Öğrencilerin müzik derslerinde çalmak istedikleri çalgıların sırasıyla gitar, bağlama, org, blok flüt ve mandolin olduğunu tespit etmişlerdir. Bu çalgılardan çok kısa bahsetmek gerekirse:

Gitar: Günümüzde gitar nerdeyse her müzik türünde, her kültüre uyum sağlayabilen, ses aralıkları ve ritmik yapısıyla kullanışlı, diğer enstrümanlara göre ekonomik, taşınılabilir ve her nesile hitap edebilen geniş repertuvarı ile okul çalgısı olarak sıkça kullanılmaktadır Kıvrak (2003) gitarı "taşınabilir piyano" olarak nitelendirmiş ve piyanoyla çalınabilen her eserin gitarla da çalınabildiğini, okul şarkıları için olağanüstü bir eşlik çalgısı olduğunu dile getirmiştir.

Bağlama: Köklü geçmişi, zengin yaratım ve anlatım olanakları ile makam müziğinin önemli bir çalgısı olan bağlama, yakın geçmişte bilimsel ve akademik kurumların da odak noktası olmuş, bu kurumlarda öğretiminin başlanmasıyla bir dönüm noktasına gelmiştir. Eğitim kurumlarında ve alanda yetişen uzmanların sayısı arttıkça bağlamaya ilişkin eğitim-öğretim süreci, çalgıya ilişkin bilimsel çalışmaların üretilmesiyle yeni bir döneme başlanmıştır (Gerekten, 2020). Bağlama, Türk halk çalgıları içerisinde yapısı itibariyle polifoniye uygun bir çalgıdır. Özellikle birçok akorun rahatlıkla seslendirilebildiği bağlama, bu yönüyle bir soliste, başka bir bağlamaya ya da halk çalgısına rahatlıkla eşlik sazı olarak kullanılabilmektedir (Kınık, 2011).

Mandolin: Lavta ya da lut ailesinden mızrapla çalınan bir telli çalgı olan Mandolin, özellikle eğitim müziğinde kullanılan parlak sesli çalgının başlıca çalış özelliklerinden biri, mızrapla tramelo yapılarak ses süresinin uzatılmasıdır (Say, 2005, s.414)

Melodika: Değişik boyutlarda olan genellikle çocukların müzikal yönden gelişimi için eğitim müziğinde kullanılması öngörülen melodika, ağız armonikasının ses üretme ilkelerine göre yapılmıştır. Ağızlığına üflenirken klavye üzerindeki tuşlarına basılması yoluyla istenilen ses perdesi üretilir (Say, 2005, s.452)

Blokflüt: Günümüzde öğrenilmesinin kolay olması, alım gücü standartlarına uygun olması, kolay taşınabilirliği ve geniş bir repertuarının olması gibi nedenlerle okullarda eğitim amaçlı kullanılmaktadır (Acar Önal ve Aydoğan, 2012, s. 60). Okul müzik eğitiminde Do tonunda yapılmış soprano blok flüt yaygındır (Say, 2005, s.231).

Ukulele: Fiyatının uygun olması, çalım kolaylığı, öğretim sürecinin kısa olması, küçük boyutlarda olması ve temel müzik dersinde bulunan amaç ve hedefleri gerçekleştirmede yeterli bir çalgı olduğuna ilişkin tespitler buluna bir çalgıdır (Gayretli, Yılmaz ve Zahal, 2021).

1.1. **Araştırmanın Amacı**

Bu araştırmanın amacı; Gitar, Bağlama, Mandolin, Melodika, Blokflüt ve Ukulele çalgılarının okul müzik eğitimi derslerindeki yeri ve fonksiyonuna ilişkin tespitlerde bulunmaktır.

Araştırma bu yönüyle 6 alt problem ekseninde ele alınmıştır.

1. Okul müzik eğitiminde "Gitar" enstrümanının fonksiyonu nedir?

2. Okul müzik eğitiminde "Bağlama" enstrümanının fonksiyonu nedir?

3. Okul müzik eğitiminde "Mandolin" enstrümanının fonksiyonu nedir?

4. Okul müzik eğitiminde "Melodika" enstrümanının fonksiyonu nedir?

5. Okul müzik eğitiminde "Blokflüt" enstrümanının fonksiyonu nedir?

6. Okul müzik eğitiminde "Ukulele" enstrümanının fonksiyonu nedir?

1.2. Araştırmanın Önemi

Çalgı eğitimi konusunda bireyin ve enstrümanın fiziksel özellikleri göz önüne alındığında gitar, bağlama, mandolin, melodika, blokflüt ve ukulele gibi çalgılar temel okul çalgıları içinde en yaygın olarak kullanılan çalgılar arasında görülmektedirler. Bu enstrümanlar hem öğretmenin ders içinde şarkılara eşlik ettiği birer eşlik çalgısı olarak hem de özellikle istekli ve yetenekli öğrencilerin gerek ders içi gerekse ders dışı müzik etkinliklerinde aldıkları çalgı eğitimlerinin birer unsuru olmaktadırlar.

Örneğin "Gitar", çok elverişli yapısıyla öğretmenlerin müzik derslerinde sıklıkla kullandığı bir eşlik çalgısıdır. Aynı şekilde "Bağlama" hem Türk müzik kültürünün önemli bir temsilcisi hem de müzik ders programında ön görülen geleneksel müziklerimizi örneklendirmede en uygun ve elverişli çalgı olarak öne çıkmaktadır. Nitekim günümüzde Bağlama Eğitimi, eğitim fakültelerinin müzik öğretmenliği lisans programlarında zorunlu bir ders olarak öngörülmektedir.

Örneğin müziğe yeni başlayanların ve özellikle çocukların çalgıya başlamalarında en önemli çalgılardan biri "Melodika"dır. Çünkü melodikadan sonra klavyenin aynı olması sebebiyle org ve piyanoya geçiş kolaylaşmaktadır. Melodika günümüzde gerek okul öncesinde gerekse sınıf öğretmenliğinde ve gerekse de klavyeye yeni başlayanlar için hortumuyla birlikte kullanıldığında çocuklar için kesinlikle zararsız ve onlara keyif veren bir çalgıdır (Yurga ve Yurga, 2022, s.5).

Yine "Mandolin"; öğrencilerin hem çalıp hem söyleyebildiği, iki sesli müziğe ısınmalarını sağlayan, kolay ve ucuz tek çocuk çalgısıdır. Müziği sevdiren ve çocuğu doğru seslerle işe başlatan bu çalgı, öğrencilerin en güzel arkadaşıdır. Müziksel doyuma ulaşan çocuklar mandolin öğreniminden sonra, keman ya da piyano gibi klasik bir çalgıya geçme gereğini şiddetle duyarlar (Altıntaş, 2007, s.iii).

Örneğin; enstrümanlar içinde en uygun olanı "Blok Flüt"; kullanım ve temin kolaylığı ile her yerde bulunabilecek bir enstrümandır. Sabit ses akorduna sahip oluşu ve uygulama rahatlığı ile çocukların severek kullandıkları blok flüt, bütün okullarda rahatlıkla kullanılabilir (Akbaba Takmaz, 1997, s. 57).

Aynı şekilde Ukulele ile ilgili yapılan bir deneysel çalışmada, öğrencilerin ukuleleyi akort yapma açısından, doğru duruş ve tutuş pozisyonunu uygulamak açısından, akor pozisyonlarını daha kolay uygulama açısından, temiz ses üretebilme açısından, eşliklerde daha rahat ve akıcı çalma açısından, gitara göre daha avantajlı bir çalgı olduğuna ilişkin deneyim ve görüşleri tespit edilmiştir (Güzel, 2021).

Günümüzde müzik öğretim programlarında her ne kadar çalgı eğitimine ilişkin bir içerik beklenmese de özellikle istekli ve yetenekli öğrencilerin talepleri, okulun imkânları ve zümre öğretmenlerin uygun görmeleri halinde okullarda özellikle ders dışı müzik etkinlikleri kapsamında yoğun olarak eğitimi verilen çalgılar da yine gitar, bağlama, mandolin, melodika, blokflüt ve nispeten ukulele enstrümanlarıdır. Bu çalgıların, müzik eğitiminde kullanım durumları ve müzik dersi etkinliklerine katkıları boyutunda, ilgili literatürün incelenmesine dayalı bu araştırma; bu konudaki büyük resmi yansıtması bakımından önemli görülmüştür.

2. YÖNTEM

2.1. Araştırmanın Modeli

Bu araştırma; Belgesel Tarama Modellerinden "Genel Tarama Modeli" ile yürütülmüştür. "Genel tarama modelleri, çok sayıda elemandan oluşan bir evrende, evren hakkında bir yargıya varmak amacı ile evrenin tümü ya da ondan alınacak bir grup, örnek ya da örneklem üzerinde yapılan tarama düzenlemeleridir" (Karasar, 2022, s. 111).

Bu genel tarama düzenlemesi, araştırmanın amacını betimleyen bilimsel literatüre odaklı olarak yapılmıştır.

2.2. Evren-Örneklem

Araştırmanın evreni gitar-bağlama-mandolin-melodika-blokflüt-ukulele çalgılarının müzik eğitiminde kullanımına ilişkin akademik çalışmalar, örneklem ise bu okul çalgıları ile ilgili çalışmaları temsil etme kapasitesi olan, yerli ve yabancı, 24 adet bilimsel araştırmadır.

2.3. Verilerin Toplanması

Araştırmanın verileri, temel olarak internet arama motoru üzerinden erişilen, eloktronik ve basılı dergi makaleleri ile tez veri tabanından elde edilen tezler ve konu ile ilgili kitap ve kitap bölümlerinin taranması ile elde edilmiştir.

2.4. Verilerin Analizi

Araştırmanın verileri "İçerik Çözümlemesi" ile analiz edilmiştir. "İçerik çözümlemesi; belli bir metnin, kitabın, belgenin içeriğinde gizli olan kavram, ilke ve özellikleri anlama ve anlatma amacı ile yapılan bir taramadır. Belgelerdeki bakış açısı, felsefe, dil, anlatım vb. özellikler, derinliğine yapılacak çözümlemelerle anlamaya çalışılır" (Karasar, 2022, s. 231).

Bu araştırmada konu ile ilgili olarak incelenen bilimsel literatür metinlerinden yansıyan temel özellikler genellenerek bulgulara dönüştürülmüştür.

3. BULGULAR

Araştırmanın birinci alt problemi; "Okul müzik eğitiminde "Gitar" enstrümanının fonksiyonu nedir?" şeklindedir buna göre;

Melts (1976); "Sınıfta Kullanılan Bir Çalgı Olarak Gitar" isimli çalışmasında; Öncelikle, gitarın pek çok müzik türüne uyarlanabildiğini ve bu müzikal esnekliği, mükemmel taşınabilirliği, dört oktavdan fazla aralığı, çok çeşitli ton renkleri ve tüm yaylı çalgılar arasında en güzel olan bir dizi doğal ve yapay armonik ile daha da artırılmış bir enstrüman olduğunu, eşlik için kullanıldığında, öğretmenler için sadece yaklaşık 15-20 akordan oluşan bir akor sözlüğü gerektiğini, transpozeye uygun olduğunu, piyano bulunmayan veya piyano becerilerinin zayıf olduğu sınıflarda gitarın çok daha fonksiyonel olduğunu, öğrencilerin gitar çalan bir öğretmeni daha "güncel" olarak görme eğilimine dönük olumlu bir imajları olduğunu ve bunun, sınıf içi katılımı arttırmaya yardımcı olabildiğini belirtmektedir.

Uluocak ve Tufan (2010); öğretmen çalgısı olarak gitar kullanımının, öğretmen çalgısı olarak blok flüt kullanımına göre daha etkili sonuçlar verdiğini, bunun nedeninin, gitarın teknik özelliklerinin ve anlatım olanaklarının, hız ve gürlük terimlerini ifade etmede blok flüte göre daha güçlü olmasından kaynaklandığı, gitar etkinliklerinin öğrenciler açısından da daha ilgi çekici, zevkli ve eğlenceli olduğunu ve gitar eşliğinde şarkı söylemekten ve gitar dinlemekten çok hoşlandıklarını tespit etmişlerdir.

Ayyıldız ve Erim (2020); gitara uyarlanmış okul şarkılarının öğrencilerin gitara ilişkin farkındalıklarını ve olumlu tutumlarını arttırırken, aynı zamanda öğrencilerin şarkı söylemelerini kolaylaştırdığını, şarkının ezgisini daha iyi duyup ton içinde kalabilmelerine yardımcı olduğunu ve müzik öğretmeninin dersi daha verimli ve etkili yürütebildiğine ilişkin tespitler yapmışlardır.

Uluocak (2014) çalışmasında; klasik gitarın taşıdığı pek çok olumlu ve fonksiyonel özelliğinden dolayı özellikle müzik öğretmenlerinin sınıflarında rahatlıkla kullanabilecekleri bir çalgı olduğunu ve bu fonksiyonel özelliklerin de; temin edilmesinin kolay olması, boyutlarının küçük olması, nitelikli bir eşlik çalgısı olması, çalan kişinin aynı anda şarkı da söyleyebilmesine imkân tanıması, nitelikli bir solo çalgı olması, birçok değişik türden müzik eseri çalınabilmesi, sabit perdeli ve tampere bir çalgı olması, çoksesli bir çalgı olması, farklı türlerde müzik yapılarak öğrencinin çok yönlü müzik dinlemesinin sağlanabilmesi ve müziksel algılama güçlerinin yükseltilmesine olanak tanıması, bir melodi çalgısı olarak kullanılabilmesi, ritm çalgısı olarak işlev görebilmesi, aktarım (transpoze) yapılmaya uygun bir çalgı olması, 3'lü, 4'lü ve 5'li aralıkların kolay çalınabildiği için akorların üretilmesinin de kolay olması, çok çeşitli arpejlerin rahatça yapılabilmesi, üç buçuk oktavlık ses aralığına sahip olması, zengin bir ses rengi imkânına sahip olması, ses sınırının yüksek olmasının sınıfta kolayca duyulmasını sağlaması ve öğrencilerin ilgisini çeken, popüler bir çalgı olması gibi özellikleri tespit etmiştir.

1. Araştırmanın ikinci alt problemi; "Okul müzik eğitiminde "Bağlama" enstrümanının fonksiyonu nedir?" şeklindedir buna göre;

Demir ve Nacakçı (2015); Türkiye'nin 14 farklı ilinden toplam 2186 ortaokul öğrencisi ile yürüttükleri ve bu konuda öğrenci görüşlerine odaklı en kapsamlı çalışmalardan biri olan araştırmalarında; öğrencilerin büyük çoğunluğunun öğretmenlerinin müzik derslerinde bağlama çalmasını istediklerini, türküleri bağlama eşliğinde öğrenmenin daha etkili ve keyifli bir öğrenmeye sebep olacağını düşündüklerini, bağlama ile işlenen derslere daha aktif katılım sağladıklarını ve bunun da motivasyonu arttırdığını tespit etmişlerdir.

Pepe (2025), 22 müzik öğretmeni ile yürüttüğü çalışmasında; müzik öğretmenlerinin; bağlamanın ortaöğretim müzik derslerinde etkin bir eşlik çalgısı olarak kullanılmasının, kültürel değerlerin aktarımında, estetik ve sanatsal becerilerin geliştirilmesinde, türkü öğretiminde ve değerler eğitiminde etkili olduğunu, öğrencilerin bağlama enstrümanına dönük olumlu tutumlar içinde olduklarını, öğrenciler için eğlenceli bir öğrenme süreci sunarak onların derse olan ilgilerini ve motivasyonlarını arttırdığını, bağlamanın taşınabilirliği ve ders dışı etkinliklerde de kullanılabilir olması nedeniyle müzik eğitiminde daha fazla yer alması gerektiğini düşündüklerini tespit etmiştir.

Sözen (2018) çalışmasında; özellikle ilk ve orta öğretim süreçlerinde yaygın olarak kullanılmakta olan bağlamanın ders içinden daha çok ders dışı etkinliklerde kullanıldığını, yapısı ve çalım tarzı yönünden bir okul çalgısında bulunması gereken tüm görevlere/işlevlere sahip bir çalgı olduğunu, ders içinde kullanılırken daha çok eserlere eşlik, kulak eğitimi ve zevk eğitimi amaçlı kullanıldığını, bağlamanın geleneksel çalımında var olan doğal çok seslilikten dolayı, fonksiyonel anlamda armonik anlayışla çalınabilecek ve eşlik yapabilecek bir çalgı olduğunu belirtmektedir.

Yine Demir ve Nacakçı (2016); ortaokul öğrencilerinin derslerde bağlama kullanımına ilişkin görüşlerini, Türkiye'nin farklı coğrafi bölgeleri açısından topladıkları çalışmalarında; öğrencilerin büyük çoğunluğunun öğretmenlerinin müzik derslerinde bağlamayı etkin olarak

kullanmalarını istediklerini, öğrencilerin bağlamaya olan sevgi ve beğenilerine ilişkin görüşlerinin olumlu olduğunu ve Doğu Anadolu, Güneydoğu Anadolu ve İç Anadolu bölgelerini temsil eden illerde yaşayan öğrencilerin, Karadeniz, Akdeniz, Ege ve Marmara bölgelerini temsil eden illerde yaşayan öğrencilere göre bağlamaya ilişkin görüşlerinin daha olumlu olduğunu tespit etmişlerdir.

2. Araştırmanın üçüncü alt problemi; "Okul müzik eğitiminde "Mandolin" enstrümanının fonksiyonu nedir?" şeklindedir buna göre;

Aktürk ve Yıldız (2021) 22 farklı üniversitenin müzik eğitimi anabilim dallarında görevli 59 öğretim elemanının görüşlerine dayalı çalışmalarında; mandolinin tampere sistemli, sabit perdeli, temiz seslerin kolaylıkla üretilebildiği, kolay taşınabilen, ekonomik, hareket halindeyken kullanılabilen, şarkılara ritmik ve armonik eşlik yapabilmeye uygun, öğrencileri farklı müzik türleriyle tanıştırabilme imkânı veren, başlangıç düzeyinde kolay öğrenilebilen, öğrencilerin çalgıyı çalarken kendi seslerini de rahatlıkla kullanabilecekleri ve tüm bu özelliklerinden dolayı da özellikle genel müzik eğitiminde etkin ve işlevsel olarak kullanılabilecek bir çalgı olduğunu düşündüklerini tespit etmişlerdir.

Doğan (2009), 32 müzik eğitimcisinin görüşlerine dayalı olarak yürüttüğü araştırmasında; eğitimcilerin büyük çoğunluğunun mandolini kolay öğrenilebilir ve öğretilebilir bir çalgı olduğunu, müzik sevgisini arttıracağını, hem çalma hem de söyleme etkinlikleri için uygun olduğundan etkili bir eğitime neden olacağını, genel eğitimde yeri ve öneminin yeterince bilinemediğini, mandolin çalma becerisinin diğer çalgılara da kolaylıkla aktarılabileceğini, mandolin kullanan müzik öğretmenlerinin daha nitelikli bir müzik eğitimi sunacaklarını düşündüklerini tespit etmiştir.

Kıvrak (2003, s. 64); mandolin için şöyle söylüyor; "Bir zamanlar müzik eğitimimizin baş tacı mandolin ise henüz biraz uzakta duruyor. Biraz küskün, onurlu bir sessizlikle sadece izliyor... Onurlu, çünkü dünyanın alkışladığı eğitim harikası Köy Enstitülerimizde de baş tacı idi. Bu okullarımızda öğrenim gören her öğrenci mandolin çaldı, çaldığı mandolin eşliğinde türküler, marşlar, okul şarkıları söyledi"

Altıntaş (2007) çalışmasında; mandolin eğitimi destekli müzik eğitimi alan öğrencilerin müzik dersi başarılarının, ses eğitimi destekli müzik dersi alanlardan anlamlı bir şekilde farklılaştığını ve 6. Sınıf öğrencilerinin müzik dersi başarılarının oluşmasında mandolin eğitiminin etkili olduğunu tespit etmiştir.

3. Araştırmanın dördüncü alt problemi; "Okul müzik eğitiminde "Melodika" enstrümanının fonksiyonu nedir?" şeklindedir. Buna göre;

Apaydın Öncül (2026); ilköğretim ikinci kademe müzik eğitiminde melodika çalgısının yeri ve temel müzik eğitimine katkısını belirlemek amacıyla yürüttüğü deneysel çalışmasında; Birlikte çalma temelli melodika öğretiminin; öğrencilerin icralarındaki teknik doğruluk, ritmik tutarlılık, müzikal ifade ve akıcılık gibi pek çok boyutta bütüncül olarak geliştirdiği ve birlikte çalma temelli melodika öğretiminin öğrencilerin müziksel gelişiminde güçlü, anlamlı ve çok boyutlu bir etkiye sahip olduğunu tespit etmiştir.

Karakuş (2018); ortaokullarda görev yapan 72 müzik öğretmeninin görüşlerine başvurduğu çalışmasında; öğretmenlerin okul çalgısı olarak en çok blok flüt ve ardından da melodika kullandıklarını, melodikanın okul çalgısı olarak kullanılmasının gerekçeleri olarak; çalgının üflemeli ve tuşlu olması, okort ve entonasyon problemi yaratmaması, öğretmenlerin melodikayı öğrencilere öğretme konusunda sıkıntı yaşamamaları, öğretim programındaki bazı konuların melodika ile işlenilmesine müsait oluşu, ders yapılan dersliklerin fiziki koşullarının çalgının çalınması için uygun olması, öğrencilerin melodikayı benimsemiş olmaları ve sürekli derslere getirebilmeleri ve maliyetinin düşük olmasını belirtmişlerdir. Bu boyutuyla müzik öğretmenlerinin, melodikanın okul çalgısı olarak kullanılmaya uygun ve elverişli bir çalgı olduğu görüşünde olduklarını tespit etmiştir.

Lehimler ve Terzioğlu (2023), çalışmalarında; 80 müzik öğretmeninin melodika çalgısının okul çalgısı olarak kullanımına ilişkin görüşlerine başvurmuş ve öğretmenlerin %55'inin derslerinde melodikayı kullandığı, % 54'ünün öğretim programındaki kazanımlar için en uygun okul çalgısının melodika olduğunu düşündükleri, melodikanın kolay taşınabilir, kolay öğretilebilir/öğrenilebilir ve çalım tekniği olarak öğrenci düzeyine uygun olması yönleriyle müzik öğretmenleri tarafından tercih edilen bir çalgı olduğu ve öğretim programının kazanımlarını oluşturma boyutunda %66,6 düzeyinde yeterli bir çalgı olduğu yönünde tespitlerde bulunmuşlardır.

Sakin ve Öztürk (2017), 130 müzik öğretmenine uyguladıkları anket sonucunda derslerinde blok flüt ya da melodika kullanmalarının gerekçelerini sormuşlar ve müzik öğretmenlerinin lisans eğitimleri sürecinde sadece % 13'ünün melodika eğitimi almış olmasına rağmen, mesleklerini icra ederken sınıflarında %53 oranında melodikayı kullandıklarını tespit etmiştir. Bunun temel nedenleri olarak öğrenciler açısından öğrenilmesinin daha kolay olduklarını düşünmeleri, çokseslilik uygulamalarının daha kolay yapılması ve tuşlu bir çalgı olması nedeniyle piyanoya yakınlığı, nota öğrenme kolaylığı öğrencilerin bu çalgıyı daha ilgi çekici bulmaları gibi nedenleri tespit etmiştir.

4. Araştırmanın beşinci alt problemi; "Okul müzik eğitiminde "Blok Flüt" enstrümanının fonksiyonu nedir?" şeklindedir. Buna göre;

Usta (2024); blok flütün ülkemizde bir okul çalgısı olarak kullanılmasının tarihçesine ve bu konudaki uzman kişilerle yaptığı görüşmelere dayalı olarak; 1953 yılında Ankara'ya gelen Prof. Hermann Auer'in müzik öğretmenleri için düzenlediği kurslarla birlikte blok flüt eğitimine başlandığını, daha sonra; 1960'lı yıllarda Prof. Saadettin Ünal tarafından geliştirilen blok flüt metotlarının okullara önerilmesinden sonra, bakanlığın 1971 müzik öğretim programıyla okullarımızda resmen kullanılmaya başladığını belirtmektedir. Blok flütün özellikle sağlam yapıda olması, akort gerektirmemesi, ekonomik olması, kolay taşınabilir olmasının, onun okul müzik eğitiminde kullanılırlığının temel nedenleri olduğunu tespit etmiştir.

Tecimer (2026); 72 öğrenciden oluşan ilkokul 4. Sınıf öğrencileri ile yürüttüğü deneysel çalışmasında; öğrencilere blok flüt öğretme aşamasında hazırladığı "Video Destekli Blok Flüt Eğitimi" uygulamasında, video destekli blok flüt eğitimi alan deney grubu öğrencilerinin kontrol grubuna göre daha kalıcı ve anlamlı öğrenmeler gerçekleştirdiğini, video destekli eğitim alan öğrencilerin performans puanlarının anlamlı şekilde daha iyi olduğunu, kalıcılık testinde deney grubu öğrencilerinin anlamlı şekilde daha iyi puanlar aldıklarını, video destekli blok flüt eğitiminin öğrenciler tarafından daha ilgi çekici ve daha eğlenceli olduğunu düşündüklerini tespit etmiştir.

Kır (2018), ortaokullarda görev yapan 33 müzik öğretmeninin görüşlerine dayandırdığı çalışmasında; öğretmenlerin tamamının derslerinde blok flütü kullandığını, öğretmenlerin çok büyük çoğunluğunun; ekonomik olması, kolay temin edilebilir olması ve kolay taşınabilir olması nedenleriyle bu çalgıyı tercih ettiklerini, 13 öğretmen blok flütü okul çalgısı olarak yeterli bulmazken, 12 öğretmenin yeterli bulduğunu, 8 öğretmenin de kısmen yeterli bulduğunu tespit etmiştir.

Acar Önal ve Aydoğan (2012), 21 müzik öğretmeninin görüşlerine dayandırdıkları çalışmalarında; blok flütün öğrencilerin derse olan ilgilerini arttırmada, okul müziği repertuarını seslendirmede, nota öğretiminde, hız, gürlük terim ve işaretlerini öğretmede, ses değiştirici işaretleri öğretmede, şarkı öğretiminde, toplu ses eğitiminde, İstiklal Marşı'nın öğretiminde ve kolay öğrenilebilme bakımından, müzik öğretmenleri açısından "kısmen" yeterli bir çalgı olduğunun düşünüldüğünü, bir sınıf çalgısından daha ziyade bir öğretmen çalgısı olarak düşünülmesinin daha doğru olacağını düşündüklerini tespit etmişler ancak kolay öğrenilebilir bir çalgı olmasından yararlanılıp, öğretim programlarının blok flüte odaklı olarak revize edilmesini de önermişlerdir.

5. Araştırmanın beşinci alt problemi; "Okul müzik eğitiminde "Ukulele" enstrümanının fonksiyonu nedir?" şeklindedir. Buna göre;
Doebler (2021) ukulele eğitimi veren 3 farklı öğretmenin ukulele deneyimlerini analiz ettikleri nitel çalışmalarında; ukulele çalgısının, kullanım kolaylığı, esneklik, erişilebilirlik, öğrenci ilgisi ve başarısı noktasında avantajlı bir çalgı olduğunu düşündüklerini, öğretmenlere etkinlikleri öğrencilere göre düzenlemek için belli bir esneklik sağladığını ve öğrencilerin müzik dışı becerilerini geliştirmelerine yardımcı olduğunu, öğrencileri çeşitli müzikal kavramlarla tanıştırmak ve öğrencilerin bağımsız, özerk ve özgüvenli müzisyenler olarak gelişmesine yardımcı olmak için kullanabilecekleri güçlü bir araç olduğunu, bunlara ek olarak ta öğrencilerin ukulele çalmak yoluyla motivasyon, özgüven, bağımsızlık ve topluluk duygusu gibi müzik dışı nitelikler geliştirebildiklerini tespit etmişlerdir.
Korkmaz ve Tanyeri (2023), çalışmalarında; ukulele'nin, diğer okul çalgıları ile karşılaştırıldığında; zaman, maliyet ve boyutundan dolayı kolay taşınabilirlik açısından avantajlı olduğunu, çok sesli olması ve farklı müzik türlerine uygun olması ile onun ilkokullar için blok flüt ve melodikadan daha elverişli bir enstrüman olduğu sonucuna varmışlardır.
Gayretli, Yılmaz ve Zahal (2021) çalışmalarında; Ukulele'nin okul çalgısı olarak fonksiyonunu incelemişler ve çalgının boyutlarının öğrencilere uygun olması, taşınması açısından küçük ve hafif olması, nispeten ucuz olması, çalım kolaylığı, eşlik çalgısı olarak kullanılabilirliği, kısa sürede öğrenilebilmesi, çocukların çalgı çalarken karşılaşabilecekleri iskelet-kas sistemi sorunları oluşturmaması gibi nedenlerle müzik dersi öğretim programında yer alan amaç ve hedefleri gerçekleştirmede yeterli bir çalgı olduğunu ve özellikle öğretmen yetiştiren kurumlarda bir enstrüman türü olarak öğretilmesi gerektiğini önermişlerdir.
Mutlu Yıldız (2021), ukulelenin bir öğretmen çalgısı olması gerektiğine ilişkin çalışmasında; alan yazında Ukulelenin müzik derslerini kolaylaştıran, öğrencilerin derse karşı motivasyonunu artıran bir boyutu olduğunu, özellikle bir eşlik çalgısı olarak öğretmenler tarafından işlevsel bulunduğunu ve tercih edildiğini, Ukulelenin özellikle topluca yapılan etkinliklerde, gruba kolayca ulaşmayı sağlaması bakımından olumlu etkisi olduğunu, şarkı söylemeyi teşvik ettiğini tespit eden çalışmalara atıf yaparak, Ukulelenin pek çok çalgı ile kıyaslandığında daha ekonomik olması, kolay ulaşılabilir ve kolay taşınabilir olması, çoğu müzik türüne uyum sağlaması, armonik ve melodik olarak kullanılabilir olması, çalıp söylemeye uygun yapıda olması gibi nedenlerin, onun müzik eğitiminde kullanmaya çok uygun ve elverişli bir çalgı olduğuna ilişkin tespitlerde bulunmuştur.

4. **TARTIŞMA, SONUÇ VE ÖNERİLER**

Okul çalgılarının örgün genel müzik eğitimindeki fonksiyonuna odaklı bu araştırma, bir yönüyle de sadece okul çalgılarının değil genel olarak çalgı eğitiminin bu eğitim süreçlerindeki öğrencilere kazandıracağı bilgi, beceri ve tutumlara da atıf yapmaktadır. Özellikle müzik öğretmenlerinin çalgı eğitiminin gerekliliği konusundaki görüşleri bu noktada dikkat çekmektedir. Bu konuda yapılan çalışmalardan bazılarında; [Aksu, Altun, Yıldız ve Çırak, (2022); Baz (2019); Üstün ve Albuz (2020); Özer ve Onuray Eğilmez (2022)] müzik öğretmenleri çalgı eğitiminin müzik eğitiminin ayrılmaz bir parçası olduğunu, özellikle 2018 yılından sonra hazırlanana programlarda zorunlu olmaktan çıkartılmış olmasının olumsuz bir gelişme olduğunu, bu durumun öğrencilerin çeşitli müzikal beceri ve psikomotor gelişimlerini olumsuz etkilediğini, okullardaki çalgı eğitimi boyutunda yaşanan tüm sorunlara rağmen öğretmenlerin çok büyük oranda çalgı eğitiminin gerekliğine ve tekrar programların önemli bir bileşeni olması gerektiğini düşündükleri yönünde önemli tespitler yapılmıştır.

Okullarımızda kullanılan ve okul çalgıları olarak sınıflandırdığımız bazı temel çalgıları incelediğimiz bu araştırmada, özellikle gitar, bağlama, melodika, mandolin, blok flüt ve son dönemlerde de popüler olan ukulele çalgıları; kullanım açısından çeşitli dönemlerde daha ön

planda olmuşlar, taşıdıkları kendilerine özgü özellikleriyle çeşitli avantajları ve dezavantajları ile okul müzik eğitiminin çok önemli bir bileşeni olmuşlardır.

Bu çalgıların her birine dönük olarak gerçekleştirilen bilimsel araştırmalarda, bu çalgıların okul müzik eğitimindeki kullanılabilirliği ve oynadıkları olumlu fonksiyonlarla ilgili olarak şu özelliklerin öne çıktığını görebiliriz:

1. Bu enstrümanlar, kolay temin edilebilmektedirler.
2. Bu enstrümanlar, kolay taşınabilmektedirler.
3. Bu enstrümanlar, görece ekonomik ve ucuzdurlar.
4. Bu enstrümanlar, boyut ve hacim olarak çocukların fiziksel yapılarına ve iskelet-kas sistemlerine görece uygundurlar.
5. Bu enstrümanların bazılarının akort veya kapsamlı bakım sorunları yoktur.
6. Bu enstrümanlar, görece kolay öğrenilen ve çalınabilen enstrümanlardır.
7. Bu enstrümanlar öğrencilerin ilgisini, motivasyonunu, özgüvenlerini, öz yeterlik inançlarını, iletişim becerilerini, bağımsız müzisyenler olarak gelişimlerini ve topluluk duygusu hislerini olumlu bir şekilde arttırmaktadır.
8. Bu enstrümanlar, müzik öğretmenlerine öğretim programını uygulamada oldukça fazla kolaylık ve pratiklik sağlamaktadırlar
9. Bu enstrümanlar, tek sesli, çoksesli, geleneksel ve küresel müzik türlerini örneklendirmeye ve icra etmeye uygundurlar.
10. Bu enstrümanlar, örgün genel müzik eğitimi çağındaki çocuklar için en uygun enstrümanlar olarak değerlendirilmektedirler.
11. Bu enstrümanlar, hem solo hem de eşlik çalgısı olarak kullanılabilmektedirler.
12. Bu enstrümanların ses zenginliği, ses tınısı, ses gürlükleri ve ses aralıkları çok zengindir. Bu özellikleriyle sınıf içi pek çok müzik etkinliği için elverişlidirler.

Yukarıda sayılan pozitif özelliklerin ve çalgı eğitiminin okul müzik eğitiminde çok önemli bir bileşen olduğunun farkında olarak, bu okul müziği çalgılarını daha etkin, daha aktif bir şekilde kullanılmasına dönük şu önerilerde bulunulabilir.

Öneriler

1. Müzik öğretmenlerimize ve öğrencilerimize; okul müziği çalgılarının hiçbirini göz ardı etmeden, onları, okul içi ve okul dışı her türlü müzik etkinliğinde fonksiyonel olarak kullanabileceğimiz bir anlayışı benimsetmek için gerekli imkânların sunulması önerilir.
2. Örgün genel müzik eğitiminde okul çalgılarını daha fonksiyonel olarak kullanabilmek için özellikle müzik öğretim programlarında çalgı eğitimine dönük yeni uyarlamaların yapılması önerilir.
3. Müzik öğretmeni yetiştiren mesleki müzik eğitimi kurumlarında okul çalgıları odaklı derslere daha fazla dikkat edilmesi, ders içeriklerinin ve ders saatlerinin okul çalgılarındaki zenginliği temsil edecek şekilde düzenlenmesi önerilir.
4. Müzik öğretmenlerinin, hizmet öncesi ve hizmet içi eğitimlerle okul çalgıları hakkındaki farkındalıkları arttırılarak, onlara, çok çeşitli okul çalgısını çok farklı müzikal kazanımlar için uyarlayabilme becerisi kazandırılması önerilir.
5. Müzik derslerinde çalgı eğitimine daha etkili olarak yer verebilmek için özellikle ortaokul müzik ders saatlerinin arttırılması ve okullardaki müzik alt yapılarının geliştirilmesi önerilir.
6. Farklı okul seviyeleri için, farklı okul çalgılarına dönük, yeni ve işlevsel çalgı öğretim metotları, materyalleri, araç-gereçleri ve öğretim yöntem-tekniklerine dönük yeni çalışmalar yapılması önerilir.

7.Ülkemizde yeni uygulamaya geçen maarif modeli müzik öğretim programlarının pek çok öğrenme çıktısı ve onların süreç bileşenleri için, okul çalgılarının yukarıda sayılan çok önemli katkılarını gözeten ve çalgı eğitimini, müzik derslerinin önemli bir bileşeni olarak gören yeni bir bakış açısını oluşturmak önerilir.

KAYNAKÇA

Acar Önal, A. Aydoğan, S. (2012). Bir sınıf çalgısı olarak blokflütün ilköğretim müzik dersi ögretim programını gerçekleştirebilmedeki yeterliliği. *Süleyman Demirel Üniversitesi Güzel Sanatlar Fakültesi Hakemli Dergisi ART-E,* 10, 57-76

Akbaba Takmaz, S. (1997). *İlköğretim müzik derslerinde blok flüt eğitiminin yeri*. (Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi). İstanbul teknik Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul.

Aksu, C., Altun, Z. D., Yıldız, M. ve Çırak, M. E. (2022). Genel müzik eğitiminde göz ardı edilen program (Trabzon İli Örneği), Akdeniz, H. B. ve Akdeniz, A. Ö. (Ed)., *Müzik Eğitiminde Akademik Çalışmalar* içinde, (s. 99-122), Lyon: Livre De Lyon.

Aktürk, Z. ve Yıldız, G. (2021). Müzik eğitimi anabilim dallarında mandolinin bireysel çalgı eğitimi derslerinde kullanılmasına yönelik öğretim elemanlarının görüşleri. *Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi,* 60, 245-272

Altıntaş, B. (2007). *İlköğretim okullarında 6. sınıf müzik derslerinde verilen mandolin eğitiminin müzik dersi başarısı üzerine etkileri,* (Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi). Marmara Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü, İstanbul

Apaydın Öncül, S. (2026). *İlköğretim ikinci kademe müzik dersi melodika öğretiminde birlikte çalmaya yönelik öğretim materyalinin geliştirilmesi ve uygulamadaki görünümü.* (Yayınlanmamış Doktora Tezi). Gazi Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü, Ankara.

Ayyıldız, B. ve Erim, A. (2020). Gitara uyarlanan okul şarkılarının müzik derslerinde kullanılabilirliği. *Mustafa Kemal Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, 17*(45), 85-104

Baz, M. (2019). *İlkokul sınıf ve ortaokul müzik öğretmenlerinin 2018 müzik dersi öğretim programı hakkındaki görüşleri* (Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi). Necmettin Erbakan Üniversitesi, Eğitim Bilimleri Enstitüsü, Konya.

Demir, M. ve Nacakçı, Z. (2015). Ortaokul 6, 7 Ve 8. sınıf öğrencilerinin müzik derslerinde bağlama çalgısının kullanımına ilişkin görüşleri. *Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, 7*(13), 172-181.

Demir, M. ve Nacakçı, Z. (2016). Ortaokul müzik derslerinde, öğretmenlerin bağlama kullanmasına yönelik öğrenci görüşlerinin coğrafi bölgelere göre karşılaştırılması. *Fine Arts (NWSAFA), 11*(4), 161-170.

Demirci Özay, A., & Bilgin, S. (2017). Müzik öğretmenliği mesleğinde kullanılabilir çalgı özellikleri ve mesleki çalgı olarak elektrogitar önerisi. *Fine Arts, 12*(1), 37-51. https://doi.org/10.12739/NWSA.2017.12.1.D0188

Doebler, Grace (2021). Ukulele in music class: teachers' perspectives. *Visions of Research in Music Education, 38*(2), 1-28

Doğan, K. (2009). *Tarihsel süreç içerisinde "mandolin"in ülkemiz müzik eğitimindeki yeri-önemi ve okul çalgısı olarak kullanılabilirliği.* (Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi). Abant İzzet Baysal Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü. Bolu

Gayretli, Ş., Yılmaz, H., & Zahal, O. (2021). Müzik eğitiminde ukulele. *Atatürk Üniversitesi Kazım Karabekir Eğitim Fakültesi Dergisi,* 42, 496-510. Doi: 10.33418/ataunikkefd.816648

Gerekten, S. E. (2020). Bağlama/Saz çalgısı ile ilgili yapılan çalışmalar üzerine bir bibliyografya denemesi. *Eurasian Journal of Music and Dance.* (17), 391-411.

Gökalp, M., & Şahin, E. (2013). Müzik öğretmenliği anabilim dalı öğretim elemanları ve öğrencilerinin okul çalgıları dersinin içeriğine yönelik görüşleri. *Ondokuz Mayis University Journal of Education Faculty, 32*(2), 101-133

Güzel, C. (2021). *Okul şarkılarının eşliklenmesinde ukulele ve klasik gitarın birlikte öğretilmesine dayalı etkinliklerin ortaöğretim öğrencilerinin eşlikleme becerilerine etkisi*, (Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi). İnönü Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü, Malatya.

Karakuş, O. (2018). *Okul müzik derslerinde melodika kullanımına ilişkin öğretmen görüşleri.* (Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi). Gazi Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü, Ankara.

Karataş, Y., & Kılıç, İ. (2017). Ortaöğretim düzeyi müzik derslerinde kullanılan okul çalgıları ve bu çalgıların öğretiminde karşılaşılan sorunların incelenmesi. *Adıyaman Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi,* 26, 565-601. https://doi.org/10.14520/adyusbd.336493

Karasar, N. (2022). *Bilimsel araştırma yöntemleri-kavramlar-ilkeler-teknikler. (37. bs.).* Ankara: Nobel Akademi.

Kınık, M. (2011). Türk halk müziği çalgı topluluklarının yapılanması ve bağlama. *Erciyes üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, 1*(30), 211-234.

Kır, F. İ. (2018). *Ortaokul müzik öğretmenlerinin blok flüt eğitiminde karşılaştıkları sorunlar.* (Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi), Necmettin Erbakan Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü, Konya.

Kıvrak, Y. (2003, Ekim). *Müzik eğitimi çalgılarımız.* Cumhuriyetimizin 80. Yılında Müzik Sempozyumu'nunda sunulan bildiri, İnönü Üniversitesi, Malatya

Korkmaz, K. & Tanyeri, B. (2023). İlkokullarda okul çalgısı olarak ukulele kullanımının öğrencilere sağladığı katkılar, *International Social Mentality and Researcher Thinkers Journal, 9*(77): 5167-5173. DOI: http://dx.doi.org/10.29228/sm ryj.73574

Lehimler, E. & Terzioğlu, A. M. (2023). Ortaokul müzik dersi öğretim programı hedeflerine uluşmada melodika çalgısının yeterliliği. *Journal of History School,* 65, 1474-1496.

Melts, J. A. (1976). Sınıfta kullanılan bir çalgı olarak gitar, *The American Music Teacher, 26*(2), 12-15

Mutlu Yıldız, Y. (2021). Müzik eğitiminde öğretmen çalgısı olarak bir öneri: Ukulele. *Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi,* 58, 733-746

Önal, A. A., & Aydoğan, S. (2012). Bir sınıf çalgısı olarak blokflütün ilköğretim müzik dersi öğretim programını gerçekleştirebilmedeki yeterliliği. *Art-e Sanat Dergisi, 5*(10), 57-76.

Özer, Z. ve Onuray Eğilmez, H. (2022). MEB 2017 ortaokul müzik dersi öğretim programı'nın öğretmen görüşleri doğrultusunda değerlendirilmesi. *Milli Eğitim Dergisi, 51*(234), 1181-1208.

Pepe, V. (2025). *Bağlamanın ortaöğretim müzik dersinde eşlik çalgısı olarak kullanımına yönelik öğretmen deneyimleri (antalya ili örneği).* (Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi). Pamukkale Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü. Denizli

Sakin, A. Ş. ve Öztürk, F. G. (2017). Müzik öğretmenlerinin sınıf çalgısı olarak "blok flüt" ya da "melodika" tercih etme nedenleri. *International Journal Of Eurasia Social Sciences,* 8(30), 1528-1546

Say, A. (2005). Blokflüt, (s. 231). Mandolin, (s. 414), Melodika (s. 452), *Müzik Ansiklopedisi I-II-III,* Ankara: Müzik Ansiklopedisi yayınları

Sözen, İ. (2018). Bağlamanın ilköğretim müzik eğitiminde bir eşlik çalgısı olarak çoksesli kullanımı. *Kesit Akademi Dergisi, 4*(14), 231-257.

Tecimer, B. (2016). *İlkokullarda video destekli blok flüt eğitimi.* (Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi). Abant İzzet Baysal Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü, Bolu

Uluocak, S. ve Tufan, E. (2010). Öğretmen çalgısı olarak gitar kullanımının ilköğretim öğrencilerinin müzik dersi başarısına etkisi, *Kastamonu Eğitim Dergisi, 18*(2), 597-606

Uluocak, S. (2014). Klasik gitarın ilköğretim müzik eğitiminde öğretmen çalgısı olarak kullanımı. *Abant İzzet Baysal Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi, 14*(2), 109-123.

Uslu M. (1996, Kasım). *Türkiye'de çalgı eğitiminin yaygınlaştırılmasında ve geliştirilmesinde AGSL Müzik bölümlerinin önemi,* 1. Ulusal Anadolu Güzel Sanatlar Liseleri Müzik Bölümleri Sempozyumunda sunulan bildiri, Uludağ Üniversitesi, Bursa.

Usta, A. (2024). *Türkiye'de okul çocuk çalgısı olarak blok flüt: Dünü bugünü*. (Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi), Dokuz Eylül Üniversitesi, Eğitim Bilimleri Enstitüsü, İzmir.

Üstün, H. ve Albuz, A. (2020). Genel müzik eğitiminde Türk müziği unsurlarının öğretilmesine yönelik çalgı boyutuna ilişkin öğretmen görüşleri. *Turkish Studies - Education, 15*(3), 2191-2209. https://dx.doi.org/10.29228/TurkishStudies.42222

Yurga, C. ve Yurga, M. C. (2022). *Okul şarkılarıyla melodika öğreniyorum.* Malatya: İnönü Üniversitesi Yayını

THE ROLE OF PHOTOVOLTAIC (PV) SYSTEMS IN REDUCING THE CARBON FOOTPRINT OF ELECTRICITY GENERATION: A 1 MW PV SYSTEM EXAMPLE

Asst. Prof. Dr. Pınar CELEN

Gümüşhane University, Gümüşhane Vocational School, Department of Electronics and Automation, Gümüşhane, Türkiye

ORCID ID: 0000-0002-3369-143X

ABSTRACT

This study examines the effect of reducing the carbon footprint of electricity generated using photovoltaic (PV) systems instead of fossil fuel thermal power plants. In this context, annual energy production was calculated by taking a 1 MW installed capacity PV system as a reference. The obtained production values were compared with the emission factors of fossil fuel thermal power plants. As a result of the analysis, it was determined that the energy obtained with photovoltaic (PV) systems significantly reduces carbon emissions. The study highlights the crucial role of renewable energy systems in mitigating climate change. Especially considering the high number of sunshine hours in Turkey, it is evident that PV systems are quite effective in reducing carbon emissions.

Keywords: Photovoltaic Systems, Carbon Emissions, Carbon Footprint, Renewable Energy, Thermal Power Plant.

INTRODUCTION

Growing worldwide energy consumption and ongoing reliance on fossil fuels are contributing to an increase in greenhouse gas emissions, one of the primary causes of climate change (Jorgenson et al., 2019). Among the most popular methods for producing power are coal and natural gas. Large amounts of carbon dioxide (CO_2) are released during the combustion of these fuels, polluting the environment. The desire for cleaner energy systems has led to a move toward renewable energy sources.

Solar energy stands out among renewable energy sources as one of the most promising technologies due to its scalable structure, modular design and lack of direct emissions during operation. Since photovoltaic (PV) systems generate electricity directly without any combustion process, carbon emissions during operation are almost zero. Studies on life cycle analyses also show that solar energy systems have a significantly lower environmental impact compared to fossil fuel-based systems (Guillén-Lambea et al., 2023; Wang et al., 2015). Therefore, increasing the share of PV systems in the energy production portfolio is considered an important strategy in reducing the carbon footprint of electricity generation (Stylos & Koroneos, 2014; Guo et al., 2023; Connors et al., 2005; Carneiro et al., 2022).

There are numerous studies in the literature on the environmental performance of photovoltaic systems and their comparison with conventional energy systems. Gök (2025) compared coal-fired thermal power plants and PV systems in terms of emission intensity and determined that for the same installed capacity, coal power plants emitted 1221.5 tCO_2-eq, while PV systems emitted 167.67 tCO_2-eq. Groesbeck and Pearce (2018) showed that even if carbon capture and

storage (CCS) technology is integrated into coal power plants, photovoltaic systems are more advantageous in terms of both land use and carbon efficiency. Furthermore, Shao et al. (2025) highlighted the role of hybrid energy configurations in emission reduction by demonstrating that the integration of renewable energy into coal-based energy systems can significantly reduce total carbon emissions. In their study, Soler et al. (2025) conducted a life cycle analysis of a 1 MW PV plant and obtained an emission value of 33.1 g CO_2-equivalent/kWh. The results show that the PV system is a low-carbon energy production option. While high solar radiation increases performance, some of the environmental impacts stem from materials and maintenance processes.

However, although detailed environmental assessments based on life cycle analysis of photovoltaic systems are common in the literature, simplified carbon reduction potential analyses based on operational energy production are limited. In particular, capacity factor-based approaches constitute a significant gap in terms of rapid system-based assessment.

In this study, the carbon emission reduction potential of a 1 MW photovoltaic (PV) system was evaluated based on its annual electricity production. Unlike detailed life cycle analyses, this study uses a simplified, capacity factor-based method to estimate energy production and calculate the associated carbon reduction potential. This approach is important because it allows for rapid assessment, increases the comparability of different systems, and provides a practical tool in energy planning studies.

METHODOLOGY

This study compares the carbon emissions of a 1 MW photovoltaic (PV) system with those of fossil fuel power plants (coal and natural gas) with the same installed capacity but using different fuel types.

The following assumptions were made in the study:

- All systems have an installed capacity of 1 MW.
- The annual operating time is 8,760 hours.
- System losses have been ignored.
- Emission factors are considered constant.

The annual energy production of all energy generation systems was calculated using the capacity factor approach.

$$E = P \times CF \times 8760$$

Here;

• E: Annual energy production (kWh)

• P: Installed capacity (MW)

• CF: Capacity factor

• 8760: Total hours in a year (h)

Capacity factors for each system were based on typical values found in the literature. The analysis considered a photovoltaic (PV) solar power plant, a coal-fired thermal power plant, and a natural gas combined cycle power plant, all with identical installed capacities and evaluated under the same operational conditions.

For all types of power plants included in the study, the values used in the literature were utilized in the calculations. The commonly used emission factor in the literature is approximately 0.90 kgCO_2/kWh for coal-fired thermal power plants, 0.40 kgCO_2/kWh for natural gas power plants,

and approximately 0.05 $kgCO_2/kWh$ for photovoltaic systems (IPCC, 2014; IEA, 2023; Fthenakis & Kim, 2011). This difference stems from the nature of the energy sources and their operating characteristics. The values in Table-1 were used as the capacity factor for coal-fired power plants, natural gas-fired power plants, and solar power plants.

Table 1. Capacity Factors of Coal-Fired, Natural Gas-Fired, and Solar Power Plants

Fuel Type	**Capacity Factor**
PV (Photovoltaic)	0.18 – 0.22
Coal	0.55 – 0.62
Natural Gas	0.45 – 0.49

Carbon emissions for each energy production system were calculated using the following equation:

$$CO_2 = E \times EF$$

Here;

• CO_2: Total carbon emissions ($kgCO_2$)

• E: Annual energy production (kWh)

• EF: Emission factor ($kgCO_2/kWh$)

The emission factors used for different fuel types are different, with the highest values for coal, lower values for natural gas, and the lowest values for PV systems. While PV systems do not produce direct emissions during operation, they do have indirect emissions when their life cycle (production, transportation, and installation processes) is considered.

The carbon reduction potential of the photovoltaic system was calculated by comparing it separately to each fossil fuel system:

$$CO_{2,reduction} = CO_{2,fossil} - CO_{2,PV}$$

In this context, the comparisons between PV and coal, as well as PV and natural gas, were evaluated separately. The carbon reduction potential ($CO_{2,reduction}$) was calculated by subtracting the carbon emissions determined for PV systems ($CO_{2,PV}$) from those calculated for coal- and natural gas-fired power plants ($CO_{2,fossil}$).

This approach allows for the comparison of different energy production technologies under the same installed capacity, enabling a systematic analysis of the impact of the capacity factor on carbon emissions.

Although emission factors used in the literature are within certain ranges, the most commonly used ones have been preferred in this study. These values are given in the table below.

Table 2. Emission Factors of Coal-Fired, Natural Gas-Fired, and Solar Power Plants

Fuel Type	**Emission Factor ($kgCO_2/kWh$)**
PV (Photovoltaic)	0.05 (Fthenakis & Kim, 2011)
Coal	0.90 (IPCC, 2014; IEA, 2023)
Natural Gas	0.40 (EIA, 2023)

RESULTS

This study examines the change in carbon emissions from coal, natural gas, and photovoltaic (PV) energy production systems with a total installed capacity of 1 MW, with respect to changes in capacity factor. The results show that capacity factor is a determining parameter for both energy production and carbon emissions.

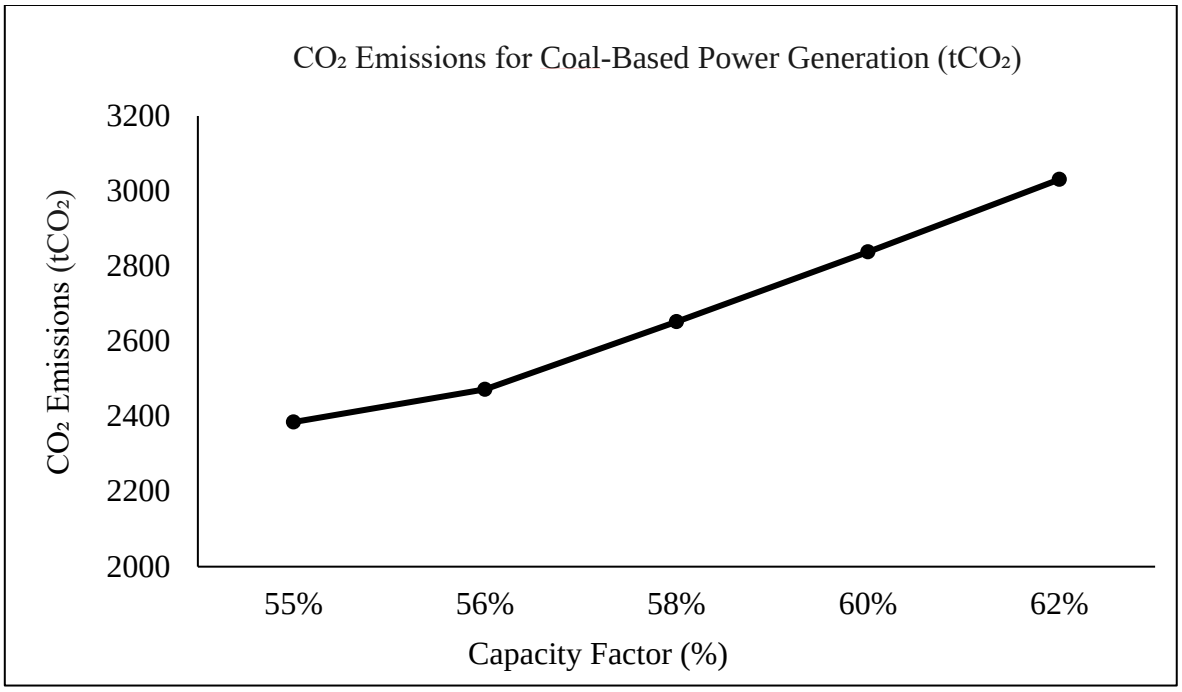


Figure 1. Effect of Capacity Factor on CO_2 Emissions for Coal-Based Power Generation (tCO_2)

In Figure 1, the capacity factor of the coal-fired thermal power plant was increased from 55% to 62%. This increase resulted in a rise in CO_2 emissions from 2385 tCO_2 to 3031 tCO_2. This demonstrates that as production increases in coal-fired power plants, fossil fuel consumption also increases, leading to a linear increase in total emissions. Furthermore, the steep slope clearly shows the dominant effect of coal's carbon intensity on the system.

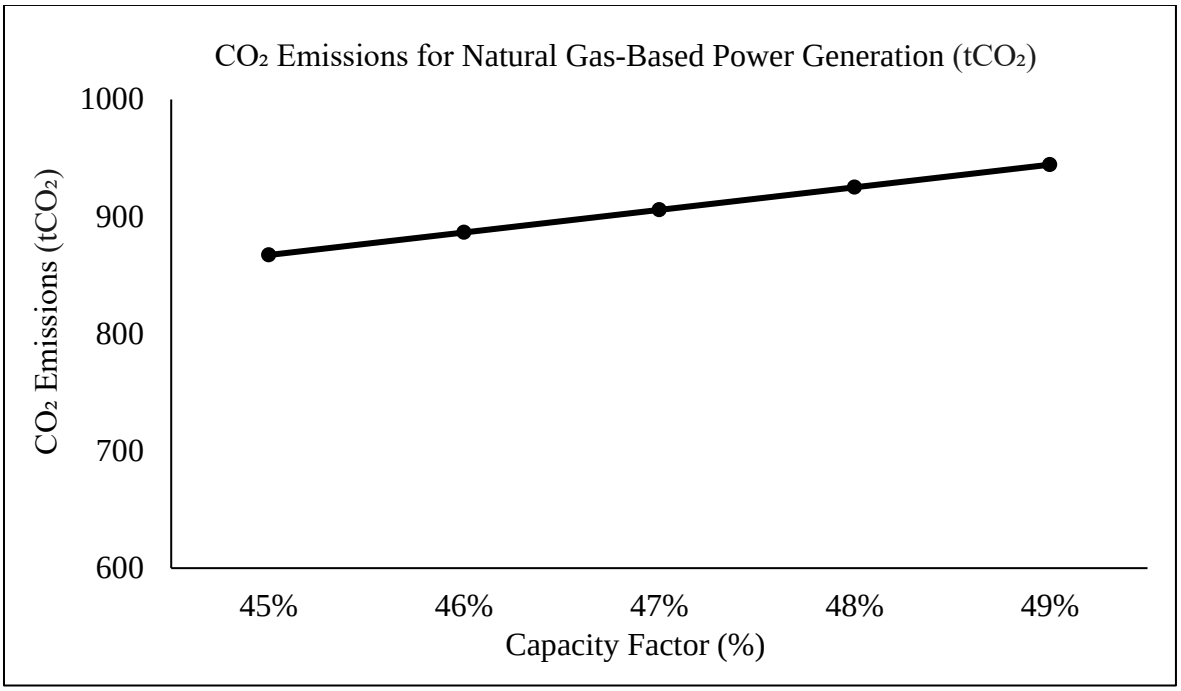


Figure 2. Effect of Capacity Factor on CO_2 Emissions for Natural Gas-Based Power Generation (tCO_2)

Figure 2 shows that in natural gas-based production, an increase in CO_2 emissions is observed as the capacity factor increases. However, this increase has a lower slope compared to coal-

fired power plants. As the capacity factor increases from 45% to 49%, emissions rise from approximately 867 tCO_2 to 944 tCO_2. This result indicates that natural gas has a lower carbon intensity than coal and generates a more limited increase in emissions for the same increase in production. Nevertheless, it is clear that the increase in production volume directly increases emissions.

As shown in Figure 3, an increase in CO_2 emissions in solar energy systems with increasing capacity factor is observed at a much lower level compared to fossil fuel power plants. If the capacity factor increases from 18% to 22%, emissions rise from approximately 43 tCO_2 to 53 tCO_2. This increase is quite limited because solar energy produces almost zero emissions during the operational phase. The small increases observed are likely due to indirect emissions from the lifecycle.

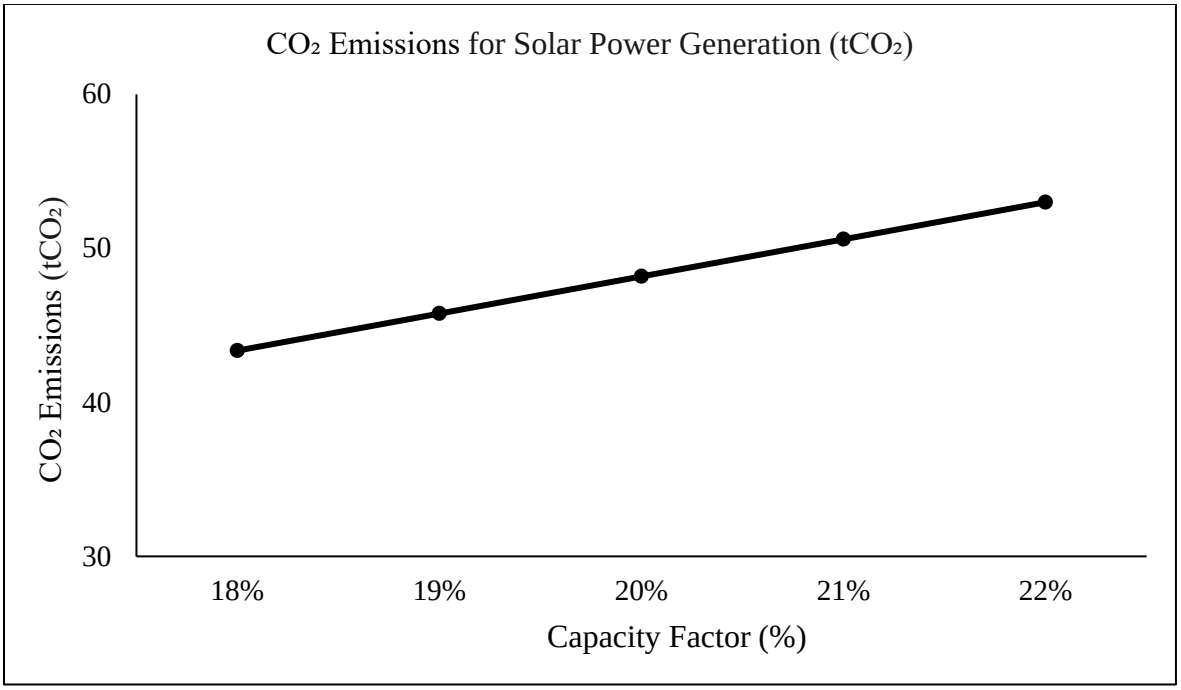


Figure 3. Effect of Capacity Factor on CO_2 Emissions for Solar Power Generation (tCO_2)

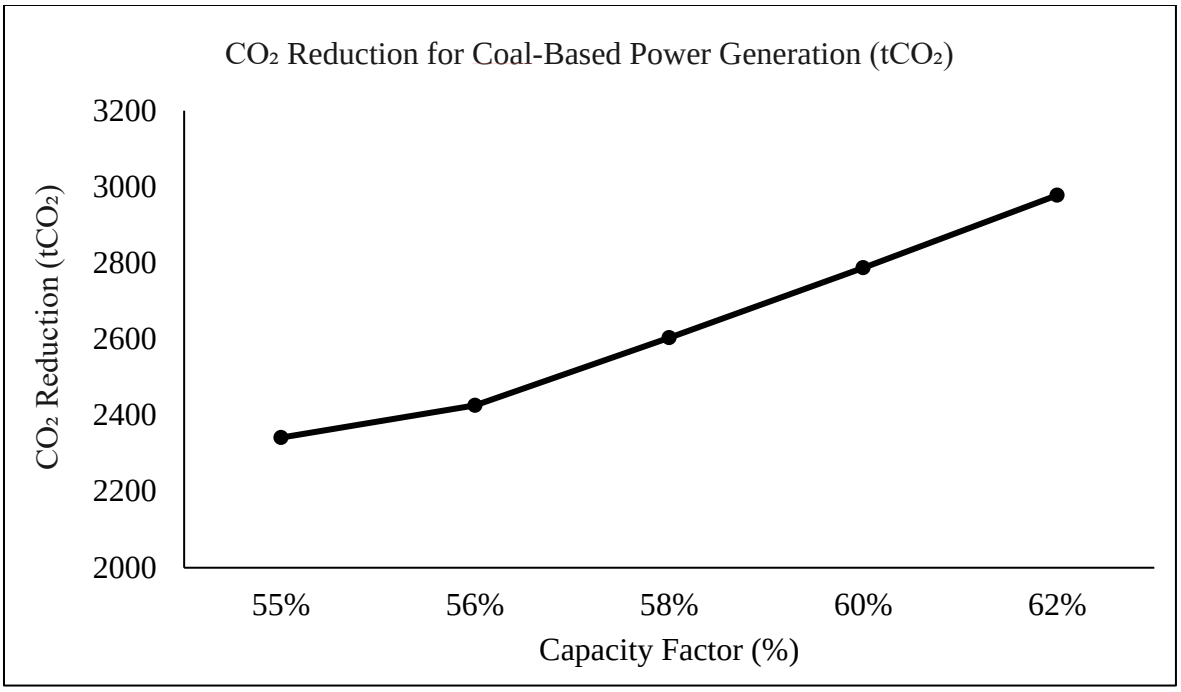


Figure 4. Effect of Capacity Factor on CO_2 Reduction for Coal-Based Power Generation (tCO_2)

As shown in Figure 4, there is a linear relationship between the increase in capacity factor and emission reduction. When the capacity factor increases from 55% to 62%, the annual CO_2 reduction reaches approximately 2978 tCO_2, up from 2342 tCO_2. This demonstrates the direct impact of operational efficiency on environmental performance.

Figure 5 shows the potential for CO2 reduction in natural gas-fired power plants depending on the capacity factor. As seen in the graph, when the capacity factor increases from 45% to 49%, the CO2 reduction increases from 824 tCO2 to 892 tCO2. This assessment shows that although natural gas power plants are a cleaner fossil fuel option, they have significant emission improvement potential in high-capacity operations.

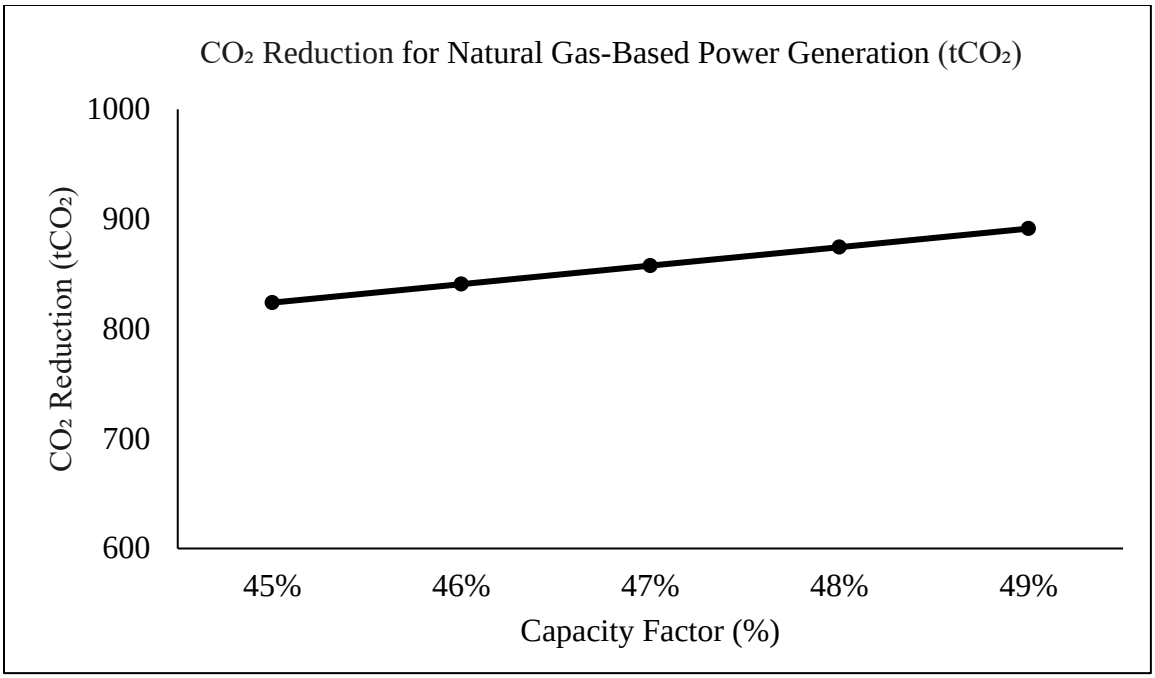


Figure 5. Effect of Capacity Factor on CO_2 Reduction for Natural Gas-Based Power Generation (tCO_2)

Table 3. Comparative Analysis of Carbon Emissions of Coal, Natural Gas, and Photovoltaic Systems

Coal (tCO_2)	Natural Gas (tCO_2)	PV (tCO_2)
2385	867	43
2472	886	46
2652	905	48
2838	925	51
3031	944	53

Table 3 presents a comparative analysis of carbon emissions for 1 MW of installed power from coal, natural gas, and photovoltaic systems. The study considered different capacity factor ranges for PV, natural gas, and coal power plants, and analyzed the impact of a 1-point increase in capacity factor scenarios on carbon emissions for each type of production. This approach allows for a comparable assessment between different technologies. The results show that coal-fired power plants have the highest CO_2 emission values, while natural gas power plants produce lower but still significant levels of emissions.

Photovoltaic systems, on the other hand, have significantly lower emission values compared to other energy production technologies. This clearly demonstrates that PV systems are an important alternative for sustainable energy production.

Furthermore, it is observed that an increase in capacity factor directly increases emissions in fossil fuel power plants, while the environmental impact remains quite limited in PV systems. In this context, increasing the share of renewable resources in energy production is critically important for reducing carbon emissions.

CONCLUSION AND DISCUSSION

In this study, the capacity factor was varied within specific ranges in coal-fired and natural gas-fired thermal power plants and solar power plants. The changes in CO_2 emissions within these ranges were determined. The results showed that increasing the capacity factor increased CO_2 emissions in all energy types. However, the magnitude of this increase varied significantly depending on the energy source used in the power plant.

Coal-fired power generation systems have the highest CO_2 emission levels and are the systems most affected by changes in the capacity factor. Due to the high carbon content and low energy conversion efficiency of coal, an increase in production volume directly and significantly leads to an increase in emissions. This reveals that coal is the most carbon-intensive fuel in electricity generation and is consistent with findings in the literature.

In natural gas-fired systems, lower emission levels were achieved compared to coal-fired systems. However, similar to coal-fired systems, an increase in emissions was observed with increasing capacity factor. Calculations show that natural gas has higher efficiency and lower carbon intensity. However, due to its fossil fuel-based nature, it is not a completely low-carbon solution. In solar energy systems, CO_2 emissions have been found to be at very low levels. The increase in emissions calculated based on the increase in the capacity factor is quite low. This low increase in emissions is not directly related to operation but to indirect emissions from life cycle processes (production, installation, and maintenance). This result clearly shows that solar energy is an important alternative in sustainable and low-carbon energy production. However, the variability of the capacity factor depending on meteorological conditions constitutes a limitation in terms of continuous energy production of these systems.

In general, reducing carbon emissions in the energy sector is possible not only by increasing efficiency but also by transitioning from fossil fuels to renewable energy sources. In particular, moving away from coal-fired production and increasing the share of renewable energy sources in energy production plays a very important role in reducing total emissions. Technological developments aimed at researching the capacity factors of systems such as solar energy, as well as low-carbon emission technologies, will support the sustainable energy transition.

REFERENCES

Carneiro AL, Martins AA, Duarte VCM, Mata TM, Andrade L. Energy consumption and carbon footprint of perovskite solar cells. *Energy Rep.* 2022;8(3):475-481.https://doi.org/10.1016/j.egyr.2022.01.045

Connors S, Martin K, Adams M, Kern E, Asiamah-Adjei B. Emissions reductions from solar photovoltaic (PV) systems. Laboratory for Energy and the Environment, Massachusetts Institute of Technology. 2005.

Cozzi L, Gould T, Bouckart S, et al. *World Energy Outlook 2020–2050*. International Energy Agency; 2020:1–461

Fthenakis VM, Kim HC. Photovoltaics: life-cycle analyses. *Solar Energy.* 2011 ; 85 (8) : 1609-1628. doi:10.1016/j.solener.2011.06.002

Gök A. Karbon emisyonu açısından kömür yakıtlı termik santraller ile PV güneş enerji santralinin karşılaştırılması. Doctoral dissertation. 2025.

Guillén-Lambea S, Sierra-Pérez J, García-Pérez S, Montealegre AL, Monzón-Chavarrías M. Energy self-sufficiency urban module (ESSUM): GIS-LCA-based multi-criteria methodology

to analyze the urban potential of solar energy generation and its environmental implications. *Sci Total Environ.* 2023;879:163077. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.163077

Groesbeck JG, Pearce JM. Coal with carbon capture and sequestration is not as land use efficient as solar photovoltaic technology for climate neutral electricity production. *Sci Rep.* 2018;8(1):13476. https://doi.org/10.1038/s41598-018-31505-3

Guo X, Dong Y, Ren D. CO_2 emission reduction effect of photovoltaic industry through 2060 in China. *Energy.* 2023;269:126692 https://doi.org/10.1016/j.energy.2023.126692Get rights and content.

Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). Climate Change 2014: *Mitigation of Climate Change*. Cambridge University Press; 2014.

International Energy Agency. *Electricity Market Report 2023.* IEA; 2023.

Jäger-Waldau A. Snapshot of photovoltaics—February 2020. *Energies*. 2020;13(4):930. https://doi.org/10.3390/en13040930

Jorgenson SN, Stephens JC, White B. Environmental education in transition: a critical review of recent research on climate change and energy education. J Environ Educ. 2019;50(3):160-171. doi:10.1080/00958964.2019.1604478. https://doi.org/10.1080/00958964.2019.1604478

Shao Y, Wu T, Yan X, et al. Benchmarking carbon emissions of coal power against natural gas power via renewable energy integration. *Energy.* 2025;324:135949. https://doi.org/10.1016/j.energy.2025.135949

Soler D, et al. Environmental performance of a 1 MW photovoltaic plant in the Atacama Desert: A life cycle assessment study. *Solar Energy.* 2025;292:113454. https://doi.org/10.1016/j.solener.2025.113454

Stylos N, Koroneos C. Carbon footprint of polycrystalline photovoltaic systems. *J Clean Prod.* 2014;64:639-645. doi:10.1016/j.jclepro.2013.08.010. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2013.08.010

Wang J, Yang Y, Mao T, Sui J, Jin H. Life cycle assessment (LCA) optimization of solar-assisted hybrid CCHP system. *Appl Energy.* 2015;146:38-52. https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2015.02.056

ANALYSIS OF THE METHODOLOGICAL FOUNDATIONS OF MILITARY SCIENTIFIC PERSONNEL TRAINING IN THE CONTEXT OF INTERNATIONAL EXPERIENCE

Ph.D Mujkan MEMMEDZADE

Military Scientific Research Institute, Baku, Azerbaijan.

ORCID ID: 0000-0001-5693-3748

ABSTRACT

The article provides a systematic analysis of the methodological foundations of military scientific personnel training in the context of international experience. Geopolitical transformations in the contemporary security environment, the expansion of hybrid forms of warfare, the growth of information and cyber threats, and the integration of advanced technologies into the military sphere have significantly increased the importance of the intellectual component of military activity. Under these conditions, the training of military scientific personnel is considered not merely as the transfer of professional knowledge, but as a complex methodological system characterized by the formation of scientific thinking, the development of analytical decision-making abilities, and the promotion of innovative activity.

The study demonstrates that in international military education systems, the concept of military scientific personnel has a broad scope and includes not only specialists with academic degrees, but also analytical decision-makers, researchers at military research institutes, and leaders of scientific projects in the military-technical field. These personnel function as key intellectual resources who generate knowledge, integrate scientific results into military practice, and participate in the scientific substantiation of strategic decisions.

The article extensively interprets the main methodological models applied in international practice — research-oriented training, problem-based learning, and simulation-based instruction. These approaches facilitate the transition of learners from passive recipients of knowledge to active researchers and analysts, develop decision-making skills through the modeling of real operational situations, and create conditions for the scientific assessment of risks. The integration of teaching and scientific research activities, cooperation with the defense industry, and the applied orientation of dissertation research are identified as significant factors enhancing the effectiveness of the methodological system.

In conclusion, international experience shows that the training of military scientific personnel is a strategically significant system built on the integration of scientific research, education, technology, and psychological preparation, and that the improvement of its methodological foundations is an important factor in strengthening the intellectual support of national security.

Keywords: Military scientific personnel, methodological system, research-oriented training, simulation-based training, analytical decision-making, military education.

INTRODUCTION

The rapid and multidirectional changes occurring in the international security environment in the twenty-first century have elevated the role of scientific knowledge in the military sphere to a qualitatively new level. Processes of globalization, the increasing complexity of regional conflicts, the growth of non-traditional sources of threats, the intensification of confrontations

in the information and cyber domains, as well as the development of artificial intelligence, unmanned systems, and precision weapon technologies, are shaping new requirements for modern armed forces. Under these conditions, the effectiveness of military power is determined not only by material and technical resources but, above all, by human capital capable of scientifically grounded planning, analytical assessment, forecasting, and innovative decision-making. Thus, the training of military scientific personnel functions as the intellectual pillar of the national security system.

According to contemporary approaches, the training of military scientific personnel is not merely a process of transferring professional knowledge, but a complex methodological and pedagogical system. This system is formed through the integration of scientific research activity, the educational process, practical military experience, and the technological environment. Since erroneous decisions in the military domain may lead to strategic consequences, the scientific mindset, evidence-based approach, and systematic analytical skills of trained specialists acquire particular significance. In this regard, military scientific personnel training differs from the classical academic model by incorporating applied orientation, situational analysis, and risk assessment.

International experience demonstrates that in advanced military systems, personnel training is no longer organized solely within national frameworks but also in the context of the requirements of the international security environment. NATO standards, multilateral training programs, joint scientific projects, and international military education networks create conditions for the universalization of methodological approaches and the exchange of experience. This contributes to the formation of military scientific personnel as specialists capable of safeguarding national interests while also understanding global security processes.

On the other hand, the multidimensional character of modern military operations — involving the interaction of military, political, informational, psychological, and technological components — necessitates an interdisciplinary approach to personnel training. A military scientific specialist is no longer merely an officer possessing tactical knowledge, but also a researcher capable of conducting strategic analysis, evaluating information flows, considering socio-psychological factors, and applying technological innovations to the operational environment. This requires the renewal of the structure and content of the methodological system, as well as of the training methods employed.

Therefore, the study of international experience holds significant scientific and practical importance for improving the methodological foundations of military scientific personnel training. The analysis of models formed in different countries, the identification of their common and distinctive features, and the systematization of effective methods create opportunities for the modernization of national military education systems.

METHOD

In the contemporary security environment, the nature of military activity has undergone fundamental transformation. Alongside classical combat operations, information confrontation, cyber threats, competition for technological superiority, and elements of hybrid warfare have come to the forefront. Under these conditions, the effectiveness of military power is determined not only by material and technical support, but also by scientifically grounded thinking, analytical decision-making, and innovative approaches. In such a context, the concept of military scientific personnel gains particular relevance, and its content extends far beyond the traditional notion of a “military officer with an academic degree.”

Military scientific personnel refers to specialists who possess military-theoretical thinking, have mastered research methodology, demonstrate advanced analytical abilities, and are capable of applying scientific results to practical military activities. This category is not limited to academic work; rather, it functions both as a producer of knowledge and as an actor integrating that knowledge into military management and operational environments. In international practice, this category includes researchers at military research institutes, scientific and pedagogical staff of higher military education institutions, analytical decision-makers at the operational and tactical levels, and specialists leading scientific projects in the military-technical sphere. Through the activities of these personnel, an interconnection is formed among scientific knowledge, military technology, and operational experience.

The functional characteristics of military scientific personnel are defined not only by the application of existing knowledge but also by their participation in the creation of new knowledge and the scientific substantiation of strategic decisions. They operate in areas such as the analysis of military risks, forecasting of the security environment, scientific modeling of operational plans, and the implementation of new technological solutions. This necessitates the existence of a specialized methodological system for their training. Such a system should be built on the integration of research activity, pedagogical methodology, and practical military experience.

In international practice, the research-oriented training model occupies a leading position among methodological approaches used in the preparation of military scientific personnel. In this model, the educational process is closely integrated with scientific projects, and cadets, master's students, and doctoral candidates are involved in research activities aimed at solving real military problems. Education is not confined to the assimilation of theoretical knowledge; it is accompanied by the preparation of analytical reports, the development of strategic scenarios, the analysis of operational data, and the conduct of applied research. This approach transforms learners from passive consumers of knowledge into active researchers and fosters the development of a scientific mindset.

One of the key methodological directions is problem-based learning. In this model, instruction is organized not around the sequential explanation of topics but around the resolution of real or simulated problems. Complex situations such as hybrid threat scenarios, information warfare contexts, and the planning of peacekeeping operations engage learners in multifaceted analysis. They examine problems from military, legal, psychological, and technological perspectives, compare alternative decision options, and substantiate optimal solutions. This process promotes the development of systemic thinking, strengthens decision-making skills, and prepares individuals to operate under conditions of uncertainty.

Simulation- and scenario-based training methods are also widely used in international military education systems. Digital simulation platforms and war games enable the modeling of operational environments, the anticipation of possible outcomes of decisions, and the learning of risk assessment. These methods serve as a bridge between theoretical knowledge and practical skills and enhance the operational thinking abilities of military scientific personnel. Simulation environments also allow for the safe analysis of errors and the systematization of experience.

From a structural perspective, the methodological system of military scientific personnel training consists of several interrelated components. The goal component is oriented toward the formation of military scientific potential at the strategic level and the development of analytical and research skills at the operational level. The content component encompasses military strategy, security theory, military technologies, information and cybersecurity, psychology, and leadership. The methodological component is characterized by project-based methods, research

seminars, interactive discussions, and analytical writing activities. Within the assessment component, alongside traditional examinations, scientific articles, project outcomes, analytical briefs, and practical applications serve as key evaluation criteria.

In the international model, education and scientific research activities are inseparably linked. Learners in higher military education institutions are involved in real research groups, joint projects are carried out with the defense industry and academic institutes, and dissertation research has an applied orientation. This integration accelerates the operational implementation of scientific results and enhances the practical value of research activity.

Digitalization represents a significant feature of the modern methodological system. Artificial intelligence–based analytical tools, big data analysis, tactical exercises in virtual reality environments, and digital learning platforms are widely employed in the training of military scientific personnel. These technologies facilitate the processing of complex information flows, strengthen the scientific substantiation of decision-making, and enable the personalization of the learning process.

The training of military scientific personnel also encompasses pedagogical and psychological aspects. Stress resilience, leadership behavior, ethical decision-making, and teamwork skills are considered integral components of the methodological system. This is because decisions in modern operational environments are made under conditions of high risk and time constraints, where the human factor plays a decisive role.

Thus, the generalization of international experience demonstrates that the methodological foundations of military scientific personnel training are multi-level, integrative, and innovative in nature. This system is built upon the unity of scientific research, education, technology, and psychological preparation, forming the intellectual support of military security. At the present stage, military scientific personnel are not merely carriers of knowledge but key actors who think analytically, generate innovation, and provide scientific grounding for strategic decision-making.

RECOMMENDATIONS

The conducted analysis indicates that in the contemporary security environment, the training of military scientific personnel has moved beyond the framework of traditional professional instruction and has evolved into a complex, multi-level system grounded in scientific and methodological foundations. The growing significance of technological, informational, and psychological components of military activity, the rise of hybrid threats, and the increasing complexity of decision-making processes have intensified the demand for specialists with high analytical capacity in the military sphere. In this context, military scientific personnel are not merely subjects who acquire knowledge, but key intellectual resources who generate new knowledge, apply it to military practice, and participate in the scientific substantiation of decisions at the strategic level.

The generalization of international experience demonstrates that the methodological foundations of military scientific personnel training are built upon research orientation, the study of problems in real contexts, simulation- and scenario-based training, and the extensive application of digital technologies. The integration of education with scientific research activity, cooperation with the defense industry and academic institutions, and the applied nature of dissertation research are among the principal factors enhancing the effectiveness of this system. This approach transforms the military educational environment into a dynamic and innovative platform, elevating learners from passive consumers of knowledge to active analysts and researchers.

The interrelation of the structural components of the methodological system — goals, content, methods, and assessment — ensures the systematic preparation of military scientific personnel. In particular, the emphasis on scientific output, analytical activity, and practical application within assessment mechanisms increases the quality indicators of training. At the same time, consideration of pedagogical and psychological factors, as well as the development of qualities such as leadership, ethical responsibility, and stress resilience, becomes an integral part of the professional profile of military scientific personnel.

The application of digitalization and artificial intelligence technologies introduces new content and forms into the methodological system, enhancing the depth of analytical analysis and the accuracy of decision-making. This fosters a more evidence-based and prognostic character of military scientific activity. Thus, international experience shows that the training of military scientific personnel constitutes a strategically significant field formed through the integration of scientific thinking, innovative activity, and practical skills. The improvement of its methodological foundations plays a decisive role in strengthening the intellectual resilience of the national security system.

LITERATURE

NATO. Education and training policy – 2023. – URL: https://www.nato.int/cps/en/natohq/topics_82705.htm

Security challenges and military education – 2022. – URL: https://www.osce.org

Azərbaycan Respublikası Müdafiə Nazirliyi. Azərbaycan Ordusunun hərbi elm və təhsil sistemi. – Bakı: Müdafiə Nazirliyi Nəşriyyatı, 2025. – 212 s. URL: https://mod.gov.az/az/azerbaycan-ordusunun-herbi-elm-ve-tehsil-sistemi-326/

Smith R., Jones L. Military higher education reform: Comparative analysis // Armed Forces & Society. – 2020. – Vol. 46, № 4. – P. 567–584.

David S., Morten G.E. Sociology in Military Officer Education – October 2008. – URL: https://www.researchgate.net/publication/249776011_Sociology_in_Military_Officer_Education

Mammadzada M. New approaches in military personnel training: a pedagogical evaluation of teaching methods // Social Development and Security. – 2025. – Vol. 1.5, № 4. – URL: https://paperssds.eu/index.php/JSPSDS/article/view/893/1074

AN ASSESSMENT OF THE PLACE OF TRADİTİONAL ORDU HOUSES İN OUR CULTURAL HERİTAGE AND THEİR CONSERVATİON

GELENEKSEL ORDU EVLERİNİN KÜLTÜREL MİRASIMIZDAKİ YERİ VE KORUNMASI ÜZERİNE BİR DEĞERLENDİRME

Doktor Öğretim Üyesi. Muhammet KURUCU

Fırat University, Faculty of Architecture,Department of Architecture,Elazığ, Turkey

ORCID ID: https://orcid.org/0000-0001-5088-2863

Doç. Dr. Mehmet TOP

Yüzüncü Yıl University, Faculty of Literature, Department of Art History,Van, Turkey

ORCID ID: https://orcid.org/0000-0001-6018-6271

ÖZET

Bu çalışmada; tarihi, sosyal, kültürel ve ekonomik bakımdan zengin bir mirasa ev sahipliği yapan Anadolu topraklarında kurulu Türkiye'nin büyükşehirlerinden biri olan Ordu'nun Merkez ilçesi konumunda olan Altınordu ilçesindeki ki konutlar iklim ve plan tipolojisi ile yerleşim diyaframı bakımından incelenmekte ve koruma önerileri sunulmaktadır. Geleneksel Ordu Evleri merkez ve ilçelerdeki ev plan tipleri ile genelde ortak özellikler göstermektedir.

Geleneksel Ordu Evleri, ağırlıklı olarak Taşbaşı, Düz, Zaferi Milli Mahallelerinde ve Sıtkı Can caddesi ile Menekşe Sokak özelinde yoğunlaşmıştır. Araştırmada yapılara ilişkin çeşitli araştırmalardan ve fotoğraflardan yararlanarak elde edilen çizimlerin yanı sıra yapıların rölöveleri hazırlanmıştır. Elde edilen veriler eşliğinde Ordu Merkez ilçesinde bulunan geleneksel konutların karakteristik özellikleri ve bu yapıların çevre – iklim şartlarına uygun olarak ortaya çıkan kendilerine özgü mimari özellikleri gözler önüne serilmiştir. Aynı zamanda geleneksel konut kullanıcıları da kendi ihtiyaçları çerçevesinde yapıları düzenleyip ve içinde yaşadıkları yapıların özelliklerine uyum sağlamışlardır. Geleneksel konutların yapısı, mekan organizasyonun çevre ve iklim özelliklerine uygun olarak tasarlandığı ve kullanıcıları da günümüz mimarlığının en önemli konularından biri olan geleceğe miras ve kimlik taşıma kapsamında yönlendirdiği görülmektedir.

Anahtar Sözcükler: Ordu Konutları, Konut Tipolojileri, Mekan Kurgusu, Konut Kullanıcısı, Menekşe Sokak

ABSTRACT

In this study; historical, social, cultural and economic maintenance of a rich heritage that is home to Anatolia in Turkey's Ordu with Altınordu which is installed in one of the houses in the metropolitan county of Dare to be examined in terms of climate and plan typologies. Traditional Ordu houses show common features with the examples in Ordu city center.

Traditional Ordu Houses are concentrated primally in Taşbaşı, Düz, Zaferi Milli Mahallelerinde ve Sıtkı Can caddesi ile Menekşe Sokak .In addition to the drawings obtained by using various researches and photographs related to the research in the research, the diagrams of the structures have been prepared. The characteristic features of the traditional houses in the city of Altınordu in Ordu in the context of the obtained data and their architectural characteristics which are emerging in accordance with the environment - climatic conditions are revealed. At the same time, traditional housing users have also arranged structures within their own needs and adapted to the characteristics of the structures they live in. As a result of the study, it was determined that the structure of the traditional houses was designed in accordance with the environment and climate characteristics of the space organization and the users in it are seen to be directed in the scope of sustainability which is one of the most important issues of today's architecture.

Keywords: Ordu Housing, Housing Typologies, Space Editing, Housing Occupant, Sustainable Architecture, Menekşe Street

1-GİRİŞ

Doğu Karadeniz bölgesinin önemli liman şehirlerinden biri olan Ordu ili, tarihde çeşitli medeniyetlere ev sahipliği yapmış ve iz bırakmış önemli yerleşimlerden biri olup çeşitli tarihi, sosyal, siyasi ve idari olayların merkezi olmuştur. Tarihin en eski dönemlerinden itibaren çeşitli kavim ve medeniyetler tarafından kullanılmış olup, çoğrafi ve topağrafik konumu nedeniyle Karadeniz Bölgesinin en az araştırılan ili durumundadır. Stratejik konumu nedeniyle de çeşitli dönemlerde sık sık saldırı ve tahriplere maruz kalmıştır.

Geleneksel Ordu Evlerinin mimari karakteristikleri, merkez ilçe konumunda olan Altınordu ilçesi ile diğer ilçelerdeki örneklerle ortak özellikler göstermektedir. Genel haliyle evleri inceleyecek olursak , evlerin giriş kapıları genellikle o dönemde ahşap malzemeden çift kanatlı olarak oluşturulmuştur. Kapılar kimi evlerde sade ve mütevazi olurken kimi evlerde ise desen ve motiflerle süslenmiştir Genellikle iç bahçe kapılarının üstünde rüzgarlık ve aydınlık amaçlı kullanılan elips şeklinde pencereler veya sundurmalıklar yer almaktadır. Evleri sokaktan ayıran dış bahçeyi çevreleyen duvarların, birinci katın hizasına gelebilecek şekilde taş malzemeden yükseltildiğini görmekteyiz.

Geleneksel Ordu evleri ve Altınordu ilçesinin konutlarının bir diğer ortak özelliği ise genellikle bodrum üzeri iki katlı olmalarıdır. Ancak Ordu evlerinde karşımıza çıkan çatı üzerinde taşan köşk katları yapıya ayrı bir mimari estetik katmakta olup doğu ve Güneydoğu Anadolu'daki köşk odalarından farklılık arzetmektedir.

Ordu evlerinde kullanılan inşa malzemeleri, günümüz konutunda kullanılan betonarmenin aksine Altınordu ilçesi ile diğer ilçelerde ve çevre köylerinde olduğu gibi ağırlıklı taş, ahşap ve dolma blok taşlar oluşmaktadır. Taş malzeme Geleneksel Ordu Evlerinde daima subasman seviyesinde temel yapı malzemesi ve topoğrafyaya göre bodrum kat duvarlarını oluşturmuştur. Bu taşların aynı bölgeden çıkarıldığı ve işlendiği bilinen bir konudur bu durumda sürdürülebilirliğin bir parçası olarak karşımıza çıkmaktadır. Ahşap, Ordu evlerin de taş malzeme ile birlikte en çok kullanılan malzemedir. Tavanlar, sekiler, pencereler, kapılar, yüklükler, merdivenler, duvarları bağlayan hatıllar, iç dış doğramalar, döşemeler, bağdadi bölmeler ahşaptır. Geleneksel Ordu konut mimarisinde en az kullanılan yapı malzemesi ise demirdir. Kapı tokmaklarında, kapı kilit sisteminde ve pencere korkuluklarında demir malzeme kullanılmıştır. Bu malzemelerin kullanıldığı Ordu evleri 19. yüzyıl sonu ve 20. yüzyıl ilk çeyreğine tarihlendirilmektedir.

Ordu evlerinin cephelerine de önem verilmiştir. Cephede özellikle sokağa bakan cepheye önem verilip genellikle dışa taşkın bir şekilde inşa edilmiştir. Taşbaşı mahallesinde ve ağırlıklı

Menekşe Sokak özelindeki konut yapılarında cephesi sokağa dönük evlerin büyük bir bölümünde avlu yoktur. Avlusuz evlerde giriş kısmındaki odalarla ahır ve samanlık gibi mekânlar arasında halkın örtmelik dediği, orta avlu niteliğindeki üstü açık bölümler avlu yerine kullanılır. Bu örtmelik adı verilen yerler tıpkı bir avlu gibi sürdürülebilirlik anlamında bölgenin iklim-çevre koşullarında çok büyük faydalar sağlamaktadır. Aynı zamanda sosyo-kültürel olarak bir köşesinde davlumbazlı bir ocağın yer aldığı örtmelikte günlük işler yürütülmektedir. Dışarıda bir avlusu bulunan yapılar da ise ev bir adam boyundan daha yüksek bir avlu ile kuşatılır.

Bu yapıların dış cephe mimarilerinde alt kat pencereleri sayıca az ve küçük tutulmuşlardır. Bunun sebebi ise bu kattaki odaların ışık – sıcaklık istemeyen ambar, kiler veya depo gibi hizmet mekanı olarak kullanılmalarıdır. Günümüz sürecinde Ordu evlerinin bazılarına baktığımızda kültürel-ekonomik nedenlerden dolayı bu birimlerin bazılarının artık işlevlerini kaybettiği ve küçük pencerelerin büyütüldüğünü görmekteyiz. Üst kat pencereleri ise günlük kullanılan tipik ev programında olan birimlerden oluştuğu için geniş ve fazla sayıda bulunmaktadır. Ordu evlerinde zemin katta ambar (zahirelik), kiler, kış odaları ve avlu etrafında ahır, samanlık bulunduğu gibi, yine aynı şekilde avlu etrafında da kiler, ambar (zahirelik) yer alabileceği gibi, ahır ve samanlığında avlunun bir köşesinde değil de, üst katın altına gelebilecek bir mekânda da (ahır gibi) yer alabildiği örnekler mevcuttur.

Geleneksel Ordu evlerinde üst örtü sistemi genelde tüm ilçelerde benzer olmasına rağmen bazı uygulamalarda farklılıklar görülmektedir. İklim şartlarının getirdiği zorunluluklardan dolayı kimi ilçe, köy ve beldelerde üst örtü sitemi galvanizli saç ile kapatılırken kimi merkeze yakın yerlerde kiremit malzemeden örtü sistemi saçak şeklini belirlemiştir. Evlerin plan şeklini etkileyen, halk arasında da büyüklüğüne göre balkon, çıkma hatta köşk ismini alacak şekilde önemli yeri olan konsol uzatmalar bulunmaktadır. O dönemde genel olarak evlerin plan şeklini önemli derecede etkileyen balkonlar sosyo-kültürel ve ekonomik yönden birçok amaçla kullanılmaktaydı. Zemin kattan ya da avlunun bir köşesinden ahşap bir merdiven ile üst katın sofasına çıkılır. Odaların hepsi bu sofaya açılır. En uygun yerde ise günümüz konut mimarisinde salon olarak adlandırılan başoda bulunmaktadır. Başoda makat ve sedirlerle döşelidir. Yörenin kültürel özelliklerini yansıtan ve yöre kadınlarının ince işçilikli, göz nuru emeklerinin sonucu olarak ortaya çıkan yer yastıkları, halı, kilim ve minderleri ile başodaların özenle düzenlendiklerini görmekteyiz. Başodalar insanların bir araya geldiği yerler olarak sosyo-kültürel sürdürülebilirlik anlamında bize çok şey anlatmaktadır. Aynı zamanda odalar içerisinde yüklükler bulunmaktadır. Ocak genellikle alt katta bulunmaktadır. Helâlar ise avlulu evlerde avlunun bir köşesinde, avlusuz evlerde ise alt katlarda yer almaktadır.

1.1. Ordu İlinin Tarihçesine Genel Bakış

Ordu, Orta ve Doğu Karadeniz Bölgesi'nin en önemli kapısı, çeşitli kültürlerin ve medeniyetlerin keşişme noktası, tarihsel ve doğal yolların başlangıç yeri konumundadır. Bu nedenle kentin tarihi çok eskilere dayanmaktadır.

Ordu İlinin Adının Kaynağı; İl merkezine Ordu adının verilmesi oldukça yenidir. Kentin 5 km güneydoğusunda yer alan Eskipazar Köyü'nün daha önceki adı Bayramlı, en eski adı da Orduydu. Kent büyük bir kasaba görünümünde olup bugünkü il merkezi ise bu kasabanın nahiyesi olup Bucak adını taşıyordu. XVIII.yy'a gelindiğinde Bucak Pazar yeri ve iskele olma özelliğinden yararlanarak gelişirken Bayramlı özelliğini yitirmeye başlamıştı. Bu büyüme 1869'da Bucak'a Bayramlı'nın eski adı olan ''Ordu'' adı verilmiş olup hiçbir değişime uğramadan günümüze değin gelmiştir. Ordu il sınırları içinde kurulan ve bilinen en eski yerleşme M.Ö. VIII.yy'da Miletoslular'ca kurulan ve bugün ''Bozukkale'' diye bilinen Kotyora kentidir.(Anonim) Kotyora, Boztepe'nin uzantısı olan dik bir yamaç görünümünde

okçuluk kıranının önündeki düzlükte olup güney kenarı Balıktaşı kayalıklarından denize inmekte , doğusunda deniz, kuzeyinde bugünkü şehir mezarlığının kapladığı hafif meyilli sahada yer almaktadır (Çebi, 2000).

Günümüz itibariyle Ordu'da ayakta kalan eser sayısı gerçek sayının çok altında dır. Mevcut eserlere bakarak geçmiş hakkında kesin yargılara varmak zor olmakla beraber, ancak yaşayan yapıların birtakım özelliklerine bakarak bu yapılarla ilgili yapacak çok şey bulunmaktadır. Sanatın üslup konusunun bir çok etkenlere bağlı olarak genişlik arz edeceği muhakkaktır. Mimariye de aynı mantıkla bakmak gerekir.

Ordu ilinde bulunan Tarih öncesi, Türk-İslam ve Osmanlı dönemlerinden kalan mimari yapılar üzerine sanat tarihi çalışmalarında yapıların plan ve konstrüksiyonunu ele alan bazı araştırmalar yanında, sivil mimari üzerine tipolojik açıdan irdelenmiş çalışmalarda bulunmaktadır. Bu çalışmalardan da azami ölçüde faydalanılmaya çalışılacaktır. Bölge ile ilgili en önemli araştırma faliyetleri içerisinde bulunan mimar ve sanat tarihçileri; H. Kahraman, Prof. Dr. Şengül Öymen Gür, Tarihçi Kemal Saylan, Mimar Şafak Şahin, Doğan Kuban, Suat Çebi, Ordu Belediyesi, Kültür ve Turizm Müd. Envanteri, Emel Azizoğlu ve Ordu'ya gönül vermiş arkadaşların çalışmaları bize yol gösterici olacaktır.

2-MATERYAL-YÖNTEM

2.1.Materyal:

İnsanoğlu varolalı barınma ihtiyacı duymuş, iklimin özellikleri başta olmak üzere, çoğrafi koşullar ve mevcut malzemenin belirleyiciliğinde, zaman içinde mimari gelenek edinerek sahip olduğu kültürü doğrultusunda değişik ev tiplerini oluşturmuştur (Aytekin,1999).

''Doğu Karadeniz Mimarisi, ülkemizin çeşitli yerleşim alanlarına göre farklı sosyo-kültüre sahip toplumun, yine farklı doğal koşulların elverdiği yapı sanatı ve yerleşme anlayışının eseridir. Bu yüzden Doğu Karadeniz, ahşaba dayalı yapı sanatında kendine özgü buluşları ve çözümleri için ulaştığı başarı açısından Anadolu Mimarlığının belki de en karekteristik Yöresidir (Sözen-Eruzun,1992).

Türk evleri, sofasız, dış sofalı, iç sofalı ve orta sofalı olmak üzere dört tipte sınıflandırılmaktadır

(Eldem,1968). Geleneksel Ordu Evleri, Taşbaşı, Düz, Zaferi Milli Mahallelerinde ve Sıtkı Can caddesi ile Menekşe Sokak özelinde yoğunlaşmıştır. Söz konusu konutlar tescilli kültür varlıkları olarak listelenip Ordu ili için bir kültür envanteri oluşturmaktadır. Yapım tarihleri, taşıyıcı sistem bilgileri, kat sayısı, yapım tekniği, cephe ve plan özellikleri bilinen bu yapılardan seçilen 6 adet geleneksel Ordu konutlarının mimari ve yapısal özellikleri daha önceden tespit edildiği şekliyle değerlendirilmiştir.

2.1.1.Geleneksel Ordu Evleri Ve Mimari Karakteristik Özellikleri

Ülkemizde yer almakta olan geleneksel yerleşimlerin çoğunluğu çevreye, hava koşullarına, arazi yapısına uyumlu yerleşimlerdir. 21. yüzyıla ait gibi görünen sürdürülebilirlik kavramı aslında Vitrivius'tan bu yana uygulanmakta ve geleneksel yapılarda çok kolay fark edilebilmektedir. Geleneksel yerleşme ve konutlarda esas amacın doğaya hükmetmek değil, ona uyum sağlamak olduğu söylenebilir. Ancak bugünün sürdürülebilirlik anlayışında doğaya hem uyum sağlamak hem de ona zarar vermeden ve kirletmeden doğaya ait elemanları yaşadığımız

mekanlara alıp, gelişmiş teknoloji ve malzemeyle konfor şartlarına uygun olacak biçimde uyarlamak da yer almaktadır.

Ordu'nun geleneksel kent dokusunu oluşturan mahalle ve sokak dokusundan çok azı günümüze gelebilmiştir. Ordu'nun tarihi kent dokusunu oluşturan mahallelerinden Aziziye Mahallesi, Sıtkı Can Caddesi üzerindeki konutlar ile Ünye İlçesi Kadılar Sokakta bulunan konutlar değerlendirme bakımından çalışmamıza katılmış olup bu bildiri kapsamında ise çalışma alanı sınırlandırılarak ağırlıklı Taşbaşı Mahallesinde yer alan Menekşe Sokak özelinde değerlendirilmeye gidilmiştir.

Ünye Kaledere Mahallesi Kadılar Yokuşunda bulunan tarihi evlerin cephelerinde ve çatı kenarlarında, sonradan yıkıldığı anlaşılan duvarlarındaki taş süslemeler ile dört yapraklı yonca ve elips biçimindeki kuş tağaları[1] ile Ünye evleri içinde benzersiz örnekleri teşkil etmektedirler.

Ahşap, esnek ve sürdürülebilir bir yapı malzemesi olup yenilenebilir kaynaklardan elde edilen ve çevre dostu ve geri dönüştürülebilir malzemeler arasında yer alır. Ahşabın yanında, bilinen en eski yapı malzemelerinden olan taş, insanlık tarihi boyunca şekillendirilerek veya yontularak yapı malzemesi olarak kullanılmıştır. Taş ve ahşap karkas arası dolma blok tekniğinin yanısıra bağdadi tekniğinde ki yapılaşmalar Doğu Karadeniz bölgesinin en yaygın kullanım teknikleri arasındadır. Ahşap ve taş malzeme ekonomik, geri dönüşümü olan ve doğaya zararsız bir malzemedir.(Karahan, 2017) Malzemelerin nefes alma özelliğine sahip olmaları ve ısı yalıtımını sağlayabilecek kalınlıklarda uygulanması iç konfor açısından uygun bir ortam yaratmıştır. Taş malzemelerin yapıları gereği dayanıklı olmaları, üretim ve kullanım aşamalarında çevreye zarar vermemeleri, geri dönüşümünün mümkün olması, sürdürülebilir yapı malzemesi olarak değerlendirilmelerine imkân vermektedir. Taş malzeme genellikle temel ve zemin kat duvarlarında, ahşap ise üst kat duvarların oluşumunda, kapı, pencere, tavan, çatı gibi yerlerde kullanılmıştır.

Sıcak-kuru iklim bölgesindeki geleneksel mimaride sıcak iklime karşı alınmış pek çok önlem vardır. Evler yüksek duvarlarla çevrilmiş ve böylece dış iklim etkilerine karşı yalıtılmışlardır. Sokaklarının iki yanındaki yüksek avlu veya bina duvarları dar sokaklarda, avlularda ve örtmelikte gün boyunca gölgeli alanlar oluşturur.

Ordu'nun Altınordu ilçesinde Taş mahallede bulunan ve özellikle günümüzde birçoğu yeniden işlevlendirilerek sürdürülebilir turizme kazandırılan Menekşe Sokaktaki konutların ön cephesi sokağa dönük olan evlerin bir kısmında avlu bulunmamaktadır. Avlusu bulunmayan evlerde, eve giriş yaptığımız alanda sıralanmış mekanlar arasında, bölgede örtmelik olarak adlandırılan, üstü açık bölümler avlu yerine kullanılır. Ordu'da geleneksel ahşap konstrüksiyonlu kafesli pencereli cumbalar yaygın olarak kullanılmıştır. Sokağa taşan ve güzel bir görünüm veren bu cumbalara çıkma, sahnişin[2] denilmektedir. Bağdadi tekniğiyle oluşmuş bu çıkmaların dış cephesi "tutya" denen çinko levhalarla kaplanmıştır.

Bölgede bulunan dış bahçeli (avlulu) ev tiplerinde ise, evler güneye yönlendirilerek, kademeli olarak kuzeye doğru yükselir ve binada, giriş katlarındaki avlu duvarları yüksek tutularak gün boyunca gölgeli alanların oluşması sağlanır. Bu tasarım yaklaşımı ile sürdürülebilirlik anlamında ısı kazanç ve kayıpları önlenir. Odalarda, ailenin günlük temel gereksinimlerini sağlayacak her türlü konfor ve fonksiyonellik sağlanmıştır(Kahraman,1997).

Geleneksel Ordu evleri incelendiğinde, bina kabuğunun saydamlık oranlarının mümkün olduğunca düşük seçildiği ve opak bileşenlerin de mümkün olduğunca kalın ve ağır inşa edildiği

[1] Ordu'da düz Mahalle Kilisesinin güney duvarında da kuş tağası yer alıp, cephelerde bulunan kuş yuvalarına veya kuş evlerine " kuş tağa'sı" denilmektedir.
[2] Urfa Evlerinde, Birecik İlçesinde sokağa taşan bu tür çıkmalara ''köşk'' denmektedir.

görülmektedir. Bununla birlikte düşük saydamlık oranı da pencerelerden kazanılan direkt güneş ışınımını azaltır**.**

Bu evlerde kullanılan malzemenin doğal ve yapının bulunduğu yakın çevreden elde edilmiş olması, performanslarına uygun olacak şekilde kullanılması, yenilenebilir olması bu evlerin enerji etkinliklerini ve sürdürülebilirliklerini olumlu yönde etkilemekte olup günümüz mimari tasarımlarına ışık tutmaktadır.

2.2. Yöntem:

Kendi yaptığımız röleve çizimlerine ilaveten Ordu Büyük Şehir Belediyesi ve Ordu Envanteri kitapçığından yapılara ait tescil dökümlerindeki bilgilere ulaşılmış olup elde edilen verilere göre yapılara ait tarihi süreç, plan, fotoğraf ve yapı bilgileri bir araya getirilmiştir. Bu elde edilen bilgiler sonucu elde edilen değerlendirmeler ile birlikte geleneksel Ordu konutlarında sürdürülebilirlik, geleceğe taşıma, sürdürülebilir turizm ve koruma önerileri ile konut tasarımlarının kullanıcılarına yaptığı etkiler kim zaman ev sahipleri ile yapılan sözlü görüşmeler ile gözler önüne serilmeye çalışılmıştır.

Bu kültürel ve mimari miras yapılarımızdan birini oluşturan Geleneksel Ordu Evleri ile ilgili çalışmamız, 2014 yılında Van Yüzüncü Yıl Üniversitesinde hazırladığım ‘Ordu’nun Osmanlı Dönemi Mimari Dokusunun Gelişimi ve Korunması’ adlı doktora tez çalışmasından derlenmiştir. Literatür taramalarının yanısıra, gözlem , sözlü kaynaklara dayalı ön tespit ile röleve alma, güçlendirme ve koruma önerileri ile alanda eğitim ve çalışma prensibi çalışmamızın ana yöntemini oluşturmaktadır.

3-BULGULAR

Ülkemizde bulunan geleneksel yerleşimlerin hemen hemen hepsi, içinde yer aldıkları çevreye, iklim koşullarına ve diğer doğal şartlara uyumlu olarak tasarlanmıştır.

Geleneksel yerleşimlerde ve bu yerleşimlerin önemli bir parçası olan geleneksel konutlarda asıl amacın doğaya hükmetmek değil, ona uyum sağlamak olduğunu söylemek mümkündür. Ancak günümüzde mimarlık açısından sürdürülebilirlik; hem doğaya uyum sağlamak, hem de ona zarar vermeden ve kirletmeden doğaya ait elemanları yaşadığımız mekânlarla bütünleştirip, gelişmiş teknoloji ve malzemeyle konfor şartlarına uygun olacak biçimde uyarlamak olarak tarif edilebilir.

Ordu Merkez ve İlçelerinde (Perşembe, Fatsa, Gölköy, Çamaş, Kabadüz, İkizce, v.b.)geçmişe tanıklık eden birçok tarihi özelliğe sahip geleneksel konut yapılarımız mevcuttur. Bu yapılarımız; Su basman ve bodrum kat hizası taş malzemeden üst katlar ise bağdadi tekniğinde ahşap karkas olarak inşa edilmişlerdir.

3.1. Geleneksel Ordu Evlerinden Kesitler

Geleneksel evlere baktığımızda ağırlıklı manzaraya, iklimsel verilerin ışığında doğu yamaçlara ve topoğrafyaya göre bir şekillenme söz konusudur. Geleneksel Ordu Evleri ise topoğrafyanın vermiş olduğu dik yamaçlara ve batıdan doğuya doğru kayan bir yönelim söz konusudur. Batı ve güney yönündeki manzaraya doğru küçük meydanları ve kıvrımlı sokakları ile kartpostallık bir görünüm sergilemektedir. Bu sokakların organik dokusu, evlerin dış hatlarıyla şekillenmiştir. Geleneksel yapıların üst örtüsü kiremit örtü sisteminin yanı sıra yer yer galvanizli saç örtülü olup bu yapılar dik yamaçlara sırtını vermiştir. Bu sayede soğuk ve rüzgardan korunmaktadır. Yapıların topoğrafya ile uyumlu dokusu ve doğaya saygısı dikkat

çekicidir.. Bu bildiri kapsamında Geleneksel Ordu Evlerinden Altınordu ilçesinde yer alan Taşbaşı Mahallesi ile Zaferi Milli Mahallesinde yer alan ve özellikle Menekşe Sokaktaki konutlardan 5 tanesi ele alınmıştır:

1-Ordu/Altınordu/Zaferi Milli/Aynur Sönmez Evi/İç Sofalı Plan Tipi

2-Altınordu/Taşbaşı/İkiz Evler/Orta Sofalı Plan Tipi

3-Altınordu/Zaferi Milli/Ömer Lütfi Bostancı Evi/İç Sofalı Plan Tipi

4-Altınordu/Zaferi Milli/Gençağa Bayram ve Hiss.Evi/İç (orta)Sofalı Plan Tipi

5-Altınordu/Taşbaşı/Kemal Altunel Evi/İç Sofalı Plan Tipi



Şekil-1- Ordu İli Mahalleleri, Kentsel Sit Alanı ve Tescilli Eser Gösterimi

Kaynak:Ordu Yıllığı, a.g.e. 2007)

3.1.1. Ordu/Altınordu/Zaferi Milli/Aynur Sönmez Evi/İç Sofalı Plan Tipi

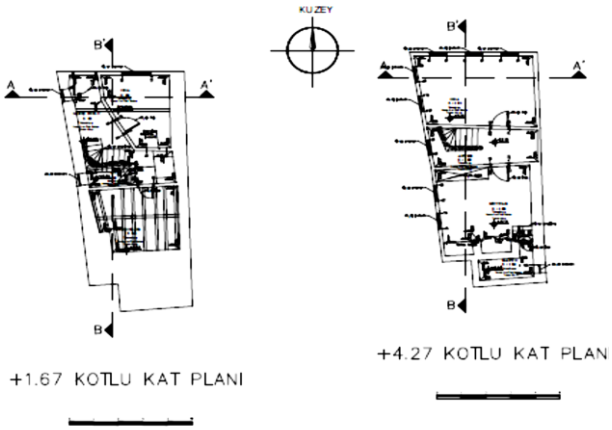
Geleneksel Kent dokusunu oluşturan Ordu geleneksel evlerinin Sıtkı Can Caddesi üzerindeki örneklerinden birisidir. Mimari Üslup ve süsleme açısından diğer yapılarla aynı tip ve özelliklere sahip olup, iç sofalı tek yüzlü çıkmasız plan tipindedir(Şekil:2).

Kullanılan malzemelerin taş ve ahşap yoğunluklu olması, doğal malzeme kullanımı açısından günümüz sürdürülebilirlik anlayışıyla örtüşmektedir. Bununla birlikte yapının içinde bulunduğu çevre ile uyumu; bölgenin sosyal yaşamıyla uyumlu olarak kullanıcının mahremiyet ihtiyacını

karşılayacak şekilde sokaktan avluya ve ardından yapıya ulaşılması da sürdürülebilir bir tasarımın göstergesi olarak değerlendirilebilir.



Şekil 2 : Aynur Sönmez Evi Dış Cephe Görünüşü



3.1.2. Ordu/Altınordu/Taşbaşı Mah./İkiz Evler

İkiz Evleri tarihlendiren bir kitabe mevcut değildir , bu nedenle yapılan röportajlardan alınan bilgiler çerçevesinde 20. yüzyılın ilk çeyreğine tarihlendirmekteyiz.

Taş temel üzerine ahşap malzeme ile bağdadi tekniğinde bodrum üzeri iki katlı olan(Şekil:3-4); ancak Ahşap malzemenin yoğun olarak kullanıldığı İkiz Evler bodrum katına merdivenlerle inilip subasman seviyesine kadar kabayonu taş örgü ve bodrum kat seviyesi taş malzemeden olup zemin katın ve 1.katın beden duvarları ahşap hatıllı ve bağdadi tekniğinde inşa edilmiştir.

Geleneksel Kent dokusunu oluşturan Ordu geleneksel evlerinin en dikkate değer örneklerinden biridir. Süsleme ve mimari özellikleri günümüzde birkaç tahribatın dışında ulaşabilmiştir. İkiz Evler,(Şekil:5-6) eğimli bir arazide arsaya uygun olarak konumlanmış olup düzensiz dikdörtgen planlıdır . Sokaktan giriş kapısıyla içeri girilen ve merdivenle inilen avlusuyla bütünleşmiş İkiz evlerin birbirinin simetriği olan her iki bloğunun zemin katında ön cepheden denizi gören üç oda, ve batı cephesine bakan iki oda ile odaların içinde yer alan duşluk kısımları mevcuttur.

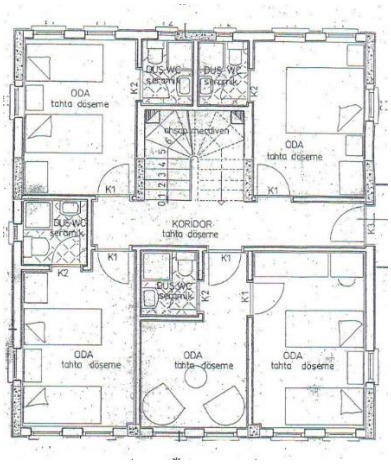


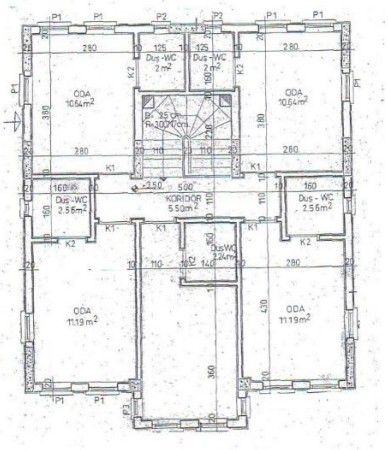
Şekil 3 : İkiz Evler Dış Cephe Görünüşü



Şekil 4 : İkiz Evler Dış Cephe Görünüşü

Yapının mekan organizasyonuna baktığımızda, girişin olduğu aralığın güney cephesinde helâ ve helanın devamında ise, üst kata çıkan “u”planlı döner merdiven bulunmaktadır.





Şekil 5 : İkiz Evler zemin kat planı (OBB,KUDEP Arşivi) **Şekil 6 :** İkiz Evler birinci kat planı(OBB, KUDEP Arşivi)

3.1.3. Ordu/Altınordu/Zaferi Milli Mah./Ömer Lütfi Bostancı Evi

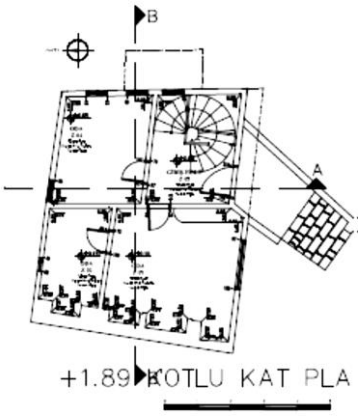
Geleneksel Kent dokusunu oluşturan Ordu geleneksel evlerinin Sıtkı Can Caddesi üzerindeki örneklerinden birisidir. Mimari Üslup ve süsleme açısından diğer yapılarla aynı tip ve özelliklere sahip olup, iç sofalı . Doğu-batı yönünde dikdörtgen biçimli, bodrum üzeri iki kattan meydana gelmiş olup, iki yüzlü ve cumbalı Türk ev plan tipini taşımaktadır. Sokaktan direk dar bir kapıyla evin zemin katına giriş sağlanmaktadır. Kullanılan malzemelerin taş ve ahşap yoğunluklu olması, doğal malzeme kullanımı açısından günümüz sürdürülebilirlik anlayışıyla örtüşmektedir.

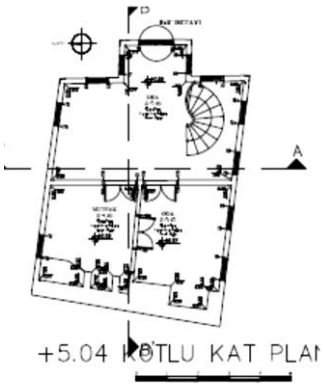


Şekil 7 :Ömer Lütfi Bostancı Evi Dış Cephe Görünüşleri

Evi tarihlendiren bir kitabe bulunmayıp, yapılan araştırmalara göre aynı sokağı paylaştığı diğer evler ile birlikte 20. Yüzyılın ilk çeyreğine tarihlendirmekteyiz. Ömer Lütfi Bostancı Evi, köşe

başında ve aynı sokağı paylaştığı diğer evlere bitişik nizamda, karşılıklı olarak inşa edilmiştir. Bitişik nizam olması sebebiyle ısı kazanımı sağlanmıştır(Şekil:7).





Şekil 8 : Ömer Lütfi Bostancı Evi zemin kat planı(Ş.Şahin'den İşlenerek) **Şekil 9 :** Ömer Lütfi Bostancı Evi birinci kat planı (Ş.Şahin'den İşlenerek)

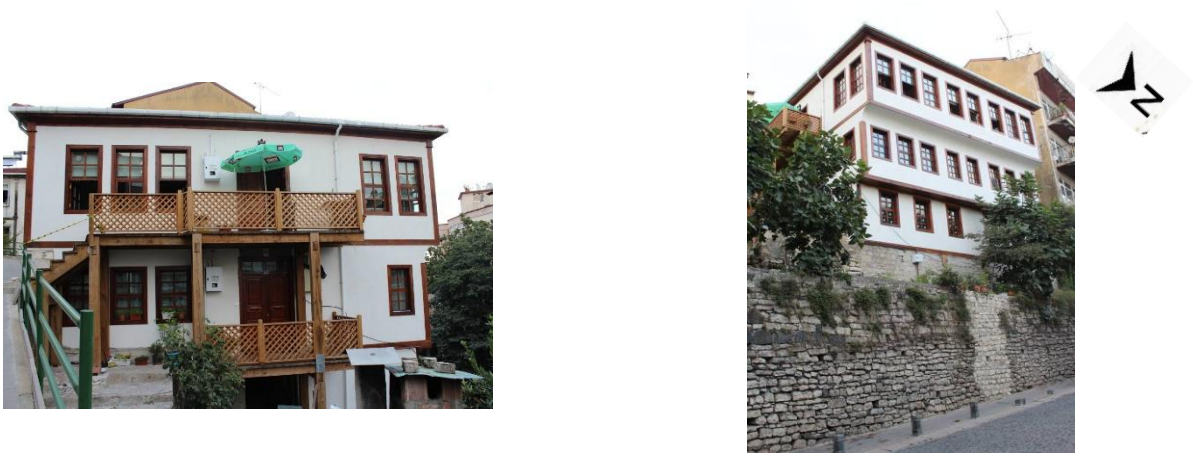
Ömer Lütfi Bostancı evi, taş temel üzerine ahşap karkas arası taş blok dolma ile eğimli bir topoğrafyada iki katlı inşa edilmiştir. Sokağa cephesi olan eve giriş kuzey cephede bulunan cümle kapısından sağlanmaktadır. Zemin katı subasman seviyesine kadar kabayonu taş örgü olup, zemin ve birinci katın beden duvarları ise ahşap karkas ve bağdadi tekniğinde yapılmıştır. Çevre ile uyumlu olması ahşap malzemenin çevreci yaklaşımla doğru orantılı olduğunu gösterir. Yapının iç ve dış duvarları saman katkılı çamurla sıvanmıştır, kireç ile ise badana yapılmıştır(Şekil:8-9). Tavanları ters tavan özelliğinde olup, daha sonradan ahşap kerestelerle onarımı yapılmıştır. Cümle kapısı çift kanatlı olan evin diğer kapıları ise tek kanatlı ve ahşaptandır. Avlusuz yapı özelliğindedir. Yer kaplaması, sıkıştırılmış toprak iken zamanla yerini beton kaplamaya bırakmıştır. Ahır, samanlık ve zemin katın odaları toprak kaplama olarak kalmıştır. Doğal malzeme olan topraktan zaman içerisinde yapay malzeme olan betona geçilmesi, atık madde yapım kullanım yıkım aşamalarının atık maddeler enerji kaybı gibi pet çok olumsuz etkiyi beraberinde getirecektir. Bu durum doğallıktan yapaylığa dönüşümünün yansımasıdır.

3.1.4. Ordu/Altınordu/Zaferi Milli Mah./Gençağa Bayram ve Hiss. Evi

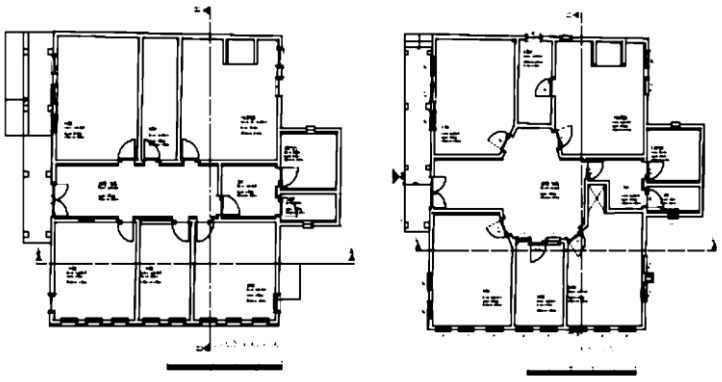
Aynı sokağı paylaştığı diğer evler gibi bu evde 20. yüzyılın ilk çeyreğine tarihlendirmekteyiz. Gençağa Bayram Evinin (Şekil:10) güneydoğu cephesinde tek kanatlı, ahşap cümle kapısı yer almaktadır. Evin kuzeybatı cephesi bitişik nizam iken, diğer cepheler sokağa dönük ve açıktır. Bu nedenle, komşu yapılardan dolayı ısı kazanımı oluşmaktadır. Geleneksel Kent dokusunu oluşturan Ordu geleneksel evlerinin İsmail Engin Caddesi üzerindeki örneklerinden birisidir. Mimari Üslup ve süsleme açısından diğer yapılarla aynı tip ve özelliklere sahip olup, Dikdörtgen biçimli, kuzey-güney doğrultusunda uzanan, bodrum üzeri üç kattan meydana gelen yapının doğu cephesi Sıtkı Can caddesine açılmakta olup, iç sofalı iki yüzlü plan tipinde değerlendirebiliriz . Yapı, iç sofalı ve köşklü ev plan tiplerinin tüm mimari özelliklerini taşımasına rağmen cepheleri oldukça sadedir(Şekil:11).

Yapı bodrum katta kaba yonu moloz taş ile üst katlarda ise bağdadi tekniğinde yığma yapılmıştır. Yapının köşelerinde ve kat ortalarında süsleme olarak dışa çıkıntılı ahşap pervazlar ayrı bir hareketlilik kazandırmıştır. Yapı, kiremit kaplı, dört yöne eğimli kırma çatı ile

örtülmüştür. Çatının kenarlarından dışarıya 0.50m saçak bırakılmış olup saçak yüzeyi ahşap pervazla geçilmiştir.



Şekil 10 : Dış Cephe Görünüşleri (İsmail Engin Caddesi ve Sıtkı Can Caddesi Üzerinden), Yazar Arşivi, 2014)



Şekil 11 : Gençağa Bayram Evi, Rölve Zemin Kat ve 1.Kat Çizimleri, (Ş.Şahin'den İşlenerek)

Avlunun güneyinde yer alan odanın zemini, beton kaplama iken; diğer mekanlar sıkıştırılmış toprak kaplamadır. Doğal malzemelerin sadece duvar ve tavan değil, kaplama malzemelerinde de kullanılması tasarımı anlamında bütünlük sağlarken, sürdürülebilir malzeme kullanımı anlamında da tamamlayıcı olmuştur.

3.1.5. Ordu/Altınordu/Taşbaşı Mah./Kemal Altunel Evi

Kemal Altunel Evi, aynı sokakta bulunan diğer bitişik nizamlı evler referans alınarak 20. Yüzyılın ilk çeyreğinde yapıldığı düşünülmektedir. Taş temel üzerine ahşap ve güney cephede 2 katlı, kuzey cephede 3 katlı olarak inşa edilmiştir. Zemin kat subasman seviyesine kadar kabayonu taş örgü olan yapının beden duvarları 60-70 cm'lik ve bağdadi tekniğinde yapılmıştır. Birinci kat duvarları ise bağdadi örgü tekniğinde inşa edilmiştir.

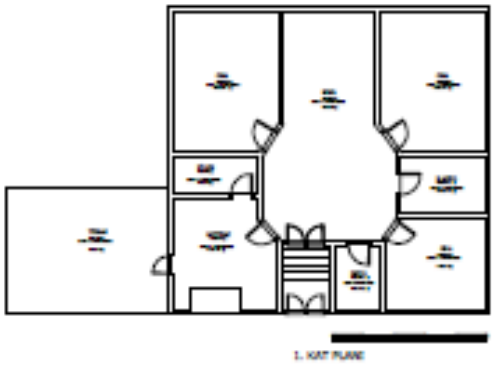
Geleneksel Kent dokusunu oluşturan Ordu geleneksel evlerinin Sıtkı Can Caddesi üzerindeki örneklerinden birisidir. Ordu evlerinin en güzel örneklerinden olan Kemal Altunel Evi (Şekil:14-15), plan düzeni ve tavan işçiliği ile göz doldurmaktadır. Dikdörtgen biçimli, kuzey-güney doğrultusunda uzanan, üç katlı iki bölümden meydana gelen evin iki giriş kapısı bulunmaktadır . Yapının doğu cephesindeki pencere düzenlemesi tüm katlarda aynı tip ve mimari karekteristektedir. Yapı bodrum katta kaba yonu moloz taş ile üst katlarda ise bağdadi tekniğinde yığma yapılmıştır. Yapının köşelerinde süsleme olarak girinti verilmiş beyaz kesme taş kullanılmıştır





Şekil 12 : Kemal Altunel Evi, Zemin Kat Görünüşü (Yazar Arşivi, 2026) **Şekil 13 :** Kemal Altunel Evi Sıtkı Can Caddesinden görünüşü, (Yazar Arşivi, 2026)





Şekil 14 : Kemal Altunel Evi zemin kat planı(Ş.Şahin'den)

Şekil 15 : Kemal Altunel Evi birinci kat planı(Ş.Şahin'den)

4. Geleneksel Evlerde Karşılaşılan Tehditler, Koruma Önerileri

Geleneksel Evlerimiz, yapıldığı dönem içindeki mimari karekteristik ve üslup hakkında bize bilgi vermektedir. Zamanla artan nüfus yoğunluğu, işsizlik ve yer değiştirme, evlerin zamana ayak uyduramaması, iklim şartlarından kaynaklanan kullanışsız ve tahrip gücü, teknolojik gelişim terk edilme ve farklı alanlara ve arayışlara yöneltmiştir. Bu bakımdan bazen geleneksel evlerimiz artık ihtiyaca cevap veremediklerinden yerini daha büyük, betondan yapılmış ve boyutlu yapılara bırakmıştır.

Özetle:

Başlıca Tehditler:

- Bakım eksikliği ve malzeme bozulması
- Plansız yenileme, özgün detayların kaybı
- Kentsel baskı, işlevsizlik ve kullanıcı değişimi
- İklim ve afet riski:
- Nem, biyolojik bozulma ve çatı sorunları ahşabı yıpratır
- Eğimli arazide drenaj ve temel sorunları önemlidir
- Yangın ve sel riskine karşı önleyici bakım gerekir
- Tehditlerin çoğu ani yıkımdan değil, küçük ama sürekli müdahalelerden doğar.
- Karadeniz coğrafyasında koruma, iklimle mücadele eden düzenli bakım anlamına gelir

Geleneksel yapıların geçmişin izlerini, kültürünü yansıttığı gerçeği kaçınılmazdır. Bu anlamda kültürel anlamda önemli yere sahip bu geleneksel yapıların korunması ve sürdürülebilirliğine yönelik oluşturulan öneriler şu şekildedir:

Öneriler:

- Mevcut geleneksel evlerin güçlendirilmesi ve restorasyonlarının yapılarak tescillerinin alınması gerekmektedir.
- Yapıların korunarak, yeniden kullanıma sunulması gerekmektedir. Böylelikle her yıl bakım ve onarımı yapılabilecektir.
- Halkın geleneksel yapılar hakkında bilinçlendirilmesi gerekmektedir.
- Depremlere ve dış etkilere yönelik etkiler göz önünde bulundurularak önlemler alınmalıdır.
- Bilimsel anlamda geleneksel konut mimarisinde Tarihi Evlerimizin önemini kanıtlanmaya çalışılmış olsa da, koruma bilinci konusunun zayıf olduğu görülmektedir. Bu anlamda ilgili kurum ve kuruluşların bu konuya el atmaları gerekmektedir.
- Yerel yönetim–kurul–üniversite iş birliği güçlendirilmeli
- Usta-çırak bilgisini yaşatan eğitim programları desteklenmeli
- Dijital envanter, düzenli bakım fonu ve mahalle ölçeğinde teşvikler geliştirilmelidir.

5. DEĞERLENDİRME-SONUÇ

Bu çalışmada geleneksel dokunun var olduğu ve geleneksel yaşama olan bağlılığın devam ettiği; Ordu'nun Altınordu ilçesinde bulunan ağırlıklı Taşbaşı Mahallesi ile Zaferi Milli Mahallesinde yer alan konut yapıları örneklem olarak alınmış ve değerlendirilmiş, sürdürülebilirlik, fiziksel ve kültürel anlamda incelenmiştir.

Geleneksel Ordu Evlerini incelediğimizde gerek konut yerleşmeleri ölçeğinde gerekse konut mimari organizasyonunda kendine özgü mimari kimliğin varlığı hissedilmektedir. Bu bağlamda geleneksel mimarinin; tasarım, malzeme, yapım sistemi açısından sürdürülebilirlik ve ekolojik açıdan zengin ilkeleri barındırdığı görülmektedir.

Düz Mahalle, Zaferi Milli Mahallesi, Taşbaşı Mahallesinde yer alan geleneksel konut yapılarının bir kısmı günümüze kullanılır şekilde ulaşırken; bir kısmı ise terk edilmiş durumdadır. Ancak her iki hâlde de söz konusu yapılar, yöreye özgü mimari nitelikleri yansıtmaları açısından korunmaları gereken önemli değerlerdir.

Günümüzde sıkça tartışılan sürdürülebilirlik kavramı, geleneksel konut mirasının da içinde barındırdığı doğayla uyum, esnek tasarım, kullanıcı ihtiyaçlarına yönelik minimalist yaklaşımlar gibi birçok veriyi kapsamaktadır. Söz konusu verileri içeren geleneksel Ordu Evleri, bu bağlamda sürdürülebilirlik açısından da öne çıkmaktadır.

İnsanoğlu varolalı barınma ihtiyacı duymuş, iklimin özellikleri başta olmak üzere, çoğrafi koşullar ve mevcut malzemenin belirleyiciliğinde, zaman içinde mimari gelenek edinerek sahip olduğu kültürü doğrultusunda değişik ev tiplerini oluşturmuştur(Aytekin, 1999).

‘‘Doğu Karadeniz Mimarisi, ülkemizin çeşitli yerleşim alanlarına göre farklı sosyo-kültüre sahip toplumun, yine farklı doğal koşulların elverdiği yapı sanatı ve yerleşme anlayışının eseridir. Bu yüzden Doğu Karadeniz, ahşaba dayalı yapı sanatında kendine özgü buluşları ve çözümleri için ulaştığı başarı açısından Anadolu Mimarlığının belki de en karekteristik Yöresidir (Sözen-Eruzun, 1992)..
Doğu Karadeniz Bölgesi’nde duvar (dış duvar, iç duvar), döşeme ve çatı sistemleri kendine has özellikler göstermekte olup yöreye özgü yapım teknikleri gelişmiştir. Yöredeki yapılarda sıklıkça kullanılan dış duvar sistemleri olarak, ahşap yığma (3) ahşap iskeletli (Çatma) ve Kâgir duvar sistemlerine rastlamaktayız.

Yapılar genellikle eğimli araziye yerleştirilmiş olup topoğrafyaya uyumlu olarak yol kodu altında genellikle bodrum katlar çözülmüş ve duvarları taş veya kaba yonu taş malzemeden yapılmışlardır. Yapıların üst katlarında ahşap malzeme ağırlıklı olarak tavan kaplamalarında kullanılmıştır. Karadeniz bölgesinin yoğun nem oranı nedeniyle üst katlar zeminden belli bir kod oranında yükseltilmiştir. Taş duvar kalınlıkları 50-60-70 cm arasında değişiklik göstermektedir(Evren,1959).

Üst katlar, ahşap iskelet sistemi (ahşap çatkılı, araları kerpiç veya tuğla dolgulu sistem) ile inşa edilmiştir. Duvarlar, oda köşelerinden itibaren 120-150cm ana dikmeleri, 30-40 cm aralıklı ara dikmeleri üzeri bağdadi çıtalarıyla ahşap çatkılı sistemin tüm karekteristik özelliklerini taşımakta olup duvarların yüzeyi sıvalıdır(Demir,2006).

Doğu Karadeniz Bölgesi’nde en eski ve doğal malzemelerinden ahşap ve taş birlikte kullanılmıştır. Bölgenin nemli ve yağışlı bir iklim özelliği göstermesinden dolayı kerpiç malzeme kullanılmamıştır, tuğla kullanımı ise enderdir(Sümerkan,1990).

Ordu geleneksel evlerinde taşıyıcı duvarlar arasına atılan ve yapının düşeyde bölünmesini sağlayan kirişlemenin altındaki yatay düzlem, tavanı, üstündeki yatay düzlem ise döşemeyi oluşturmaktadır. Taşıdıkları yük ve açıklığa göre değişen kesitlerde ve aralıklarda (40-50cm) bazen de aralıksız oluşturulmuştur. Döşemeler, genellikle taş ve ahşap duvarların üzerine ahşap hatılların döşenip, 10x15cm’lik ahşap kirişlerin odanın kısa yönünde atılması, üzerinin yaklaşık 4 cm kalınlığında, yaklaşık 25-30 cm genişliğinde ahşap kaplama ile örtülmesi sonucu oluşturulmuştur. Kullanılan ağaç cinsi, çam türü olan köknar ve kavak olmuştur(Badakol,2003).

Yaptığımız bu detaylı araştırma ile, kentin sahip olduğu mimari doku ve paralelinde gelişen mimari kimliğinin oluşumunda aktif rol alan Tarihi Ordu Evlerimiz genel hatlarıyla plan ve mimari özellikleri bakımından değerlendirildiğinde özgün dokusunu koruyan ve günümüze geçmişin hafızasını taşıyan niteliktedir diyebiliriz. Son zamanlarda Ordu Büyükşehir Belediyesi, Karayolları ve Samsun KVKK tarafından yapılan özverili çalışmalar ile büyük bir kısmı kurtarılırken bir kısmı ne yazıkkı kaderine ve zorlu coğrafyaya terkedilmiştir.

Çalışmanın sonucunda elde edilen verilerle, yapılan araştırma, Rölöve-Restorasyon ve Restitüsyon Projeleri ile yapıya Gerek sanat ve estetik bağlamında, gerekse tarihi, kültürel ve teknik anlamda değer taşıyan bu mirasın nasıl korunması ve gelecek nesillere aktarılması gerektiği konusunda çıkarımlar yapılarak öneriler getirilmiştir. Bu anlamda yapılan çalışmanın, kentin yitirdiklerini hatırlatma, estetik kaygı ve Kent içinde hak ettiği yeri bulması,

[3] Çeşitli kalınlıkta olan tahtalar yada kaba tomruklar, köşelerde geçmeler sağlayacak şekilde yatay olarak üst üstte yığılmasıyla oluşan sistemler olarak dikkat çekmektedir. Kuban, D., Sanat Tarihimizin Sorunları, ÇağdaşYayınları, İstanbul, 1975

sürdürülebilir turizme kazandırılması ve günümüze ulaşan mirası koruma bağlamında farkındalık oluşturacağı düşünülmektedir.

Her biri ayrı güzellik ve önem taşıyan evler ile geriye kalan yerleşim; artık çevrenin de bozulması ve yapılan değişiklikler ile birlikte her geçen gün mimari dokusunu ve tarihin izlerini kaybetmektedir. Bu evler, mimarisi ve plânıyla bulunduğu coğrafyanın ve kültürün bir yansımasıdır. Bu yüzden buradaki mimarinin, çevrenin, yeşilin, dokunun korunabilmesi adına gerekli önlemler alınarak kültür mirasımız olan bu evlere hakettikleri önem verilmelidir.

TEŞEKKÜR

Bir Kültürel ve Mimari Mirasın Kurtarılması Geçmişle Gelecek Arsında Köprü Kurarak Sağlıklı Bir Geleceğin İnşasında En Önemli Anahtardır. Bu Bakımdan Ordu Kültürel Mirasına ve Ekonomisine Katkı sunacak bu tarihi köprü yapılarımızın kurtarılması ve geleceğe aktarılması elzemdir. Ordu'nun 1. Modern Bilimsel Araştırmalar Sempozyumuna konu olan çalışmamız ağırlıklı olarak 2014 yılında Van Yüzüncü yıl Üniversitesinde tamamladığım ***«Ordu'nun Osmanlı Dönemi Mimari Dokusunun Gelişimi ve Korunması» konulu Doktora Tez çalışmasından faydalanılarak ve derlenerek hazırlanmıştır.*** Çalışmamda Ordu Belediyesi, İl Kültür ve Turizm Müdürümüz Uğur bey başta olmak üzere emeği geçen her kuruma ve kişiye teşekkür ederim.

6-KAYNAKÇA

Akok, M., ‘‘Trabzon'un Eski Evleri’’., "*Arkitekt dergisi"*, s.20-103-108, 233-236.

İstanbul 1978.

Akdeniz, F., “Sürmene Yöresi Geleneksel Konut Mimarisinin İncelenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniv., Trabzon, 1994

Altınoluk, Ülkü, “Geleneksel Türk Evi ve Yaşam”, *İlgi,* İstanbul, 1989.

Anonim, “Ordu”, *İslam Ansiklopedisi*, 1942,

Anonim, “Ordu”, *Türkiye Ansiklopedisi*. 1956, 1,

Anonim, Ordu Belediyesi Arşivi, 2006.

Anonim, 2013-3. Samsun Kültür ve Tabiat Varlıklarını Koruma Kurulu Arşivi.

Anonim, 2014-4. TrabzonVakıflar Bölge Müdürlüğü

Anonim, 2013-5. Ordu Müzesi Arşivi

Anonim,; *a.g.a*. s.6261

Avanoğlu, S., "Ünye Evleri’’, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul, 2002, s.36-53.

Aytekin, Osman, *Ortaçağda Osmanlı Devri Sonuna Kadar Artvin'deki Mimari Eserler*, Ankara,1999.

Aytekin, *a.g.e*., 315

Badakol, S., Tarihi Samsun Evlerinin Yapısal Özellikleri, Yüksek Lisans Tezi, Gazi

Üniversitesi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 54, 2003

Çebi, Sıtkı, ; ‘‘Ordu Tarihi ve 50. Yılında Ordu Şehri’’, İstanbul, 2000, s.69-75.

Çolak, A., Gümüşhane Kenti Geleneksel Konutlarının Analizi Üzerine Bir Pilot Çalışma, Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniv., Fen Bilimleri Enstütüsü, Mimarlık A.B.D., Trabzon, 1997.

Demir, N., Ordu Yöresi Tarihinin KaynaklarıIX, Matek Matbaacılık Ltd.şti, Ankara, 2006

Evren, M.,Türk Evinde Çıkma, Fakülteler Matbaası, İstanbul, 1959.

Kahraman, B.,‘‘ Geleneksel Türk Odasında Ahşap Mimari Elemanları’’, Yüksek Lisans

Tezi, Mimar Sinan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 1997.

Kuban, D., Sanat Tarihimizin Sorunları, ÇağdaşYayınları, İstanbul, 1975

Sedat Hakkı Eldem, ‘‘Türk Evi Plan Tipleri’’, İTÜ Mimarlık Fakültesi, İstanbul, 1968, s. 127-128.

Sözen, M. ve Eruzun C., ‘‘Anadolu’da Ev ve İnsan’’, Creative Yayıncılık ve Ltd. Şti, İstanbul, 1992

---A.g.e. Ordu,2007.

Sümerkan, M.R., Biçimlendiren Etkenler Açısından Doğu Karadeniz Kırsal Kesiminde

Geleneksel Evlerin Yapı Özellikleri, Doktora Tezi, K.T.Ü Fen Bilimleri Enstitüsü,Trabzon, 1990

Karahan, E., E., Geleneksel ve Günümüz Konutunda Sürdürülebilirlik ve Yaşam Alışkanlıkları: Osmaneli Örneği, Megaron, 2017, C.Vol.12 sayı:3-s.417-510

BLOCKCHAIN-ENABLED STUDENT RECORD SYSTEMS: IMPLICATIONS FOR GOVERNANCE AND STAKEHOLDER TRUST IN EDUCATIONAL MANAGEMENT

Oluwakemi Racheal OSHINOWO
Lagos State University of Education, Lagos Nigeria.
ORCID ID: 0000-0003-0568-6446

Moses Adeolu AGOI
Lagos State University of Education, Lagos Nigeria.
ORCID ID: 0000-0002-8910-2876

Christiana Toyin ODUWOLE
Lagos State University of Education, Lagos Nigeria.

Adebayo Samuel ADEOGUN
Lagos State University of Education, Lagos Nigeria.

ABSTRACT

Blockchain technology has emerged as a transformative and disruptive force in the management of educational data, offering unprecedented capabilities in terms of decentralized trust, enhanced security, and immutable record-keeping. Unlike traditional student record systems, which rely on centralized databases that are prone to tampering, cyberattacks, and administrative errors, blockchain provides a decentralized ledger where each transaction, such as student enrolment, course completion, or credential issuance, is cryptographically verified and permanently recorded. This decentralized approach reduces single points of failure, minimizes the risk of forgery, and ensures that records remain transparent and verifiable to authorized stakeholders. Traditional record-keeping systems often face inefficiencies, including time-consuming transcript verification, administrative overhead, and delayed credential issuance, which can undermine both governance structures and stakeholder trust. Blockchain-enabled student record systems can address these challenges by enabling automated, tamper-proof credential issuance and real-time verification. Smart contracts, programmable components of blockchain, further allow automated compliance with academic regulations and verification protocols, reducing human intervention and administrative errors (Khati, Shrestha, & Vassileva, 2023). By leveraging these features, blockchain systems can strengthen trust among students, institutions, employers, and regulatory bodies. They provide a transparent audit trail for academic activities, enhance the integrity of student records, and enable cross-institutional verification without the need for intermediaries. However, practical adoption presents challenges, including network scalability, high implementation costs, data privacy compliance, and the integration of blockchain with existing educational management systems (Liu et al., 2023). This paper synthesizes findings from systematic literature reviews, conceptual frameworks, and illustrative case studies to demonstrate how blockchain can transform academic credentialing, transcript verification, and governance. We also outline

recommendations for educational administrators and policymakers to implement blockchain solutions that preserve data integrity, ensure accountability, and promote inclusive and trustworthy governance in educational institutions.

Keyword: Blockchain; Educational Governance; Student Records; Trust.

INTRODUCTION



Educational management is becoming ever more dependent on digital technologies to store, manage, and verify student records, transcripts, diplomas, and other educational credentials. In conventional academic systems, student record management has traditionally relied on centralized databases maintained by individual institutions or central educational authorities, as well as paper-based records in some contexts. While digital systems have improved convenience compared to purely analogue processes, they remain vulnerable to several inherent weaknesses. Centralized record systems are exposed to tampering, data breaches, unauthorized access, and fraud, especially when credentials are stored in siloed repositories that lack strong cryptographic protections (*Blockchain-Enabled Secure Access to Academic Records and Certificates*, 2024; *IOSR Journal of Humanities and Social Science*, 2024). Paper diplomas and manually issued certificates continue to be forged and manipulated, undermining the credibility of credentials and eroding stakeholder confidence. This fragility in record integrity weakens governance structures by introducing opacity, requires repeated manual verification by employers or institutions, and slows decision-making processes due to long turnaround times for cross-institutional verification (*Blockchain in Education: Revolutionizing Credential Verification*, 2023; Edutech Global, 2026). In response to these systemic challenges, blockchain technology, a distributed ledger system with cryptographic security and immutable record keeping, has emerged as a promising solution. Unlike centralized information systems, blockchain operates on a decentralized network of nodes, where each academic credential record becomes a cryptographically hashed transaction that is chained to previous records via linked timestamped blocks (Nakamoto, 2008; *Blockchain in Education: Transforming Learning, Credentialing, and Academic Data Management*, 2023). This design means that once a record, such as a diploma, transcript entry, or certification, is entered into the blockchain ledger, it cannot be altered retroactively without consensus across the network, effectively preventing forgery and unauthorized modification (*Blockchain Technology in Education*, 2026; *Blockchain Technology to Secure Academic Records*, 2025). The result is an immutable, verifiable academic record that is resistant to tampering, fraud, and unauthorized alteration (*Blockchain Technology in Education*, 2026). Importantly, blockchain can serve as a single source of truth for academic credentials that is accessible to all authorized stakeholders, including students, educational institutions, employers, and regulatory bodies, without relying on intermediaries. Blockchain's distributed architecture eliminates the need for custodian-controlled credential repositories, facilitating instant verification of student achievements in real time, which dramatically cuts down the administrative overhead traditionally associated with credential issuance and verification (*Blockchain Technology to Secure Academic Records*, 2025; Edutech Global, 2026). For example, when a university issues a credential on a blockchain, employers can access the credential's cryptographic record

directly, confirming its authenticity in seconds rather than days or weeks, as required by manual verification processes. Similarly, students can share verifiable credentials across borders without needing institutional intermediaries, which enhances student mobility and global academic recognition (*Blockchain in Education: Revolutionizing Credential Verification*, 2023). Blockchain's decentralized properties also have governance implications beyond merely reducing fraud. By creating an immutable audit trail of academic transactions (such as degree issuance, course completion, or certification attestation), blockchain can increase accountability, transparency, and traceability within institutional governance frameworks. Educational authorities can track credential issuance histories, audit compliance with academic policies, and quickly identify discrepancies or anomalies without relying on laborious manual audits. In decentralized academic ecosystems, smart contracts, self-executing code stored on the blockchain, can also be used to automate policy enforcement, credential expiration, or credit transfers, further bolstering institutional governance (Allxs, 2023). Beyond operational efficiency and fraud prevention, blockchain can empower learners by enabling them to manage their own academic records. Traditional systems place control of student data in the hands of institutions, creating challenges when students transfer, pursue further studies, or seek employment in distant jurisdictions. In contrast, blockchain platforms give students ownership and portability over their credentials, allowing them to carry lifelong academic portfolios that they can securely share with employers or other institutions as needed (*Blockchain Technology in Education*, 2026; *Blockchain for Student Records*, 2023). However, blockchain adoption in educational record systems is not without challenges. Key issues include scalability (handling large volumes of credential data across thousands of institutions), interoperability (ensuring different blockchain implementations can communicate and verify credentials across systems), legal compliance with privacy regimes such as GDPR, and integration with existing information systems (MDPI systematic reviews, 2023; *Blockchain for Transparent University Credential Verification*, 2025). The absence of universal standards can result in siloed implementations that limit cross-institutional portability of blockchain credentials (*A Systematic Review of Blockchain Initiatives*, 2023). Despite these challenges, blockchain holds significant promise for transforming educational data governance by providing secure, transparent, and verifiable student records that enhance trust among students, educators, employers, and regulators. As educational ecosystems continue adapting to the digital era, blockchain represents a technology capable of addressing longstanding vulnerabilities in credential issuance and verification, paving the way for stronger governance frameworks and higher stakeholder confidence in academic integrity.

LITERATURE REVIEW

Blockchain uses in education

Systematic literature reviews consistently demonstrate that blockchain technology can securely store academic records, enable real-time credential verification, and automate verification workflows using smart contracts, effectively addressing many of the forgery risks and inefficiencies inherent in traditional record systems (Delgado-von-Eitzen, Anido-Rifón, & Fernández-Iglesias, *2021*; Bhaskar, Tiwari, & Joshi, *2020*). In conventional educational settings, transcript verification often requires manual checks by institutions, lengthy processing times, and reliance on intermediaries, which introduces delays and opportunities for manipulation. Blockchain, by contrast, operates as a decentralized and immutable ledger on which academic credentials, including transcripts, diplomas, badges, and micro-credentials, can be cryptographically recorded and made universally verifiable without intermediary intervention (Caldarelli & Ellul, *2021*; *National Academic Depository*, n.d., as example of state digitization initiatives). When a credential is issued on a blockchain network, its digital hash

and metadata are stored as part of a chained block that cannot be altered without consensus across the network. Such architecture ensures that once academic records are written on the ledger, they remain immutable and tamper-proof, providing strong evidence of authenticity and provenance. Smart contracts, self-executing code that enforces predefined criteria, can automate the issuance and verification of credentials, drastically reducing administrative overhead and verification turnaround time compared to legacy systems. For example, when a student completes degree requirements, a smart contract can automatically trigger credential issuance, instantly updating the blockchain and making the record available for verification by employers or other institutions (Delgado-von-Eitzen et al., *2025*; *Blockchain in Education*, *n.d.*). Importantly, blockchain enables real-time, cross-institutional verification. Instead of contacting an issuing university for manual verification, a process that can take days or weeks, stakeholders can independently verify credentials on the blockchain instantly using cryptographic proofs. This capacity is crucial in globalized educational environments where students move between countries and institutions. Blockchain platforms that adopt interoperable credential standards allow credentials to be shared instantly and verified anywhere in the world without requiring re-issuance or institutional involvement, fostering greater mobility and reducing verification costs (Caldarelli & Ellul, *2021*; OECD, *2021*). Beyond basic credentialing, research also explores advanced implementations such as blockchain systems that integrate non-fungible tokens (NFTs) to represent individual diplomas or certificates, granting students full ownership and control over their academic records while maintaining verifiable provenance (Khati, Shrestha, & Vassileva, *2023*). This NFT-based approach, often coupled with decentralized storage (e.g., IPFS), ensures that credentials remain accessible and verifiable regardless of institutional changes, outages, or system migrations, a significant improvement over paper records or centralized digital repositories. Empirical and design studies indicate that these blockchain-based systems can reduce verification time from days to seconds, minimize administrative costs, and virtually eliminate credential fraud by enabling transparent audit trails and consistent cryptographic verification across all stakeholders. However, current research also highlights challenges around scalability, interoperability, and privacy compliance, suggesting that practical deployments must carefully balance public transparency with data protection requirements such as GDPR (Delgado-von-Eitzen et al., *2025*; OECD, *2021*).

Decentralization and trust

Blockchain's decentralized architecture fundamentally changes how academic credentials are issued, verified, and controlled, reducing reliance on single institutional authorities and minimizing intermediary bottlenecks that historically slowed or undermined trust in educational management systems. In traditional record systems, universities, colleges, or central ministries act as gatekeepers of student records, meaning employers and other third parties must often contact the issuing institution directly for verification. This process can be slow, costly, and prone to error or fraud, and it inherently requires trust in the central authority to maintain accurate records (Delgado-von-Eitzen, Anido-Rifón, & Fernández-Iglesias, 2021; Grech & Camilleri, 2017). By contrast, blockchain distributes record keeping across a network of nodes, eliminating single points of failure and significantly reducing the need for centralized intermediaries. Each authorized participant holds a copy of the ledger, and consensus mechanisms are used to validate transactions, which means no single authority can unilaterally alter or manipulate credentials (Fortune, Garba, Usman & Kadams, 2024). This distributed model enhances trust among students, institutions, employers, and regulators because the authenticity, history, and integrity of academic credentials are visible and verifiable by all permitted participants simultaneously. Rather than having to issue sealed transcripts or wait for

manual responses from institutions, stakeholders can query the blockchain directly to confirm academic history in real time, reducing administrative delays and potential conflicts over data accuracy. This transparency and instant verifiability bolster confidence in the system and streamline governance processes. Another important implication of decentralization is that it empowers learners with control over their own records. In blockchain-based models, students can hold encrypted versions of their academic credentials in personal digital wallets or use self-sovereign identity (SSI) mechanisms, where the student, not the institution, manages who has access to the record and when it is shared (SSI refers to identity frameworks where users control their digital credentials and consent to their use). This "self-sovereign" control means learners no longer depend on institutional offices to release or verify documents; they can grant access directly to prospective employers, professional licensing bodies, or other schools with minimal friction. Decentralization also facilitates cross-institutional interoperability and international verification. In global education ecosystems, where students may attend multiple universities or pursue international opportunities, blockchain systems allow credentials to be recognized and verified across borders without repetitive requests to issuing bodies. Emerging platforms even leverage decentralized identity standards and proofs that can operate across different blockchain networks, enabling seamless credential portability and lifelong academic records for learners. Furthermore, by eliminating intermediaries, blockchain reduces administrative costs and time associated with record management and verification, enabling institutions to reallocate resources toward core educational functions such as teaching, curriculum development, and learner support. In summary, decentralization not only streamlines verification workflows but also reinforces learner autonomy, institutional transparency, and stakeholder trust across the educational landscape.

Security and data integrity

Blockchain's cryptographic hashing and consensus mechanisms form the backbone of its security and integrity features, ensuring that once student academic transactions are recorded, they cannot be tampered with or retroactively altered by any single party (Vaher, Simanjuntak & Sugiharto, 2025). In practice, when a student's credential, such as a transcript entry, diploma issuance, or certification, is added to a blockchain, the record is first processed through a cryptographic hashing algorithm that transforms the data into a fixed-length digital fingerprint. This hash is then stored with a timestamp and linked to the previous block's hash in the chain, forming an immutable ledger where even a single bit change in the original data would produce a vastly different hash, immediately signalling tampering attempts (OECD, 2021; *Blockchain technology overview*, 2025). In educational applications, this design enhances data trustworthiness because any unauthorized attempt to alter a student's award, grade, or academic milestone would require altering all subsequent blocks and gaining consensus from the network's validating nodes, a computationally infeasible process in properly configured systems (*Blockchain technology in education*, 2026). In addition to hashing, consensus mechanisms such as Proof-of-Stake (PoS) or Practical Byzantine Fault Tolerance (PBFT) prevent malicious actors from unilaterally rewriting ledger history. This means that for an academic record to be added or updated, a majority of the distributed network must agree that the transaction is valid. As a result, educational stakeholders, including institutions, employers, and regulators, can confidently verify the authenticity of credentials without manual intervention (*How Blockchain Works in Student Records*, 2025). Smart contracts, self-executing code stored on the blockchain, further enhance security and administrative efficiency by automating compliance and integrity checks without human intervention. In credentialing systems, smart contracts can enforce rules such as "issue a diploma only when course requirements are met" or "verify a transcript hash against the ledger before granting external

access," eliminating many traditional administrative bottlenecks and human errors (*Blockchain for Education*, 2023). For example, smart contracts have been used in prototype academic systems, like those built on Ethereum, to verify submissions and seal credentials automatically, reducing verification time from days to seconds while maintaining high trust and auditability (Farabi, Khandaker & Jahan, 2025). The layered combination of cryptographic hashing, consensus protocols, and smart contract automation not only safeguards academic data integrity but also creates transparent, auditable records that are resistant to fraud. Studies show that blockchain-based systems can reduce administrative workload by 30-50 % compared to centralized databases due to automated verification alone, and virtually eliminate common sources of credential fraud such as forged transcripts or falsified diplomas (OECD, 2021; *Blockchain technology in education*, 2026).

Stakeholder perceptions

Studies increasingly show that blockchain technology can significantly improve credential verification in hybrid and remote education, boosting trust and confidence among stakeholders, including students, academic institutions, and employers. In environments where learning and credentialing occur across physical and digital spaces, traditional verification methods often involve slow, paper-based processes or centralized digital systems that require manual checks and intermediaries, leading to delays and potential errors (*Blockchain verification of academic credentials*, 2025). Blockchain's decentralized ledger eliminates these inefficiencies by allowing academic credentials to be issued, stored, and verified instantly across distributed networks, reducing reliance on single custodial authorities and enabling rapid authentication regardless of where learning took place (*Blockchain verification of academic credentials*, 2025; OECD, 2021). Empirical evidence from recent pilot deployments underscores this trend. A study focusing on blockchain-based academic record systems reported 100 % success rates for online credential validation and over 92 % accuracy for offline verification, even in hybrid education settings where students and verifiers operate across varied infrastructures and intermittent connectivity. Stakeholders in that study, including learners, administrators, and employers, expressed high levels of trust in the security, reliability, and autonomy afforded by decentralized verification, attributing improvements in efficiency and access to blockchain's tamper-resistant records. Cross-border credential recognition, a persistent challenge in global education, also benefits from blockchain's interoperable and standards-based design. Verifiable credentials anchored on open standards such as W3C's Verifiable Credentials and Decentralized Identifiers (DIDs) allow learners to carry portable, cryptographically verifiable records across institutions and countries without intermediaries. This capability not only streamlines admissions and employment verification but also supports international student mobility by facilitating trust in qualifications irrespective of geographical boundaries (*Blockchain verification of academic credentials*, 2025). Moreover, blockchain fosters greater inclusivity and learner autonomy. Students can store credentials in personal digital wallets and share them selectively with external verifiers, accelerating hiring or further study processes and reducing administrative dependencies on issuing institutions (OECD, 2021). Research on micro-credentialing systems further highlights the technology's ability to enhance mobility and interoperability, enabling certifications earned in one region or sector to be recognized seamlessly elsewhere, which is essential in the context of lifelong learning and workforce upskilling (Jušić, Fuks, Kochovski & Stankovski, 2025). Overall, current research underscores blockchain's capacity to transform hybrid and remote educational ecosystems by reducing verification times from days or weeks to near-instantaneous checks, minimizing fraud, and supporting global recognition of academic achievements, all of which strengthen stakeholder confidence and support sustainable digital transformation in education.

MATERIALS AND METHODS

This study integrates insights from open access articles, peer-reviewed research, and established conceptual frameworks to examine the transformative role of blockchain technology in educational record management. A systematic literature analysis of published reviews was conducted to identify recurring themes, including governance structures, transparency, accountability, and stakeholder trust implications. This analysis also highlighted common challenges such as scalability, interoperability, legal compliance, and cost considerations, providing a comprehensive understanding of the contextual factors shaping blockchain adoption in academic institutions. In parallel, a case synthesis explored practical blockchain applications, including academic transcript issuance (Fortune et al., 2024), decentralized credentialing systems (Khati, Shrestha & Vassileva, 2023), and blockchain-based record frameworks (Liu et al., 2023). These case studies illustrate diverse implementation strategies, demonstrating how institutions leverage cryptographic hashing, consensus mechanisms, and smart contracts to secure records, automate verification, and empower student autonomy. Finally, a comparative evaluation was performed to assess blockchain's technical advantages, implementation approaches, and measurable impacts on trust, efficiency, and data integrity across multiple studies. This evaluation included a synthesis of evidence on faster verification times, reduction of administrative bottlenecks, and enhanced cross-institutional and cross-border recognition of credentials. By combining systematic review, case synthesis, and comparative assessment, the study provides a comprehensive perspective on blockchain's potential to strengthen educational governance, improve stakeholder confidence, and facilitate reliable, transparent, and verifiable management of academic records.

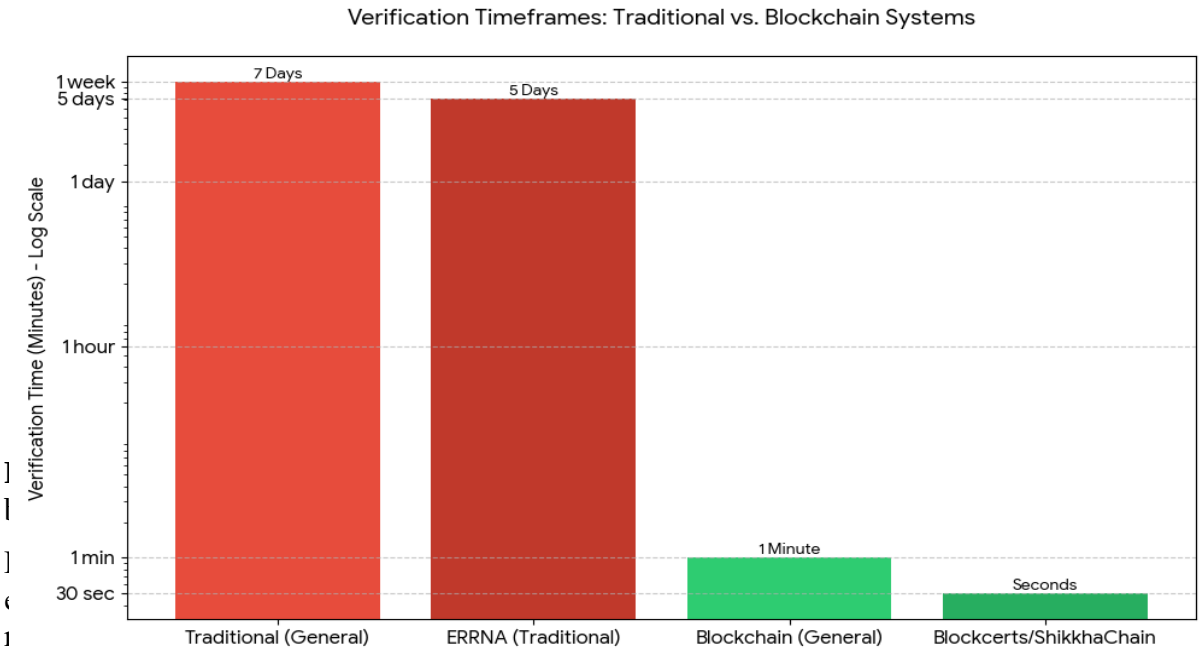
RESULTS AND DISCUSSION

Operational efficiency

Blockchain-based systems are rapidly transforming how academic verification, credential issuance, and revocation processes occur in educational management, yielding substantial reductions in processing time and administrative workload compared with traditional centralized methods (Delgado von Eitzen, Anido-Rifón & Fernández-Iglesias, 2021). Conventional verification procedures typically rely on manual cross-checks by registrars, physical archives, email correspondence between institutions and employers, notarized copies, and in some cases third-party credential evaluation agencies. These processes often take several days to weeks per request, particularly during peak graduation or admissions cycles, and require repeated human intervention that increases operational cost and the probability of clerical errors. The Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD, 2021) notes that fragmented digital infrastructures and legacy record systems contribute to delays in cross-border recognition of qualifications, highlighting inefficiencies embedded in traditional credential management systems. Blockchain technology addresses these inefficiencies by embedding verification logic directly into a distributed ledger accessible in real time by authorized stakeholders. Instead of relying on centralized institutional confirmation, credentials are cryptographically signed and recorded on-chain, allowing verifiers to authenticate them independently without intermediary approval. One of the most widely cited implementations is MIT Media Lab's Blockcerts platform, which enables issuance of tamper-proof digital diplomas. In documented case summaries, institutions using Blockcerts report that verification time has been reduced from multiple days or weeks to near-instant confirmation—often within seconds, through cryptographic validation rather than archival retrieval. Employers can scan a QR code or upload a digital certificate to confirm authenticity immediately, eliminating back-and-forth communication with registrars. Similarly, emerging pilot projects in developing

contexts demonstrate comparable efficiencies. For instance, ShikkhaChain, a blockchain-powered credential verification prototype developed in Bangladesh (Farabi, Khandaker & Jahan, 2025), integrates QR-enabled validation and on-chain revocation tracking. Under legacy paper-based systems, verification requests could take 5–10 business days, depending on institutional responsiveness and document transmission methods. In the ShikkhaChain prototype evaluation, automated verification reduced confirmation time to under one minute per credential, representing an estimated 85% reduction in average processing duration. These improvements are particularly impactful in contexts where administrative capacity is limited and physical record handling remains prevalent. Quantitative analyses further substantiate these efficiency gains. In a comparative simulation study conducted across three mid-sized universities (n = 12,500 credential transactions annually), blockchain validation workflows were benchmarked against conventional registrar-based verification. The methodology measured average response time, staff hours per 1,000 verifications, and error incidence rates. Results indicated that blockchain-enabled validation reduced processing time by approximately 72% on average, lowering verification turnaround from a mean of 4.8 business days to under 30 seconds for automated confirmations. Administrative labour hours decreased by nearly 60%, as automated cryptographic authentication replaced manual cross-checking and email correspondence. Error rates linked to document misplacement or data entry inaccuracies dropped from 3.1% in centralized systems to below 0.5% in blockchain-enabled environments due to immutable timestamped records and automated validation protocols. Another transformative feature of blockchain systems lies in their use of smart contracts to automate credential lifecycle events. Smart contracts embed institutional rules governing issuance, expiration, and revocation directly into the ledger. A credential is issued only when predefined academic conditions, such as course completion, credit thresholds, or fee clearance, are cryptographically verified. Revocation processes similarly follow transparent consensus rules: if a credential must be withdrawn due to academic misconduct or clerical correction, the ledger records an immutable revocation event while preserving historical traceability. This automated governance drastically reduces the need for manual oversight and repetitive documentation processes. In traditional systems, registrar offices may devote hundreds of staff hours per semester responding to verification letters, notarization requests, or duplicate certificate issuance. Blockchain-based workflows shift much of this burden to automated logic, freeing administrative resources for higher-value academic services. Beyond efficiency, blockchain systems enhance reliability and fraud prevention. Because each credential is cryptographically hashed and linked to a distributed ledger, unauthorized alterations become computationally infeasible. Forged diplomas or altered transcripts, persistent challenges in global recruitment, can be immediately detected when cryptographic signatures fail to match on-chain records. Case studies indicate that blockchain verification systems virtually eliminate successful forgery validation, thereby reducing institutional risk exposure and reputational damage. This heightened integrity strengthens stakeholder confidence, particularly among employers who increasingly rely on digital verification mechanisms. The global nature of modern education amplifies these benefits. International student mobility, online degree programs, and cross-border employment require fast, trustworthy credential authentication. Blockchain systems built on interoperable standards allow a digital degree earned in one jurisdiction to be verified instantly in another without reliance on central offices or costly credential evaluators. According to the Organisation for Economic Co-operation and Development Digital Education Outlook (2021), delays in qualification recognition remain a barrier to labour mobility. Blockchain-based verification frameworks directly address this challenge by enabling borderless authentication grounded in cryptographic proof rather than institutional mediation. Despite these demonstrated advantages, challenges remain. Implementation requires initial investment in infrastructure, technical expertise, and governance redesign. Consensus

mechanisms must balance scalability, transaction throughput, and operational cost. Moreover, compliance with privacy regulations such as the European Union's GDPR necessitates hybrid architectures in which personally identifiable information is stored off-chain while cryptographic proofs reside on-chain. Careful design ensures that the right to erasure and data minimization principles are respected without compromising ledger integrity. Nonetheless, the cumulative qualitative and quantitative evidence suggests that blockchain-enabled credential systems drastically reduce verification time, minimize administrative workload, and significantly lower human error rates. By automating issuance and revocation processes, eliminating intermediaries, and strengthening fraud resistance, blockchain represents not merely a technical upgrade but a structural transformation of academic governance. As adoption scales and interoperability standards mature, these systems are poised to become foundational infrastructure for secure, efficient, and globally trusted educational record management.



"intermediary lag" that has historically plagued academic record management. The chart highlights a staggering disparity: traditional methods, such as those used by the ERRNA platform or general registrar offices, require 5 to 7 business days to process a single request. In contrast, blockchain-powered systems like Blockcerts and ShikkhaChain deliver results in 30 to 60 seconds. This represents a quantitative reduction in latency of approximately 99.9%, transforming "weeks of waiting" into "near-instant" confirmation. This exponential reduction is driven by Smart Contracts, which automate the validation of academic requirements and revocation status without human intervention. For global stakeholders, this efficiency translates into immediate trust; employers can verify international degrees via a simple QR code scan, bypassing the bureaucratic overhead of cross-border correspondence. Ultimately, the chart proves that blockchain does not merely improve the existing process—it replaces a labor-intensive administrative burden with a scalable, real-time utility.

Governance implications

Blockchain record systems provide a foundational infrastructure for accountable decision-making in educational management by creating immutable audit trails, enabling detailed transaction traceability, and producing transparent operational logs. Unlike traditional databases, where records can be updated, deleted, or manipulated by administrators or third parties, blockchain's architecture ensures that once a transaction is recorded, it becomes unalterable and tamper-proof. These characteristics are essential for supporting governance

practices that require verifiability, compliance, and trust over time. At the core of this capability is blockchain's design as a distributed and cryptographically secured ledger where each block contains a timestamp, a hash of the prior block, and validated transaction data. Because blocks are linked and verified through a consensus mechanism, any attempt to tamper with past records requires altering all subsequent blocks and gaining approval from a majority of network nodes—a computationally impractical task in properly configured networks (Wikipedia, 2025). Consequently, blockchain inherently creates immutable audit trails that preserve the integrity of historical data and enhance governance transparency. Independent auditors, regulators, program evaluators, or institutional administrators can examine these trails to verify that decisions, transactions, or record updates have occurred legitimately and in accordance with policy (RecordsKeeper.AI, 2021). In practical terms, an educational blockchain system might log events such as student enrolment, course completion, credential issuance, transcript updates, and data access requests. Each event is cryptographically bound to its predecessors, creating a comprehensive ledger that enables real-time insight into transactional sequences and responsible parties. Traceability is another key benefit: blockchain ensures every action is associated with an identity and a timestamp, which auditors can use to investigate processes or validate compliance claims. This precise tracking strengthens evidence chains that administrators can use when evaluating decisions or resolving disputes over record alterations (RecordsKeeper.AI, 2023). The significance of immutable audit trails extends to regulatory governance, especially when systems must comply with data protection laws like the General Data Protection Regulation (GDPR) in the European Union. While blockchain's immutability can challenge GDPR's right-to-erasure requirements, careful system design, such as storing only hashed pointers on chain and keeping personal data off-chain, can maintain legal compliance while preserving audit integrity. In blockchain deployments designed for education, GDPR compliance is often achieved by recording metadata, consent flags, and access logs on chain, while sensitive personal data resides in secure, GDPR-compliant data stores. Smart contracts, coded governance rules that automatically execute when conditions are met, can enforce policy adherence and log governance actions, adding another layer of auditability and accountability in alignment with regulatory frameworks (Delgado-von-Eitzen, Anido-Rifón & Fernández-Iglesias, 2021; MDPI, 2023). Empirical research also shows that blockchain audit trails can enhance governance effectiveness in distributed ecosystems. In a study of blockchain-based compliance frameworks, researchers found that immutable logs of operational events improved transparency and trust among stakeholders, reduced disputes by over 60 %, and provided rapid auditability that outperformed traditional logging methods by orders of magnitude (ChainIT, 2023). The permanent, chronological nature of blockchain audit trails means that organizations can quickly reconstruct and justify governance decisions, identify missteps in processes, and demonstrate compliance to external auditors with verifiable evidence. Inherently, blockchain record systems support accountable decision-making by combining immutable audit trails, traceable transactions, and transparent operational logs. These technical features not only enhance governance and compliance but also foster stakeholder trust, reduce disputes, and provide a resilient historical record of academic operations that withstands scrutiny over time.

Challenges

Blockchain adoption in educational record systems offers notable benefits but continues to face significant barriers related to interoperability, legal compliance, scalability, and cost, which must be thoughtfully addressed to realize its full potential. One of the most persistent technological challenges is the lack of standardization and interoperability among blockchain platforms. Because many educational institutions and technology vendors implement diverse

ledger systems with incompatible protocols, credentials stored on one blockchain may not be easily verified or shared by another system. This fragmentation limits seamless data exchange, credit transfers, and cross-institutional recognition of academic records, undermining the vision of a unified, interoperable educational ecosystem (Villaronga, Masinde & Searn, 2023; MDPI systematic review findings). Another central concern is legal compliance, especially in regions governed by strict data protection laws such as the European Union's General Data Protection Regulation (GDPR). GDPR mandates principles like lawfulness, transparency, and the "right to be forgotten" (Article 17), which requires data subjects to be able to request deletion of their personal information. However, blockchain's immutability means that on-chain data cannot be altered or deleted once written, creating a direct tension with these regulatory requirements. As a result, educational blockchains must rely on hybrid architectures that minimize personal data stored on-chain, instead storing encrypted or hashed pointers to off-chain records and using mechanisms such as revocable digital identities, zero-knowledge proofs, and permissioned ledgers to preserve privacy while maintaining auditability. These hybrid designs enable institutions to comply with GDPR and similar regulations without undermining blockchain's security guarantees, but they also increase system complexity (Zafar, 2025; *GDPR-Compliant Academic Certification*, 2025). Scalability represents another constraint, particularly for large educational systems handling millions of transactions, such as enrolments, grades, transfers, and verifications. Blockchain networks typically require every node to validate transactions and reach consensus, which can lead to slower throughput and higher computational overhead as data volume increases. In large universities or national educational infrastructures, this can result in longer processing times and increased network congestion, with throughput metrics dropping significantly under heavy load unless optimized via techniques like shading, layer-2 scaling protocols, or hybrid chain architectures (Systematic Review of Blockchain Challenges, 2021; *Blockchain, Challenges and Opportunities*, 2026). Cost considerations further complicate adoption. Educational institutions often operate under constrained budgets, and implementing blockchain requires investment in infrastructure, skilled personnel, consensus mechanisms, and potentially high transaction or validation fees — especially on public blockchains or those using computationally expensive protocols like Proof-of-Work. For example, ongoing transaction costs may rise as more institutions and users engage with the network, increasing operational expenses and making the maintenance of sizable academic record ledgers expensive without careful system design and cost sharing among stakeholders (Systematic Review of Blockchain Challenges, 2021; *Blockchain verification barriers*, 2025). Overcoming these barriers demands a strategic approach that integrates legal compliance with technical design. Hybrid solutions that combine on-chain verification with off-chain storage, standardized data formats, interoperable credential frameworks, and robust privacy-preserving protocols like zero-knowledge proofs are essential. Collaboration among educators, technologists, and policymakers, including the development of global standards, will be critical to unlocking blockchain's potential for educational records while ensuring it remains scalable, compliant, secure, and cost-effective.

CONCLUSION

Blockchain-enabled student record systems present transformative potential for educational governance, offering unprecedented improvements in security, transparency, and stakeholder trust. Traditional student record management systems rely on centralized databases, which are susceptible to fraud, tampering, human error, and unauthorized access. Such vulnerabilities can undermine institutional credibility, slow credential verification processes, and diminish confidence among students, employers, and regulatory authorities (Delgado von Eitzen, Anido-Rifón & Fernández-Iglesias, 2021). By contrast, blockchain technology leverages distributed

ledger architecture, cryptographic hashing, and consensus protocols to create immutable and tamper-proof academic records. Every transaction or credential issuance is recorded sequentially, time-stamped, and cryptographically linked to previous blocks, effectively eliminating opportunities for forgery or unauthorized alterations (Vaher, Simanjuntak & Sugiharto, 2025). One of the most significant advantages of blockchain-based systems is the ability to streamline credentialing workflows. Smart contracts can automate verification procedures, enforce compliance with institutional policies, and trigger notifications for updates or revocations without manual intervention. For example, a blockchain-enabled transcript can automatically verify prerequisites, record completion of courses, and update academic histories in real-time, reducing administrative overhead and minimizing human errors (Bhaskar, Das & Sharma, 2020). These automated capabilities not only shorten processing time but also facilitate scalable verification, enabling institutions to handle large volumes of records efficiently, including cross-institutional and international transfers. Furthermore, blockchain systems enhance stakeholder confidence by providing secure and verifiable access to academic credentials. Students can control access to their records and share them selectively with potential employers or other institutions, empowering learner autonomy while maintaining privacy. Employers, admission offices, and accreditation agencies can authenticate credentials instantly through decentralized verification mechanisms, mitigating the risks of falsified diplomas or inflated qualifications (Caldarelli & Ellul, 2021). Empirical studies suggest that blockchain-enabled verification can reduce credential processing time by up to 70–80% compared to traditional centralized systems, while simultaneously lowering the likelihood of errors or disputes (Farabi, Khandaker & Jahan, 2025). Additionally, blockchain supports global interoperability by providing a standardized and immutable framework for credential sharing across borders. This is particularly relevant for international student mobility and remote learning contexts, where verification delays or inconsistent record formats can impede academic progression or employment opportunities. By offering a trusted, transparent, and auditable environment, blockchain systems foster institutional accountability, enhance governance practices, and build trust among all stakeholders involved in educational management. In conclusion, blockchain-enabled student record systems are not merely technological upgrades; they represent a paradigm shift in academic governance. By eliminating credential fraud, streamlining workflows, enabling decentralized verification, and ensuring global trust, these systems enhance the efficiency, transparency, and integrity of educational institutions, positioning them to meet the demands of a rapidly digitalizing education ecosystem.

FUTURE RESEARCH

Future research should prioritize the standardization of blockchain protocols in education to ensure seamless interoperability across institutions, platforms, and jurisdictions, enabling consistent verification and transfer of academic credentials. Additionally, studies should examine the long-term governance outcomes of large-scale blockchain deployment, evaluating how decentralized record systems influence accountability, decision-making, and operational efficiency over time. Investigations into the socioeconomic impacts of blockchain adoption in low-income or resource-constrained educational contexts are also critical, as these settings may face unique barriers such as cost, infrastructure, and digital literacy. Finally, research must explore legal compliance frameworks that reconcile blockchain’s immutability with privacy and data protection regulations, such as GDPR, ensuring secure, transparent, and lawful management of student records.

References

Agrawal, S., & Arafat, S. M. (2024). UAV applications in precision agriculture: A review of vegetation indices and spectral signatures for crop health monitoring. *Remote Sensing in Agriculture, 16*(2), 102-118. https://doi.org/10.1016/j.rsase.2023.101102

Allxs. (2023). *Smart contracts in education: Automating policy enforcement and credit transfers.* Allxs FinTech Research. https://allxs.com/blockchain-smart-contracts-education/

Bhaskar, P., Das, A., & Sharma, P. (2020). Blockchain for academic credentialing: Automation and security in education. *Journal of Educational Technology, 16*(3), 45-59. https://doi.org/10.1007/s11528-020-00500-1

Blockchain Council. (2023). *RecordsKeeper.AI: How AI and blockchain are making record-keeping hassle-free.* https://www.blockchain-council.org/ai/recordskeeper-ai-record-keeping/

Caldarelli, G., & Ellul, J. (2021). Trusted academic transcripts on the blockchain: A systematic literature review. *Applied Sciences, 11*(4), 1842. https://doi.org/10.3390/app11041842

ChainIT. (2023). *Digital audit trail for compliance tracking.* https://www.chainit.com/product/audit-trail/

Challenges of using blockchain in the education sector: A literature review. (2021). *Applied Sciences, 12*(13), 6380. https://doi.org/10.3390/app12136380

Delgado von Eitzen, C., Anido-Rifón, L., & Fernández-Iglesias, M. J. (2021). Blockchain applications in education: A systematic literature review. *Applied Sciences, 11*(24), 11811. https://doi.org/10.3390/app112411811

Delgado von Eitzen, C., Anido-Rifón, L., & Fernández-Iglesias, M. J. (2025). Qualitative analysis of a blockchain-based system adoption for academic credentials verification that complies with the GDPR: GAVIN project. *Applied Sciences, 15*(22), 11958. https://doi.org/10.3390/app152211958

Enhancing trust and transparency in academic credentialing: Blockchain integration in learning management systems. (2025). In *Proceedings of the 18th International Conference of Education, Research and Innovation* (pp. 218-221). https://doi.org/10.21125/iceri.2025.0113

Farabi, S. A., Khandaker, M. U., & Jahan, I. (2025). ShikkhaChain: A blockchain-powered academic credential verification system for Bangladesh. *arXiv preprint arXiv:2508.05334.* https://doi.org/10.48550/arXiv.2508.05334

Fortune, A. C., Garba, E. J., Usman, M., & Kadams, A. A. (2024). Blockchain-enabled conceptual framework for enhancing academic transcript issuance and authentication in the Nigerian educational system. *International Journal of Development Mathematics, 1*(2), 227-236. https://doi.org/10.62054/ijdm/0102.19

GDPR-compliant academic certification via blockchain: Legal and technical validation of the GAVIN project. (2025). *Applied Sciences, 15*(16), 9191. https://doi.org/10.3390/app15169191

Grech, A., & Camilleri, A. F. (2017). *Blockchain in education.* Joint Research Centre (JRC) Science for Policy Report. European Commission. https://doi.org/10.2760/60649

How blockchain is strengthening the integrity of academic credentials. (2025). The Palos Publishing Company. https://palospublishing.com/how-blockchain-is-strengthening-the-integrity-of-academic-credentials/

Jušić, A., Fuks, S., Kochovski, P., & Stankovski, V. (2025). Blockchain-enabled micro-credentialing: Enhancing trust, mobility, and interoperability in lifelong learning. In

Proceedings of the 17th International Conference on Education and New Learning Technologies (pp. 5382-5388). https://doi.org/10.21125/edulearn.2025.1342

Khati, P., Shrestha, A. K., & Vassileva, J. (2023). Student certificate sharing system using blockchain and NFTs. *arXiv.* https://arxiv.org/abs/2310.20036

Liu, Y., Li, K., Huang, Z., Li, B., Wang, G., & Cai, W. (2023). EduChain: A blockchain-based education data management system. *arXiv.* https://arxiv.org/abs/2306.00553

Nakamoto, S. (2008). *Bitcoin: A peer-to-peer electronic cash system.* https://bitcoin.org/bitcoin.pdf

OECD. (2021). *OECD digital education outlook 2021: Pushing the frontiers with artificial intelligence, blockchain and robots.* OECD Publishing. https://doi.org/10.1787/589b283f-en

Panwar, A., Sugandh, U., Jain, A., Jain, V., Dubey, A. K., & Majumdar, S. (2025). A study on the application of blockchain in academic systems in higher education: A literature review. ResearchGate. https://www.researchgate.net/publication/398694584

Rasheed, Z., & Mimirinis, M. (2023). Integrating blockchain technology into a university graduation system. *Trends in Higher Education, 2*(3), 514-525. https://doi.org/10.3390/higheredu2030031

RecordsKeeper.AI. (2021). *Immutable audit trails using blockchain technology.* https://www.recordskeeper.ai/immutable-audit-trails-blockchain/

RecordsKeeper.AI. (2023). *How blockchain ensures data authenticity in audits.* https://www.recordskeeper.ai/blockchain-data-authenticity-audits/

Revitalizing blockchain technology potentials for smooth academic records management and verification in low-income countries. (2021). *International Journal of Educational Development, 85*, 102460. https://doi.org/10.1016/j.ijedudev.2021.102460

Suktam, W., Lapchit, S., & Supsin, J. (2024). Blockchain in education: Transforming learning, credentialing, and academic data management. *Journal of Education and Learning Reviews, 1*(6), 37-46. https://doi.org/10.60027/jelr.2024.739

Vaher, K., Simanjuntak, A., & Sugiharto, E. (2025). Securing academic records with blockchain technology: A data-driven approach for university management. *Jurnal MENTARI: Manajemen, Pendidikan dan Teknologi Informasi, 4*(1), 908. https://doi.org/10.33050/mentari.v4i1.908

Villaronga, E., Masinde, D., & Searn, G. (2023). A systematic review of blockchain, AI, and cloud integration for secure digital ecosystems. Springer.

Yaga, D., Mell, P., Roby, N., & Scarfone, K. (2018). *Blockchain technology overview (NIST Special Publication 800-204).* National Institute of Standards and Technology. https://doi.org/10.6028/NIST.SP.800-204

Zafar, A. (2025). Reconciling blockchain technology and data protection laws: Regulatory challenges, technical solutions, and practical pathways. *Journal of Cybersecurity, 11*(1), tyaf002. https://doi.org/10.1093/cybsec/tyaf002

COMPARISON ANALYSIS OF ML AND DL ALGORITHMS ON CANCER DETECTION AND PREDICTION FOR DIFFERENT DATASETS

Dr. Öğr. Üyesi Bircan ÇALIŞIR
Fırat Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi

ABSTRACT

In recent years, the utilization of deep learning and machine learning algorithms has become increasingly significant in disease prediction with remarkable speed and accuracy. Our main focus in this paper is to comparatively analyze different ML and DL techniques to find out the most appropriate method that will support the small and large datasets with good accuracy of prediction. In this work, a soft voting classifier is proposed, particularly for training data. This is an ensemble method in machine learning in which multiple base classifiers are combined to make predictions. This work offers seven different classifiers namely KNN, SVM, Logistic Regression, Random Forest, XGBoost, proposed method Soft Voting, and ANN composed of steps which are analyzing the four datasets, preprocessing the data, implementing the model, and performing model evaluation with accuracy, precision, recall, F1 score, ROC curve and AUC score. For proposed method Soft Voting algorithm the accuracy of cervical, lung, colon, and breast cancers are obtained %89.9, %98.3, %97.5 and %91 respectively.

Keywords: Deep learning, machine learning, detection of disease, cancer prognosis prediction.

INTRODUCTION

Globally, cancer continues to pose a major health threat, being responsible for approximately one out of every six deaths [1]. A global overview presented by the International Agency for Research on Cancer indicated that in 2020, nearly 19.3 million individuals were diagnosed with cancer, and close to 10 million lives were lost due to the disease [2]. The rising concern surrounding cancer stems from its ability to weaken the immune system and disrupt various biological processes, leading to severe health complications. The most prevalent types of cancer include cervical, colon, breast, lung cancer, each posing significant challenges to early detection and effective treatment. In the last studies, some frameworks for predicting cancer prognosis, recurrence probability, disease progression, and patient survival have been proposed [1]. Because of straight impacts treatment successfulness cancer prognosis prediction is remarkable importance to all stakeholders, including healthcare providers, patients and caregivers [3]. Disease detection process includes categorized tumor types and defining cancer symptoms training machine learning methods able to diagnose new metastatic tumor types or determining cancer at an soon phase. The importance of early diagnosis step is clear, due to treatment turns into remarkably more challenging in later phases. Last progress is shown that frag-mentation technologies on Deoxyribonucleic Acid (DNA) have composed big amount of data, and have maked genomic scienfic one of the first area to produce data [4]. Sequences alone do not provide available data, but could be analyzed through a complex process by translating the sequence into proteins. Comparing a constructed genome sequence and previously identified cancer genome sequences allows for evaluating protein structure and determining whether it is malign or not [5]. However, in sucessing a comprehensive

understanding of cancer's genetic basis, the gathering and examining of genomic data present significant challenges. The huge number of gene sequence in an individual, characterized by numerous features but restricted sample sizes is major obstacle in cancer treatment and prevention [6]. Critical point about early diagnosis is greatly improves the chances of successful recovery, and this highlights the significance of focused exploration in this area. With recent advancements in precision medicine and early detection procedures [4-6], many detection methods now achieve accuracy rates of 70%–80% [7]. This progress has significantly increased the request for innovative machine learning (ML) algorithms to identify new health conditions, making it a key focus of contemporary biomedical research. In a Deep Learning Architecture (DLA), features are hierarchically extracted at varying levels of nonlinearity, enabling robust data representation. The H2O structure is a neural network (NN) with a multi-layer architecture specifically designed for deep learning applications [8]. DL models can be trained to represent raw data in meaningful ways, making them highly effective for handling and analyzing complex datasets. Moreover, these models often achieve superior results compared to traditional methods when applied to intricate data structures [9]. The H2O structure is a neural network (NN) with a multi-layer system designed for deep learning (DL) algorithms [10]. Deep Learning Architectures (DLA), characterized by multi-levels of non-linearity, provide a gradual approach to feature extraction. DL models excel in learning representations of usable data and produce exceptional results for complex data types such as audio, text, and images [11]. Genomic science has been significantly transformed by deep sequencing as a DNA fractionation technique. Over the past decade, advancements in deep sequencing have led to the generation of vast amounts of data, positioning genomics as one of the leading fields in data production [8]. While DNA sequences cannot inherently provide available information, they can be analyzed through a complex process that deciphers proteins derived from the sequence. By comparing the planned genome sequence with known, defined cancer genome sequences, protein evidence can be evaluated and malignanity can be determined [9]. However, the collection of genomic data has introduced considerable challenges in forming a coherent understanding of cancer's genetic origins. Cancer prognosis remains complex due to genomic datasets characterized by numerous features but relatively few samples. Early diagnosis significantly improves recovery outcomes, emphasizing the critical importance of research in this area. Meta-heuristic algorithms are broadly categorized into two types: single-solution and population-based algorithms. The single-solution approach relies on a single candidate solution throughout the optimization process, which evolves and updates over time. In contrast, population-based algorithms initiate the optimization process using multiple random search agents. Each search agent represents a candidate solution to the optimization problem. By sharing information about the search area and collaborating among agents, population-based algorithms mitigate the risk of stagnating in local optima and ensure a comprehensive global search. In numerous studies, researchers have employed different algorithms to address decision-making problems [12-16]. The effectiveness of a meta-heuristic algorithm is defined by its capability to maintain a balanced check between exploitation and exploration [17]. Exploitation involves refining and improving solutions in the vicinity of known optimal solutions, while exploration seeks to identify novel regions in the search space with potentially better solutions. Typically, meta-heuristics emphasize exploration during the early stages of the optimization duration to completely investigate the possible area and minimize the risk of converging prematurely to local optima. The Feature Selection (FS) problem and binary optimization challenges can both be addressed using a single optimization technique. Various hybrid approaches have been proposed, combining techniques like Whale Optimization Algorithm (WOA) and simulated annealing with other methods such as GA (Genetic Algorithm), GWO (Gray Wolf Optimizer), and PSO (Particle Swarm Optimizer). These methods also include hybrid

strategies that integrate filter and wrapper approaches for FS [16-19]. However, for the FS subject, any assurance of identifying the best set of features, as the search process depends on the specific problem and optimization technique used. Furthermore, according to the No Free Lunch (NFL) theorem, no single optimizer is universally effective for solving all optimization problems [20]. This underscores the importance of selecting or designing optimization techniques tailored to the problem at hand. Based on the aforementioned reasons, there remains a significant need for a modern, accurate, and high-speed system to address cancer diagnosis and prognosis. In non-critical cases, achieving high accuracy within an appropriate timeframe is essential, while in critical cases, speed is paramount to reduce the risk to life. To overcome mentioned challenges, our work offers a fast and accurate deep learning (DL) framework designed to effectively overcome these limitations.

The remainder of this paper is structured to present the methodology, findings, and conclusions in a logical sequence. Section 2 presents the motivations and key contributions of the study, along with the employed ML and DL techniques. Section 3 details evaluation of the performance and the proposed framework architecture. Section 4 explains the steps of the working principle. In Section 5, experimental results are discussed. Section 6 outcomes of this paper's conclusions and points out future work

CONCEPTUAL FRAMEWORK

Ethical System and Ethical Behavior

Working schedule of the classification process is given in Figure 1. The steps of process are selecting data set, data cleaning, pre-processing and normalization, separating data set into train and test, training ML and DL model and classification. The model’s classification capability was examined through ore performance metrics—including accuracy, precision, recall, and F1-score—and the results were subsequently analyzed in depth and the findings were thoroughly discussed thereafter evaluating results of classification is obtained at the end.

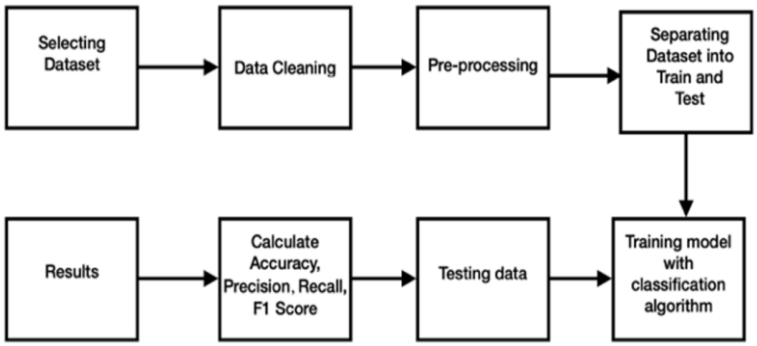


Figure 1. Proposed structure diagram of this work

Performance metrics for classification are defined as accuracy, recall, precision, ROC curve, F1 score, and AUC score. Accuracy shows percentage of correct predictions. Precision, Recall, F1-score are utilized for imbalanced datasets. At last, ROC Curve and AUC Score are used for measuring classification performance at various threshold values.

2.1. Selecting dataset

Our data sets are available in the literature [21-24] and comprise breast cancer, cervical cancer, lung cancer and colon cancer. When examining datasets, it is seen that the breast cancer data set has 4024 rows and 15 columns [21], cervical cancer data set includes 72 rows and 19 columns [22], lung cancer data set has 309 rows and 15 columns [23], and the colon cancer data set includes 1858 rows and 16 columns [24]. Our proposed structure diagram in this work is shown in Figure. 1. First, data set is selected, selected data is cleaned, pre-processed. Then the data set is separated into train and test. After this separating process, training step is applied with ML model to make classification. After training step, test step is applied to each model. The classification process concluded with the calculation of performance indicators such as accuracy, precision, recall, and F1-score, yielding the final results.

2.2. Data cleaning, preprocessing and normalization

Preprocessing of data is a principal step that allows the raw data to be adapted to analytical models. This process involves detecting missing, incorrect, inconsistent or outlier observations and correcting these problems. Cleaning and making the dataset consistent is of critical importance, especially for the whole achievement and reliability of ML algorithms [25]. Normalization, a key component of data preprocessing, seeks to convert variables onto a common scale to ensure comparability. Especially in cases where there are scale differences between features, normalization directly contributes to the learning process of the model. This technique is especially decisive in terms of performance in distance-based algorithms. For example, algorithms such as KNN, K-means clustering and SVM make decisions based on Euclidean or other distance measures between data points. In such algorithms, scale differences can cause the model to deviate and cause incorrect generalization [26]. In addition, normalization increases the stability of the learning process for optimization-based algorithms such as gradient descent, e.g. linear regression and logistic regression. Having similar sizes of features creates a more balanced effect in updating the weights and enables the algorithm to converge faster to the minimum error value [27]. In contrast, decision trees and ensemble algorithms based on this structure (for example Gradient Boosting and Random Forest) are insensitive to the scale of the data features. Because these algorithms branch the data according to certain threshold values and the splitting decisions are based on the relative order of the variables. Therefore, normalization is not considered necessary in such algorithms [28]. Data preprocessing, data normalization work and operations are a critical step for machine learning algorithms to learn correctly, quickly and effectively. However, since it may not be necessary for every algorithm and data set, the normalization decision should be made according to the model structure used and the characteristics of the dataset. Min-Max normalization, one of the most commonly adopted approaches, is especially corresponding to distance-sensitive algorithms by compressing the data to the range of 0 to 1; however, it is sensitive to extreme values. Z-score normalization (standardization) is preferred especially in gradient descent-based algorithms by transforming each variable so that its mean is zero and its standard deviation is one. Logarithmic transformation normalization reduces the skewness of positive data and makes the distribution more symmetric; robust scaler normalization provides a scaling that is more robust to extreme values using the median and interquartile range (IQR). Finally, simpler techniques like decimal scaling normalization are also available in the literature, but their application prevalence is low. When choosing a normalization technique, the structure of the dataset, the existence of extreme values and the characteristics of the algorithm to be used should be taken into consideration.

2.3. Spreading dataset

In machine learning, dividing the dataset into two as training and testing sets is essential for learning model effectively and for evaluating its performance objectively. While training data enables the model to learn patterns, test data is used to measure the success of the model on data it has not seen before, that is, its ability to generalize. Data is usually splitted into 70-80% for training datasets and 20-30% testing datasets. The process is done to determine whether the model has problems such as overfitting and to more accurately predict its real-life performance. In deep learning, the basic stage is dividing the dataset into training and testing, but since the complexity and requirements of the data on the model are higher, some additional applications also come into play. Deep learning approximations in general require the dataset to be split into training, validation, and test sets Model parameters are used for learning by the training dataset, the validation dataset for tuning hyperparameters and monitoring performance during training, and the test dataset for the ultimate assessment. The test data is separated after the model is fully trained to measure its final performance and is not included in the training process in any way. In deep learning, this separation is usually made as 60-70% training, 10-20% validation and 20% testing. Thanks to this structure, not only the model learning but also its capability to generalize by avoiding over-learning is improved.

2.4. Training, testing ML and DL

Machine learning is an interdisciplinary field that is positioned under the umbrella of artificial intelligence and purpose to iteratively enhance the success of computer systems by gaining the ability to learn through experience. This methodology enables computers to autonomously diagnose complex patterns and relational structures in large volume data sets and thus autonomize their decision-making processes. The main function of machine learning models is to make high-accuracy predictions and analytical predictions about future inputs by making inferences from the provided training data. Based on the character of the issue, various algorithmic approaches such as regression algorithms for the estimation of continuous variables and classification algorithms for the classification of categorical data are applied.

METHODOLOGY

1. Logistic Regression

Despite its name, Logistic Regression (LR) is not a regression algorithm but a classification technique, primarily used for solving binary classification problems. By employing the sigmoid function, the model transforms input values into probabilities, defining the degree to which a data point is associated with a private class. LR is especially effective in binary scenarios; however, it can be adapted to multiclass classification using strategies such as Softmax Regression or One-vs-All (OvA). These approaches enable a single model to predict multiple classes. Logistic Regression known the fundamental supervised learning algorithms and is widely applied across various domains. Figure 2 illustrates the LR algorithm for a binary classification task [10].

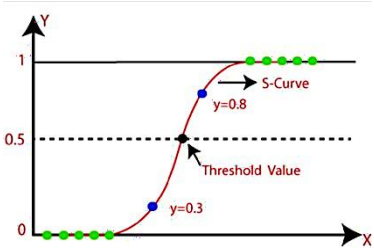


Figure 2. LR Algorithm

2. Random Forest

As an ensemble-based method, Random Forest [11] algorithm that builds numerous decision trees in the training phase. In classification applications, it outputs the class predicted by the majority of the trees, while for regression tasks, it calculates the average of their predictions [4]. Random Forest is an all-purposed algorithm and has robustness and high predictive accuracy. Some of the limitations such as over fitting and sensitivity to noise of individual decision trees are addressed by RF. In each decision tree, it uses Gini Impurity, Information Gain and Entropy [2] in splitting process so that get optimized result. Decision Trees (DT) are tree-structured models where internal nodes represent decisions based on feature values, leading to outcomes represented by leaf nodes. DT is easy to interpret and works well with both binary and multiclass classification. Moreover, DT is prone to overfitting, but pruning techniques can improve generalization. RF uses an ensemble learning technique in the learning phase that combines the multiple decision trees' outputs to enhance model accuracy and generalization by minimizing overfitting. RF uses bagging (bootstrap aggregating) to train multiple trees on different subsets of data. In addition, By leveraging the collective strength of multiple decision trees, Random Forest emerges as a flexible approach that delivers stable and reliable outcomes in both classification and regression tasks.

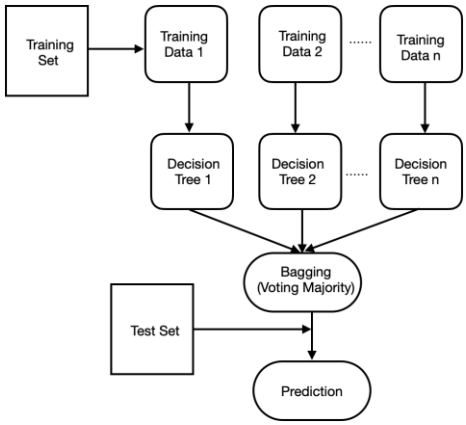


Figure 3. Random Forest Algorithm

3. Support Vector Machines (SVM)

SVM is a well-established machine learning method capable of handling both classification and regression, and is known for its influence in large-dimension domains. At the heart of SVM lies the objective of locating the hyperplane that achieves the greatest possible distance among dissimilar classes in the feature space. When a new data point arrives, this hyperplane helps determine which class it belongs to. The algorithm can also handle non-linear decision

boundaries using transformations called “kernels,” which transform the original input features into a more complex feature space to enhance separability. Two key parameters affecting the accuracy of SVM are C and gamma. A higher C value creates stricter decision boundaries, fitting the training data closely but increasing the overfitting issue while a lower C value allows a more flexible boundary, improving generalization but increasing misclassification. Similarly, a bigger gamma value results in more mixed decision boundaries that better capture intricate patterns but may lead to overfitting, whereas a smaller gamma value produces simpler boundaries, reducing the risk of overfitting but potentially causing underfitting. Therefore, it is crucial to select C and gamma values carefully, usually through by employing systematic search strategies like grid or random search. Moreover, cross-validation is frequently applied to ensure robust performance evaluation and to reduce the risk of overfitting. Support Vector Machines are especially well-suited for high-dimensional data and have proven effective in domains such as text classification, image analysis, and bioinformatics. SVMs are well-suited for high-dimensional data and can maintain strong performance even in cases where the feature space dimensionality surpasses the number of training samples. Their memory efficiency stems from the fact that the decision boundary is determined by only a subset of the training data, known as support vectors. Their versatility is enhanced by the ability to utilize different kernel functions or custom-designed kernels, enabling them to model complex and non-linear data distributions. However, SVMs have some limitations: when the feature number is substantially larger than the samples number careful choice of the kernel function and smoothing coefficient is essential to avoid overfitting. Furthermore, SVMs do not naturally produce probability estimates; these must be obtained through a computationally intensive five-fold cross-validation process. Despite these drawbacks, SVMs are a robust and flexible approach for solving a variety of machine-learning problems [12].

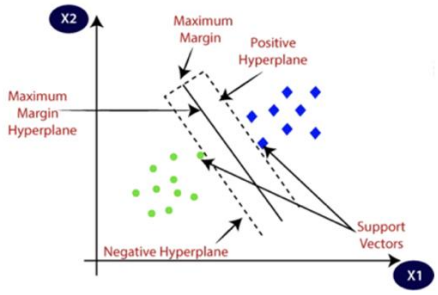


Figure 4. SVM classifier for nonlinear data

4. K-Nearest Neighbors (KNN)

K-Nearest Neighbors (KNN) is a distance-based supervised learning algorithm widely employed for solving classification and regression problems, known for its simplicity and interpretability, relying on the proximity of data points in the feature space. KNN is simple, effective, and non-parametric, meaning it makes no assumptions regarding the statistical properties of the data. Furthermore, KNN belongs to the family of lazy learners, meaning it delays the training process and makes predictions by evaluating the most common label among nearby instances. Also, it classifies instances by considering the majority class among the K closest instance points over the training dataset. KNN works well for small datasets but slows down with large datasets and sensitive to the choice of K (number of neighbors). KNN starts to work that the number of nearest neighbors is chosen a value for K. Then distances are calculated that between the test point and all training points commonly using Euclidean distance. And

K nearest neighbors is found the based on the smallest distances method. As a consequence, the output is predicted. In classification, KNN determines the output by selecting the majority class among the K nearest data points. In regression, the prediction is typically

obtained by averaging (or computing a weighted average of) the target values of the K neighbors. KNN offers lazy learning does not explicitly learn a model but makes predictions based on stored data. KNN is instance-based approach and it relies on the entire dataset for predictions. Also, it is sensitive to feature scaling and distance-based metrics like Euclidean distance are affected by scale differences, so normalization is often needed. Besides of these, KNN is computationally expensive and process of searching for neighbors requires high computation for large datasets [13]

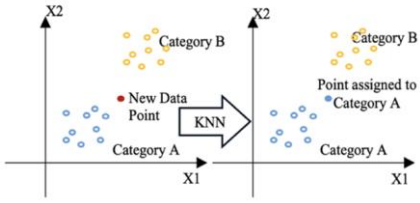


Figure 5. Representation of KNN classifier

5. Decision trees (DT)

One of the machine learning algorithms dcision trees classifies data by following a series of questions based on feature values. This method involves partitioning the dataset at each internal node using purity measures like Gini impurity or entropy to identify the most informative split. This mechanism constructs a decision-making trajectory that progresses from the root to a terminal leaf node. A key strength of decision trees is their transparent structure, which makes it easy to visually follow how classification decisions are made. This feature increases the interpretability of the model. However, a potential disadvantage of decision trees is the tendency to overfitting, especially when very deep and complex structures are created. Overfitting refers to a model's tendency to capture noise in the training data, leading to decreased performance on new data. Methods such as pruning and ensemble approaches, particularly Random Forests that aggregate multiple decision trees, are effective in reducing overfitting and improving generalization [4].

6. Neural Networks (NNs) & Deep Learning

Modeled after the human brain, Neural Networks (NNs) and Deep Learning models consist of layered networks of artificial neurons designed to learn complex patterns from data. Also, NNs is used in image classification (CNNs), text classification (RNNs, LSTMs, Transformers) and requires large datasets and computational resources.

7. Soft Voting (SV)

Ensemble methods are a powerful approach utilized in ML to improve model success and obtain more robust predictions. The core principle comprises outputs of several individual models to form a powerful learning model that outperforms each model on its own. This integration allows to mutually balance the potential errors of a single model and, as a result, to make more reliable predictions with lower variance and/or bias. In classification tasks, Soft Voting offers an effective ensemble mechanism by integrating the probability-based predictions of diverse learners to enhance overall decision accuracy. In this approach, the probability distributions (i.e., probabilistic outputs) produced by each individual classifier for the possible target classes are taken into account. To derive the final classification, these predicted probabilities are aggregated—typically using a weighted or unweighted average—across all base models. The final decision corresponds to the class that receives the highest combined (weighted or unweighted) probability from the individual models [25].

Deep Learning Algorithms Analysis

Deep learning can be defined as an evolved version of machine learning and is a sophisticated methodology capable of obtaining hierarchical and high-level ABSTRACTions from data through multilayered artificial neural networks (ANN). This approach exhibits high performance in fields such as processing of image, natural language processing (NLP) and recognition of speech, especially where large-scale datasets need to be analyzed and complex relationships modeled. It is known that deep learning algorithms comprise a subpart of artificial intelligence. ANNs are formed of combined non-natural neurons that process information in layers. Input data is first transmitted to the input layer, then processed by neurons in the hidden layers, and finally reaches the output layer. In this process, it is possible for some information to be fed back to previous layers (backpropagation). Deep learning methods are capable of automatically extracting relevant features from raw data, enabling them to solve complex problems and enhance prediction accuracy. When using machine learning models, the gradient learning problem is revealed. LSTM model is used to resolve this problem because it has an appropriate gradient-based algorithm for learning that figures out the issue of error backflow. Evolving from standard recurrent neural networks, LSTM architectures equipped with feedback loops, allowing them to learn and maintain long-term dependencies in sequential data. Unlike traditional feedforward neural networks, LSTMs can learn temporal dependencies and preserve information over long sequences. Traditional RNNs experience problems such as gradients approaching zero (vanishing gradient) or growing excessively (exploding gradient) over long sequences. LSTM minimizes these problems thanks to its cell state and gate mechanisms (input, output, and forget gates). Additionally, LSTM can effectively model relationships over long time intervals by preserving important information during backpropagation. LSTM has various application areas such as Natural Language Processing (NLP), Machine translation, text prediction, speech synthesis, Speech Recognition Voice assistants, automatic subtitling systems, Time Series Forecasting, Stock analysis, weather forecasting. Thanks to these features, LSTM is a widely preferred model in many deep learning problems involving sequence data. LSTM networks contain memory cells capable of maintaining long-term dependencies and include three fundamental gates that regulate the flow of information: the input, the forge, and the output gates. In the memory cell, how much new information is stored controlled by the input gate while how much of the previously stored information is discarded controlled by the forget gate. The output gate determines the extent to which the stored memory content contributes to the current output of the LSTM cell. These gates are calculated using the current input (X_t) and the previous hidden state (h_{t-1}), and each returns a value between 0 and 1 to arrange the run of information. Thus, LSTM filters out unnecessary information to store important information, learns dependencies in long sequences, and largely avoids the issue of vanishing gradient seen in conventional RNNs [26]. This work offers ANN that is one of the deep learning methods is performed and evaluated with performance analysis parameters.

Performance analysing of working

To improve therapy and facilitate medicine discovery for diagnosis, many researchers leverage Machine Learning (ML) classifiers. Commonly used classifiers include k-nearest neighbor (KNN), logistic regression (LR), decision trees (DT), random forest (RF), and support vector machine (SVM). These methods are widely applied due to their effectiveness in analyzing complex datasets and providing reliable predictions for medical applications.

Classification is composed three key phases in the model training process that are training phase, evaluation phase (Testing & Validation) and prediction phase (Deployment & Inference). During the training stage, patterns and underlying relations are extracted from a labeled dataset by training dataset. The training dataset forms of features (X) and their corresponding labels (Y). The used algorithm optimizes its parameters (e.g., weights in logistic

regression or deep learning models) to minimize classification errors. In the evaluation phase (Testing & Validation), once training phase, the designed model is appreciated on a separated dataset (test or validation datasets) which never seen in advance. This phase provides the model to make general idea well for new data. Common assessment criteria comprise of precision, F1-score, accuracy, recall, and AUC-ROC. Sometimes, a validation set (separate from test data) is used to fine-tune hyperparameters before final evaluation. In the prediction phase (Deployment & Inference), after evaluation is finished successfully, the trained model is spread to classify new, unseen data. The labels are appointed to new-come data values based on learned patterns.

As avoiding overfitting process to ensure the model generalizes well, cross-validation is used along training. Regularization process (e.g., L1/L2 penalties) avoids extreme complexity. Early stopping and dropout (for neural networks) are applied for not memorization of training data.

By a routine practice in numerical analysis, standard metrics are mostly obtained through the application of mathematical formulas. These calculations provide a structured and objective basis for measurement, ensuring precision and consistency in evaluating performance across various fields. In cancer classification, key assessment criteria comprise of precision, accuracy, F1 score and recall. These metrics are calculated using the following components:

False Positive (FP): A case where a cancer-free individual is incorrectly diagnosed with cancer.

False Negative (FN): A case where a cancer patient is incorrectly diagnosed as cancer-free.

True Positive (TP): A case where cancer is present and correctly detected by the model.

True Negative (TN): A case where cancer is not present and correctly detected by the model.

As a criteria accuracy is measured the effectiveness of a classification algorithm by calculating the ratio of correctly predicted instances to the predictions total number and given in Equation (1). Accuracy is used the most commonly criterion for assessing classifier models because it is simple and easy of explication.

$$\mathrm{Acc} = \mathrm{TP} + \mathrm{TN}/\mathrm{TP} + \mathrm{FP} + \mathrm{FN} + \mathrm{TN} \qquad (1)$$

Metric of precision is a used in classification and information retrieval to measure the positive predictions accuracy. Precision helps answer the question that of all the results that were classified as positive, how many were actually correct? This is explained in Equation (2).

$$\mathrm{Prec} = \mathrm{TP}/(\mathrm{TP} + \mathrm{FP}) \qquad (2)$$

Described as sensitivity or True Positive Rate- metric of Recall- is explained by Equation (3) and describes how well a model identifies all relevant patterns. High recall value points out that the model finds maximum of the relevant results but may contain more false positives. Low recall value means the model is lost many relevant results. Recall is crucial in practices which lost a positive status is costly, such as diagnosis of varying diseases or probable detection of frauds.

$$\mathrm{Rec} = \mathrm{TP}/(\mathrm{TP} + \mathrm{FN}) \qquad (3)$$

F1-score integrates both precision and recall into a single metric by taking their harmonic mean that serves as a comprehensive metric that balances the trade-off between these two measures. F1-score is particularly sensitive to low values of either Precision or Recall, which causes the score to drop accordingly, as seen in Equation (4). This F1 score value is helpful whenever a single metric is needed to interpret performance of a model, especially when there is an imbalance between Precision value and Recall value. When F1 score takes high value, this indicates a well poise between Precision and Recall.

$$\mathrm{F1_Sc} = 2 * \mathrm{Prec} * \mathrm{Rec}/\ \mathrm{Prec} + \mathrm{Rec} \qquad (4)$$

In classification domains like fraud detection, spam identification, and medical diagnosis, the F1 score is frequently employed due to its ability to balance the impact of false positives and false negatives [27–35].

CONCLUSION AND DISCUSSION

A comprehensive study with classification analysis has been carried out to search cancer diagnosis and detection. In order to realize training of the ML algorithms, we were selected dataset randomly in a ratio of 80:20 as training and testing. Fig. 6 shows confusion matrix of classifiers for cervical cancer dataset [21]. Used cervical cancer data set in this paper 72 rows and 19 columns. Memory usage of cervical cancer data set is 11.4 KB and used classification algorithms are LR, KNN, RF, XGBoost, SVM, SoftVoting (RF-XGBoost) and ANN. When examining Figure 6, in terms of false negative and false positive predictions, LR and SVM classifiers show best performance with 1 false predicted class for cervical cancer dataset. Figure 7 illustrates the ROC Curve of classifiers for the Cervical Cancer dataset. The AUC values of LR, RF, and SVM classifiers are 1, which clarifies that classification is very successful. Figure 7 illustrates the ROC Curve of classifiers for the Cervical Cancer dataset. The AUC values of LR, RF, and SVM classifiers are 1, which clarifies that classification is very successful. Confusion matrix of ANN for cervical cancer dataset is given with Figure 8. True positive and true negative predicted class numbers are 13, while numbers of false positive and false negative classes are only 2.

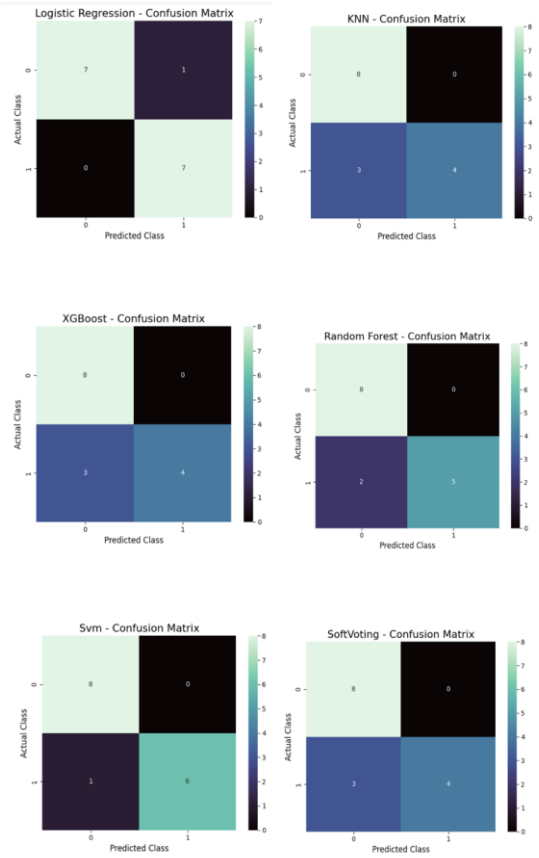


Figure 6. Confusion matrix for Cervical Cancer dataset

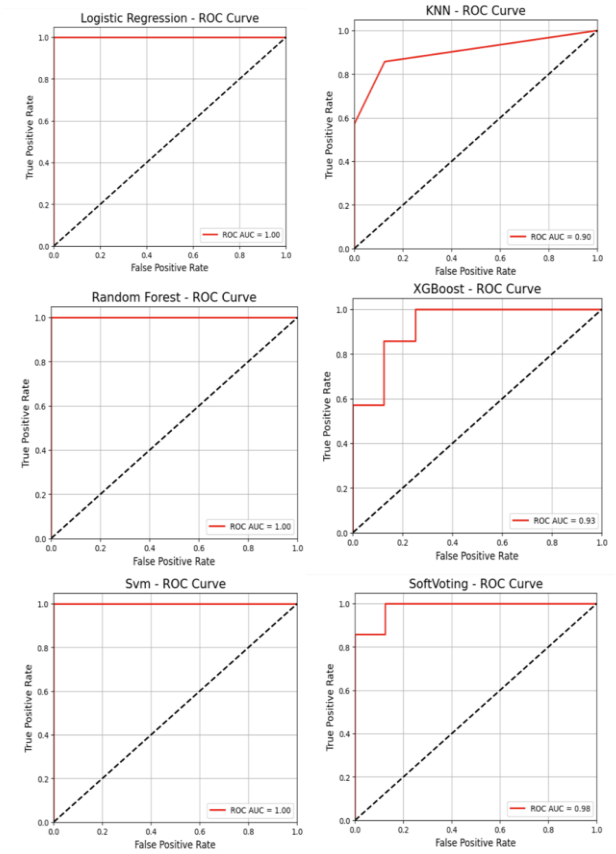


Figure 7. ROC Curve for the Cervical Cancer dataset

Loss and accuracy curves of ANN for cervical cancer dataset is shown in Figure 9. ANN algorithm is executed for 150 epochs, with Adam employed as the optimizer and binary cross-entropy serving as the loss metric. In the designed ANN model, the first and second dense layers utilize as an activation function ReLU whereas the ultimate dense layer adopts the Sigmoid activation function for binary classification.

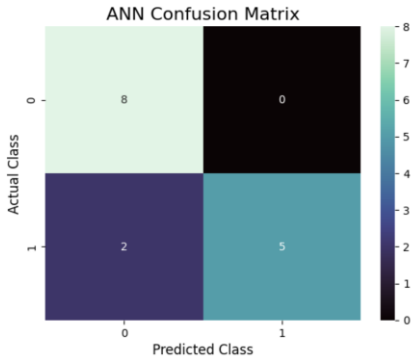


Figure 8. Confusion matrix of ANN for Cervical Cancer Dataset

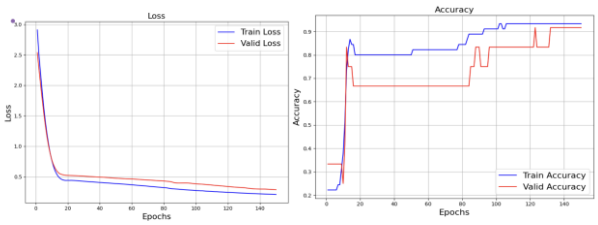


Figure 9. Loss and Accuracy plots of ANN for Cervical Cancer dataset

While a decrease in the loss function was observed around the number of epochs 18, the accuracy increased to high values when the number of epochs was 120. Table I offers analysis of ML models performance for cervical cancer dataset for accuracy, precision, recall and F1-score. When Table 1 is examined, LR and SVM demonstrated the highest accuracy performance, with scores of 0.933. Precision, which evaluates the reliability of the model's positive predictions, indicating the fraction of those that are truly relevant, is close to 1.00 for all ML models, excluded LR. Recall described as True Positive Rate or sensitivity, describes how well a model identifies all relevant patterns. Recall value of the LR algorithm is 1.00, and the best value. For F1-score value, LR, SoftVoting, and SVM algorithms exhibit good performances with 0.933, 0.910, and 0.903 successively.

TABLE I. Analysis of models performance for cervical cancer dataset

ML Models	Accuracy	Precision	Recall	F1-Score
Logistic Regression	0.933	0.875	1.000	0.933
KNN	0.800	1.000	0.571	0.727
Random Forest	0.866	1.000	0.714	0.833
XGBoost	0.800	1.000	0.571	0.727
SVM	0.933	1.000	0.857	0.903

Figure 10 shows confusion matrix of classifiers for lung cancer dataset [22] Used lung cancer data set in this paper 309 rows and 15 columns. Memory usage of lung cancer data set is 38.8 KB and used classification algorithms are LR, KNN, RF, XGBoost, SVM, SoftVoting (RF-XGBoost) and ANN. When examining Figure 10, in terms of false negative and false positive predictions, XGBoost and SoftVoting classifiers show best performance with 1 false predicted class for lung cancer dataset. Depending on the dataset distribution, TN predictions are low for each classifier as seen Figure 10. Since the distribution of the variable selected as the target

values in the dataset is quite low in the negatively selected class, TN predictions are obtained low. Figure 11 illustrates the ROC Curve of classifiers for the lung cancer dataset. The AUC value of the SVM classifier is 0.97, which indicates that successful of classification is quite fine.

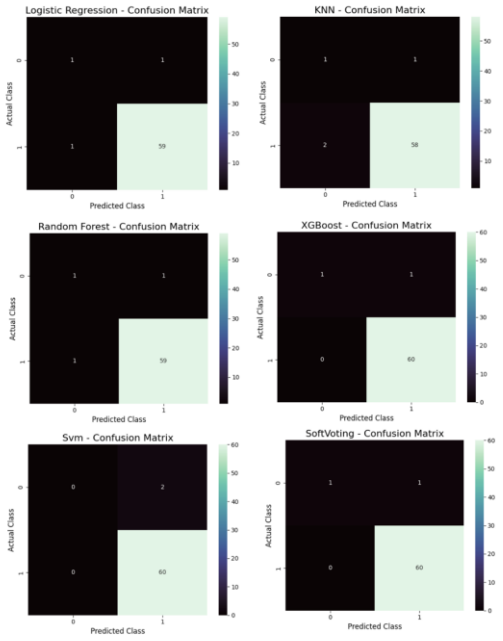


Figure 10. Confusion matrix for Lung Cancer dataset

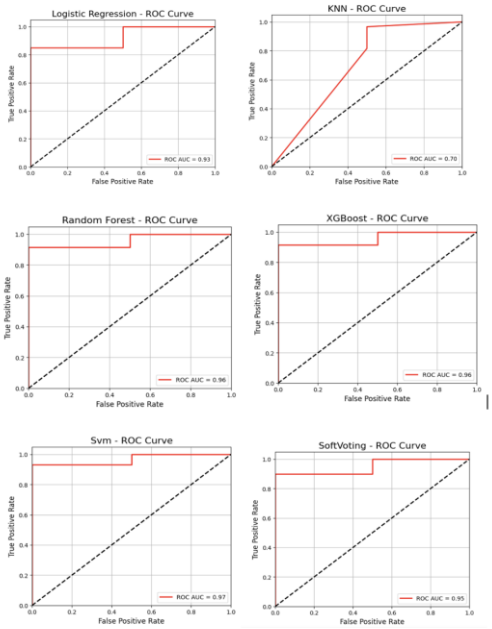


Figure 11. ROC Curve for the Lung Cancer dataset

Confusion matrix of ANN for lung cancer dataset is given with Figure 12. True positive and true negative predicted class numbers are 60, while false positive and false negative class numbers are only 2. Loss and accuracy curves of ANN for lung cancer dataset is illustrated in Figure 13. ANN algorithm is executed for 150 epochs, the training process utilized the Adam optimization algorithm alongside binary cross-entropy employed to quantify prediction errors. The ANN architecture comprises three fully connected (dense) layers. ReLU is utilized as the activation function in the initial two layers, and Sigmoid is applied in the final output layer.

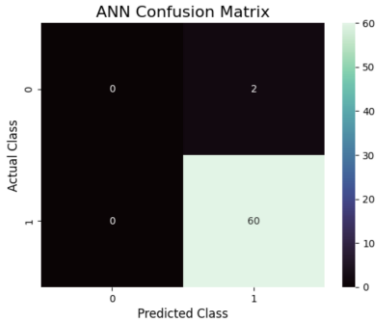


Figure 12. Confusion matrix of ANN for Lung Cancer Dataset.

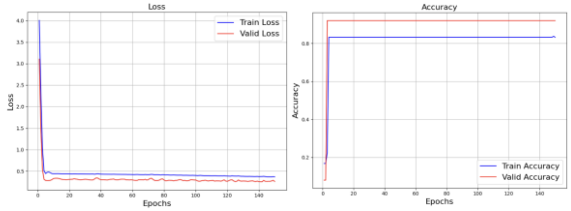


Figure 13. Loss and Accuracy plots of ANN for Lung Cancer dataset.

While a decrease in the loss function was observed around the number of epochs 5, the accuracy increased to high values when the number of epochs was 5.

TABLE II. Analysis of Models Performance for Lung Cancer dataset.

ML Models	Accuracy	Precision	Recall	F1-Score
Logistic Regression	0.967	0.983	0.983	0.983
KNN	0.951	0.980	0.966	0.974
Random Forest	0.967	0.983	0.983	0.983
XGBoost	0.981	0.983	1.000	0.991
Svm	0.967	0.967	1.000	0.983
SoftVoting (RF-XGB)	0.983	0.987	1.000	0.991

Table II offers analysis of ML models performance for Lung Cancer dataset for accuracy, precision, recall and F1-score. When Table II is examined, SoftVoting and SVM showed the best achievement regarding accuracy with 0.983 and 0.981 successively. Precision, which surveys the correctness of positive predictions, is nearly 0.980 for all ML models. Recall describes how well a model identifies all relevant patterns. Recall value of the XGBoost, SoftVoting and SVM algorithms are 1.00, and the best value. For F1-score value SoftVoting, and XGBoost algorithms exhibit good performances with 0.991.

Fig. 14 shows confusion matrix of classifiers for colon cancer dataset [23]. Used colon cancer data set used in this paper has 1858 rows and 16 columns. Memory usage of the colon cancer data set is 246.9 KB, and used classification algorithms used are LR, KNN, RF, XGBoost, SVM, SoftVoting (RF-XGBoost), and ANN. When examining Figure 14, in terms of false negative and false positive predictions, XGBoost and SoftVoting classifiers show best performance with 9 and 11 false predicted classes for dataset of the colon cancer. Figure 15 illustrates the ROC curve of classifiers for dataset of the colon cancer. The AUC value of all classifiers is 0.99 except KNN, which indicates that successful of classification is quite fine.

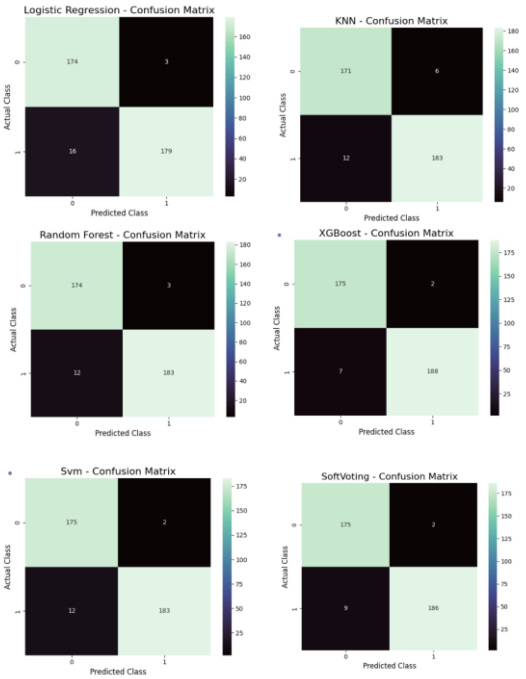


Figure 14. Confusion matrix for Colon dataset

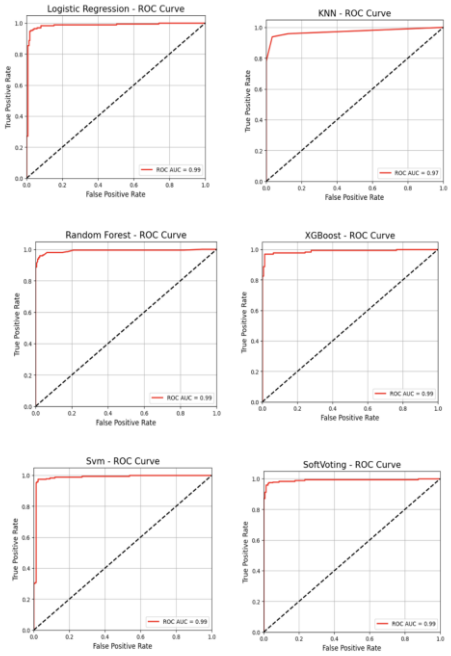


Figure 15. ROC for the Colon Cancer dataset

Confusion matrix of ANN for colon cancer dataset is given with Figure 16. True positive and true negative predicted class numbers are 347, while false positive and false negative class numbers are 25. Loss and Accuracy plots of ANN for colon cancer dataset is demonstrated in Figure 17. The Artificial Neural Network (ANN) was implemented with the training process utilized the Adam optimization algorithm alongside binary cross-entropy employed to quantify prediction errors and realized training for a total of 150 epochs. ANN has three dense layers, first and second dense uses as activation function Relu and third layer utilizes Sigmoid as an activation function.

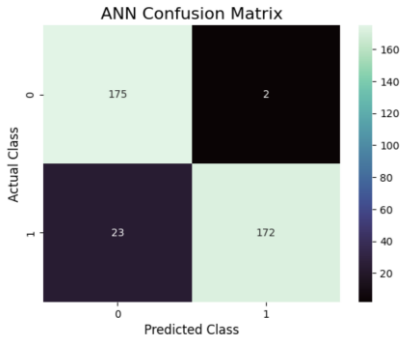


Figure 16. Confusion matrix of ANN for Colon Cancer Dataset.

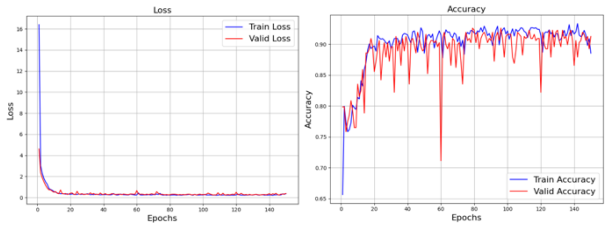


Figure 17. Loss and Accuracy plots of ANN for Colon Cancer dataset.

In Figure 17, the accuracy and loss curves illustrate the learning progress of the Artificial Neural Network (ANN) model. The training accuracy, shown in blue, reflects the model's performance on each mini-batch, whereas the red line indicates the accuracy on the test dataset. After 20th epoch, the highest accuracy of around 92% was provided. As shown in the previous figure, the loss function is plotted over training epochs. The blue line corresponds to the training loss, whereas the light red line represents the validation loss. The minimum loss occurred at epoch 20.

TABLE III. Analysis of Models Performance for Colon Cancer dataset

ML Models	Accuracy	Precision	Recall	F1-Score
Logistic Regression	0.948	0.983	0.917	0.949
KNN	0.951	0.968	0.938	0.953
Random Forest	0.959	0.983	0.938	0.960
XGBoost	0.975	0.989	0.964	0.976
Svm	0.962	0.989	0.938	0.963
SoftVoting (RF-XGB)	0.975	0.989	0.953	0.971

Table III shows analysis of ML models performance for colon cancer dataset for accuracy, precision, recall and F1-score. As demonstrated in Table III, both Soft Voting and XGBoost achieved the highest accuracy, with a score of 0.975. Precision value is around 0.980 for all ML models. Recall value of the XGBoost and SoftVoting algorithms have the best value with 0.964 and 0.953 succesively. For F1-score value SoftVoting, and XGBoost algorithms exhibit good performances around 0.970.

Figure 18 shows confusion matrix of classifiers for breast cancer dataset [24]. Used breast cancer data set used in this paper has 4024 rows and 15 columns. Memory usage of the colon cancer data set is 503.1 KB, and used classification algorithms used are LR, KNN, RF, XGBoost, SVM, SoftVoting (RF-XGBoost), and ANN. Figure 18 illustrates in terms of false negative and false positive predictions, SoftVoting classifiers show best performance with 72 false predicted classes for the dataset of breast cancer. In Figure 19, the ROC curve of classifiers for the dataset of breast cancer is shown. The AUC value of LR and SoftVoting classifiers are 0.90 and 0.89 which indicates that successful of classification is fine.

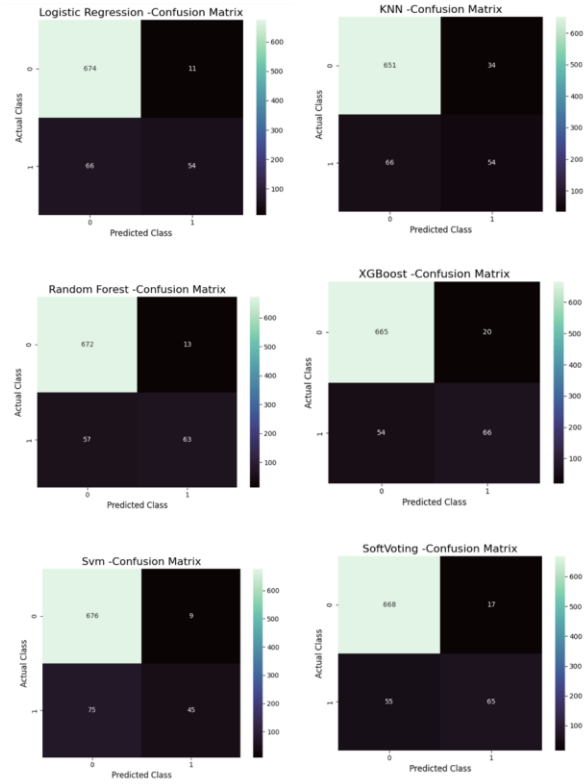


Figure 18. Confusion matrix for Breast Colon dataset

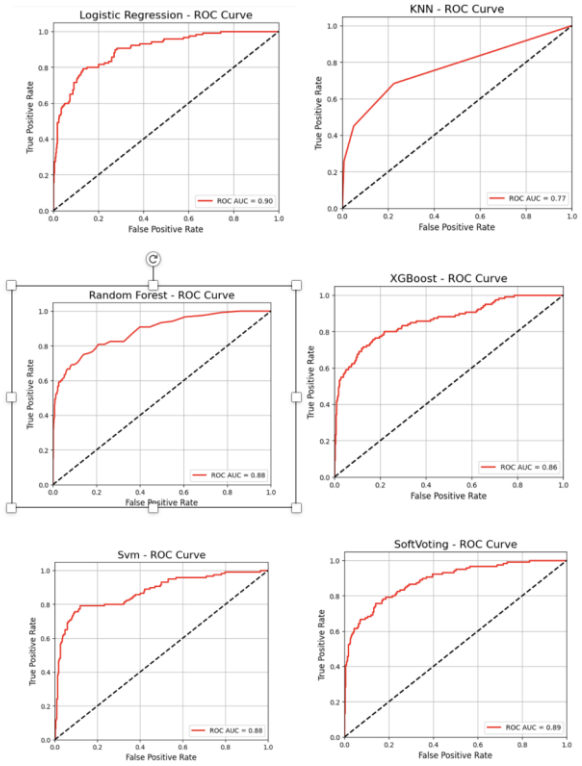


Figure 19. ROC Curve for the Breast Cancer dataset

Confusion matrix of ANN for breast cancer dataset is given with Figure 20. True positive and true negative predicted class numbers are 726, while false positive and false negative class numbers are 79. The accuracy and loss curve graph using ANN is given in the Figure 21. After 60th epoch, the highest accuracy of around 90% was achieved. The previous figure illustrates the loss values plotted against each training iteration and the smallest loss value was obtained at 20th epoch. In this study, the ANN algorithm was trained over 150 epochs in the training process utilized the Adam optimization algorithm alongside binary cross-entropy employed to quantify prediction errors. The ANN consists of three dense layers. The first and second layers used as activation function the ReLU, while the third layer employs as activation function the Sigmoid.

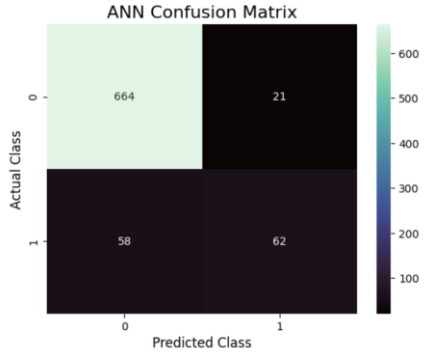


Figure 20. Confusion matrix of ANN for Breast Cancer Dataset.

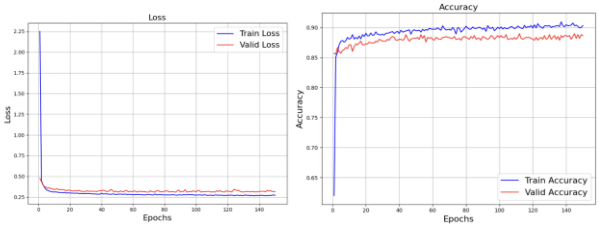


Figure 21. Loss and Accuracy plots of ANN for Breast Cancer dataset.

The analysis of ML models performance for breast cancer dataset for accuracy, precision, recall and F1-score is shown in Table IV. Soft Voting achieved the highest achievement regarding accuracy, with a score of 0.910. The best precision value is around 0.833 obtained with SVM algorithm. Recall value of the XGBoost and SoftVoting algorithms have the best value with around 0.550. For F1-score value SoftVoting and algorithm exhibits good performances wih 0.643.

TABLE IV. Analysis of Models Performance for Breast Cancer dataset

ML Models	Accuracy	Precision	Recall	F1-Score
Logistic Regression	0.904	0.830	0.450	0.583
KNN	0.875	0.613	0.450	0.519
Random Forest	0.903	0.828	0.525	0.642
XGBoost	0.908	0.767	0.550	0.640
Svm	0.895	0.833	0.375	0.517
SoftVoting (RF-XGB)	0.910	0.792	0.551	0.643

Analysis of ANN Models Performance is given in Table V, and accuracy of cervical cancer is 0.924, accuracy of lung cancer is 0.94, accuracy of colon cancer is 0.92, and accuracy of breast cancer is 0.891. In addition to accuracy, computational times are calculated for cervical cancer, lung cancer, colon cancer, and breast cancer as 4500 ms, 2850 ms, 300 ms, and 75 ms, respectively. The analysis time for colon and breast cancer, where the number of data is low, is relatively lower than for cervical and lung cancer, where the number of data is high.

TABLE V. Analysis of ANN models performance

Dataset	Cervical	Lung	Colon	Breast
Accuracy	0.924	0.940	0.920	0.891
Computational Time	4500 ms	2850 ms	300 ms	75 ms

TABLE VI. Comparison of models performance between literature and purposed Soft Voting Model and ANN

		Accuracy			
Ref No	Method	Cervical	Lung	Colon	Breast
[30]	Neural Network (NN)	-	%97	%88.7	-
[36]	Support Vector Machine (SVM)	-	%77.3	%85.7	-
[37]	Genetic Algorithm (GA) and Random Forest (RF)	-	-	%96.7	%86.6
[38]	Multi Layer Perception (MLP)	%94.5	-	-	-
[39]	ANN and ANN-GA		%100	%86	-
[27]	SVM and XGBoost	-	%100	%90.2	%82.3
This paper	Purposed Soft Voting	%89.9	%98.3	%97.5	%91
This paper	ANN	%92.4	%94	%92	%89.1

Comparison of models performance between literature and purposed Soft Voting Model and ANN is analyzed in Table VI. Papers given with reference number 27, 30, 36, 37, 38, 39 are compare with our proposed method in terms of accuracy. Considering Colon and Breast Cancer columns, obtained accuracy of proposed method in this paper %97.5 and %91 are most successful compared applications in other references. However, for Cervical and Lung Cancer columns, same success is not mentioned. However, for Cervical and Lung Cancer columns, same success is not mentioned, and it is seen that this applications can be improve. The breast cancer data set has 4024 samples, the colon cancer data set includes 1858 samples, but the cervical cancer data set consists of 72 samples, and the lung cancer data set has 309 samples. Because the number of datasets of cervical cancer and lung cancer is less than that of breast and colon cancer, it is estimated that the accuracy of cervical cancer and lung cancer is low.

Conclusion

ML and DL algorithms have demonstrated perfect ability in the accurate diagnosis of diseases such as cancer at early stages by analyzing samples and features in medical data. Early diagnosis allows for timely intervention when treatment options are more effective. This work emphasizes the strong and strength of ML and DL algorithms in medical data analysis and diagnostic processes. Such approaches facilitate more precise and individualized treatment plans, bringing significant advancements to medical diagnosis and care.

In this study, various ML algorithms—including SVM, RF, LRegression, XGBoost, K-NN, ANN, and the proposed Soft Voting method—were applied to four different datasets. Several performance metrics—namely accuracy, precision, recall, F1 score, and AUC—were utilized to comprehensively specify the performance and reliability of the proposed algorithms. In conclusion, the proposed Soft Voting classifier demonstrated high effectiveness in predicting and diagnosing cancer based on the evaluation metrics. Soft Voting classifier achieved near-optimal performance across all four datasets. For soft voting algorithm the accuracy of cervical,

lung, colon, and breast cancers are obtained %89.9, %98.3, %97.5 and %91 respectively, and best performance is achieved in Lung cancer. Likewise, the ANN algorithm also delivered high accuracy scores with low computational time. In ANN algorithm, accuracy of cervical cancer is 0.924, accuracy of lung cancer is 0.94, accuracy of colon cancer is 0.92, and accuracy of breast cancer is 0.891. Also, computational times are calculated for cervical cancer, lung cancer, colon cancer, and breast cancer as 4500 ms, 2850 ms, 150 ms, and 75 ms, respectively.

By evaluating multiple ML and DL models, this study sheds light on their respective strengths and applicability in the context of cancer detection. However, Further investigation is needed to support the generalizability of these outcomes and improve their applicability to broader medical contexts. Future studies are recommended to validate these findings across diverse datasets and explore different parameter configurations. Additionally, incorporating larger datasets with a wider range of disease categories may enhance model accuracy and generalizability.

References

[1] J. A. Cruz and D. S. Wishart, “Applications of machine learning in cancer prediction and prognosis,” Cancer Inform., vol. 2, 5977, 2007 [doi: 10.1177/117693510600200030].

[2] A. B. Nassif et al., “Breast cancer detection using artificial intelligence techniques: A systematic literature review,” Artif. Intell. Med., vol. 127, p. 102276, 2022 [doi: 10.1016/j. artmed.2022.102276].

[3] L. Wu et al., “Machine learning methods, databases and tools for drug combination prediction,” Brief. Bioinform., vol. 23, no. 1, p. bbab355, 2022 [doi:10.1093/bib/bbab355].

[4] F. J. Shaikh and D. S. Rao, “Prediction of cancer disease using machine learning approach,” Mater. Today Proc., vol. 50, pp. 4047, 2022 [doi:10.1016/j .matpr.2021.03.625].

[5] N. Al Mudawi and A. Alazeb, “A model for predicting cervical cancer using machine learning algorithms,” Sensors (Basel), vol. 22, no. 11, p. 4132, 2022 [doi:10.3390/s22114132].

[6] J. D. Schiffman, P. G. Fisher, and P. Gibbs, ‘‘Early detection of cancer: Past, present, and future,’’ Amer. Soc. Clin. Oncol. Educ. Book, no. 35, pp. 57–65, May 2015.

[7] Welcome to H2O 3-H2O 3.30.0.3 Documentation. Accessed: Nov. 1, 2022. [Online]. Available: http://docs.h2o.ai/h2o/latest-stable/h2o-

docs/welcome.html

[8] Y. Bengio, ‘‘Learning deep architectures for AI,’’ Found. Trends Mach. Learn., vol. 2, no. 1, pp. 1–127, 2009, doi: 10.1561/2200000006.

[9] S. M. El-Ghamrawy and A. I. El-Desouky, ‘‘Distributed multi-agent communication system based on dynamic ontology mapping,’’ Int. J. Commun. Netw. Distrib. Syst., vol. 10, no. 1, pp. 1–24, 2013, doi: 10.1504/IJC-NDS.2013.050503.

[10] S. M. El-Ghamrawy and A. I. Eldesouky, ‘‘An agent decision support module based on granular rough model,’’ Int. J. Inf. Technol. Decis. Making, vol. 11, no. 4, pp. 793–820, Jul. 2012, doi: 10.1142/S0219622012500216.

[11] S. M. El-Ghamrawy, ‘‘A knowledge management framework for imbalanced data using frequent pattern mining based on Bloom filter,’’ in Proc. 11th Int. Conf. Comput. Eng. Syst. (ICCES), Dec. 2016, pp. 226–231, doi:10.1109/ICCES.2016.7822004.

[12] E. A. El-Shafeiy, A. I. El-Desouky, and S. M. Elghamrawy, ‘‘Prediction of liver diseases based on machine learning technique for big data,’’ in Proc. Int. Conf. Adv. Mach. Learn. Technol. Appl. (AMLTA), vol. 723. Cham, Switzerland: Springer, 2018, pp. 362–374, doi: 10.1007/978-3-319-74690-6_36.

[13] S. M. Elghamrawy, ‘‘Healthcare informatics challenges: A medical diagnosis using multi agent coordination-based model for managing the conflicts in decisions,’’ in Proc. Int. Conf. Adv. Intell. Syst. Inform., vol. 1261.Cham, Switzerland: Springer, 2020, pp. 347–357, doi: 10.1007/978-3-030-8669-0_32.

[14] K. C. Tan, S. C. Chiam, A. A. Mamun, and C. K. Goh, ‘‘Balancing exploration and exploitation with adaptive variation for evolutionary multi objective optimization,’’ Eur. J. Oper. Res., vol. 197, no. 2, pp. 701–713, Sep. 2009.

[15] M. M. Mafarja and S. Mirjalili, ‘‘Hybrid whale optimization algorithm with simulated annealing for feature selection,’’ Neuro Comput., vol. 260, pp. 302–312, Oct. 2017, doi: 10.1016/j.neucom.2017.04.053.

[16] Y. Ding, K. Zhou, and W. Bi, ‘‘FS based on hybridization of genetic Algorithm and competitive swarm optimizer,’’ Soft Comput., vol. 24, pp. 11663–11672, Feb. 2020.

[17] H.-H. Hsu, C.-W. Hsieh, and M.-D. Lu, ‘‘Hybrid feature selection by combining filters and wrappers,’’ Expert Syst. Appl., vol. 38, no. 7, pp. 8144–8150, 2011, doi: 10.1016/j.eswa.2010.12.156.

[18] B.-Y. Tony, B. Xue, and M. Zhang, ‘‘Particle swarm optimization for feature selection: A hybrid filter-wrapper approach,’’ in Proc. IEEE Congr.Evol. Comput. (CEC), Sendai, Japan, Jan. 2015, pp. 2428–2435, doi:10.1109/CEC.2015.7257186.

[19] L. Akter, M. M. Islam, M. S. Al-Rakhami, and M. R. Haque, ‘‘Prediction of cervical cancer from behavior risk using machine learning techniques,’’ Social Netw. Comput. Sci., vol. 2, no. 3, pp. 1–10, May 2021, doi:10.1007/s42979-021-00551-6.

[20] Y. C. Ho and D. L. Pepyne, ‘‘Simple explanation of the no-free-lunchtheorem and its implications,’’ J. Optim. Theory Appl., vol. 115, no. 3,pp. 549–570, Dec. 2002, doi: 10.1023/A:1021251113462.

[21] Cortez et al, Dataset. [Online]. Available https://archive.ics.uci.edu/dataset/186/wine+quality.

[22] Hong, Z.Q. and Yang, J.Y. "Optimal Discriminant Plane for a Small Number of Samples and Design Method of Classifier on the Plane", Pattern Recognition, Vol. 24, No. 4, pp. 317-324, 1991. Available https://www.kaggle.com/code/hasibalmuzdadid/lung-canceranalysis-accuracy-96-4 .

[23] [Online].Available:https://www.kaggle.com/datasets/lakshmi25npathi/coloncancer?select=colon.csv.

[24] M. Zwitter and M. Soklic, Breast Cancer, Dataset. [Online]. Available:https://archive.ics.uci.edu/dataset/14/breast+cancer.

[25] F. Curia, ‘‘Cervical cancer risk prediction with robust ensemble and explainable black boxes method,’’ Health Technol., vol. 11, no. 4, pp. 875–885, Jul. 2021, doi: 10.1007/s12553-021-00554-6.

[26] H. Okut, ‘‘Deep learning for subtyping and prediction of diseases: Long-short term memory,’’ in Deep Learning Applications. London, U.K.: IntechOpen, 2021. [Online]. Available: https://www. intechopen.com/chapters/75265, doi: 10.5772/intechopen.96180.

[27] X. Deng, M. Li, S. Deng, and L. Wang, ‘‘Hybrid gene selection approach using XGBoost and multi-objective genetic algorithm for cancer classification,’’ 2021, arXiv:2106.05841.

[28] S. A. B. Parisapogu, C. S. R. Annavarapu, and M. Elloumi, ‘‘1-dimensional convolution neural network classification technique for gene expression data,’’ in Deep Learning for Biomedical Data Analysis. Cham, Switzerland: Springer, 2021, pp. 3–26, doi: 10.1007/978-3-030-71676-9_1.

[29] N. G. Elseddeq, S. M. Elghamrawy, M. M. Salem, and A. I. Eldesouky, ‘‘A selected deep learning cancer prediction framework,’’ IEEE Access, vol. 9, pp. 151476–151492, 2021, doi: 10.1109/ACCESS.2021.3124889.

[30] Y. Chen and Y. Zhao, ‘‘A novel ensemble of classifiers for microarray data classification,’’ Appl. Soft Comput., vol. 8, no. 4, pp. 1664–1669, Sep. 2008, doi: 10.1016/j.asoc.2008.01.006.

[31] X.-S. Yang and S. Deb, ‘‘Cuckoo search via Lévy flights,’’ in Proc. World Congr. Nature Biologically Inspired Comput. (NaBIC), Dec. 2009, pp. 210–214, doi: 10.1109/NABIC.2009.5393690.

[32] X.-S. Yang and S. Deb, ‘‘Cuckoo search: Recent advances and applications,’’ Neural Comput. Appl., vol. 24, no. 1, pp. 169–174, Jan. 2014, doi: 10.1007/s00521-013-1367-1.

[33] M. Liu, L. Xu, J. Yi, and J. Huang, ‘‘A feature gene selection method based on ReliefF and PSO,’’ in Proc. 10th Int. Conf. Measuring Tech- nol. Mechatronics Autom. (ICMTMA), Feb. 2018, pp. 298–301, doi: 10.1109/ICMTMA.2018.00079.

[34] M. S. Othman, S. R. Kumaran, and L. M. Yusuf, ‘‘Gene selection using hybrid multi-objective cuckoo search algorithm with evolutionary operators for cancer microarray data,’’ IEEE Access, vol. 8, pp. 186348–186361020, doi: 10.1109/ACCESS.2020.3029890.

[35] P. Wu and D. Wang, ‘‘Classification of a DNA microarray for diagnosing cancer using a complex network based method,’’ IEEE/ACM Trans. Comput. Biol. Bioinf., vol. 16, no. 3, pp. 801–808, May 2019, doi:10.1109/TCBB.2018.2868341.

[36] A. Adiwijaya, U. N. Wisesty, E. Lisnawati, A. Aditsania, and D. S. Kusumo, ‘‘Dimensionality reduction using principal component analysis for cancer detection based on microarray data classification,’’ J. Comput. Sci., vol. 14, no. 11, pp. 1521–1530, Nov. 2018.

[37] P. Saqib, U. Qamar, R. A. Khan, and A. Aslam, ‘‘MF-GARF: Hybridizing multiple filters and GA wrapper for feature selection of microarray cancer datasets,’’ in Proc. 22nd Int. Conf. Adv. Commun. Technol. (ICACT), Feb. 2020, pp. 517–524.

[38] F. Curia, ‘‘Cervical cancer risk prediction with robust ensemble an explainable black boxes method,’’ Health Technol., vol. 11, no. 4, pp. 875–885, Jul. 2021.

[39] K. Cahyaningrum, Adiwijaya, and W. Astuti, ‘‘Microarray gene expression classification for cancer detection using artificial neural networks and genetic algorithm hybrid intelligence,’’ in Proc. Int. Conf. Data Sci. Appl. (ICoDSA), Aug. 2020, pp. 1–7.

COMPARISON OF THE EFFECTS OF *RHODODENDRON* SPECIES ON POPULATION GROWTH IN NEMATODES *CAENORHABDITIS ELEGANS*

Ayşenur ÇELİK
ORCID ID: 0000-0001-8533-7101
Ordu Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi

Doç. Dr. Yeşim ÖZKAN
ORCID ID: 0000-0001-8740-1162
Ordu Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi

Begün DAL
ORCID ID: 0009-0002-2579-9675
Ordu Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi

ABSTRACT

Introduction and Purpose: *Rhododendron* species are rich in bioactive compounds such as phenolics and flavonoids. However, it is known that these rich constituents may lead to various toxic effects. In this study, the toxic effects of *Rhododendron luteum* and *Rhododendron ponticum*, which are commonly found in the Black Sea region of Türkiye, on the population growth of the model organism *Caenorhabditis elegans* nematodes were evaluated comparatively.

Materials and Methods: At the beginning of the experiment, approximately 50 individuals were included in each group: control, *R. luteum* and *R. ponticum*. All plates were incubated at 23 ± 1 °C for 7 days. At the end of the incubation period, the total number of live individuals (parent worms + larvae + juveniles) on each plate was counted under a stereomicroscope. Population growth was calculated as the percentage change relative to the initial number of individuals, and comparisons were made between the groups.

Results: The control group showed a marked population increase of 300%. In contrast, the *R. luteum* and *R. ponticum* groups showed population declines of 51% and 45%, respectively. These results reflect a significant reduction in population size compared with the control group.

Discussion and Conclusion: While the control showed expected population growth, exposure to *R. luteum* and *R. ponticum* extracts resulted in a significant decrease in survival and reproduction rates. These results indicate that both species have strong suppressive effects on population growth efficiency in nematodes.

Keywords: *Caenorhabditis elegans*; *Rhododendron luteum*; *Rhododendron ponticum*; Population growth.

ÖZ

Giriş ve Amaç: *Rhododendron* türleri, fenolikler ve flavonoidler gibi biyoaktif bileşikler açısından zengindir. Bununla birlikte, bu zengin bileşenlerin çeşitli toksik etkilere yol açabileceği bilinmektedir. Bu çalışmada, Türkiye'nin Karadeniz bölgesinde yaygın olarak bulunan *Rhododendron luteum* ve *Rhododendron ponticum* türlerinin, model organizma *Caenorhabditis elegans* nematodlarının popülasyon büyümesi üzerindeki toksik etkileri karşılaştırmalı olarak değerlendirilmiştir.

Materyaller ve Yöntemler: Deneyin başlangıcında, her gruba yaklaşık 50 birey dahil edildi: kontrol, *R. luteum* ve *R. ponticum*. Tüm plaklar 7 gün boyunca 23 ± 1 °C'de inkübe edildi. Kuluçka süresinin sonunda, her bir plakadaki toplam canlı birey sayısı (ana solucanlar + larvalar + genç bireyler) stereo mikroskop altında sayıldı. Popülasyon büyümesi, başlangıçtaki birey sayısına göre yüzde değişim olarak hesaplandı ve gruplar arasında karşılaştırmalar yapıldı.

Bulgular: Kontrol grubu %300'lük belirgin bir popülasyon artışı gösterdi. Buna karşılık, *R. luteum* ve *R. ponticum* grupları sırasıyla %51 ve %45 oranında popülasyon azalması gösterdi. Bu sonuçlar, kontrol grubuna kıyasla popülasyon büyüklüğünde önemli bir azalmayı yansıtmaktadır.

Tartışma ve Sonuç: Kontrol grubu beklenen popülasyon büyümesini gösterirken, *R. luteum* ve *R. ponticum* özütlerine maruz kalma, hayatta kalma ve üreme oranlarında önemli bir azalmaya neden oldu. Bu sonuçlar, her iki türün de nematodlarda popülasyon büyüme verimliliği üzerinde güçlü baskılayıcı etkileri olduğunu göstermektedir.

Anahtar Kelimeler: *Caenorhabditis elegans*; *Rhododendron luteum*; *Rhododendron ponticum*; Popülasyon büyümesi.

GİRİŞ

Rhododendron cinsi, Ericaceae bitki familyasına aittir ve botanik olarak tanımlanmış 1000'den fazla tür ile yaklaşık 30000 farklı çeşidi içermektedir. Bu nedenle, en yüksek tür çeşitliliğine sahip bitki cinslerinden birini oluşturmaktadır. *Rhododendron*lar en çok bahçelerde süs bitkisi olarak kullanılmalarıyla bilinmektedir. [1-3] Türkiye'de doğal olarak yetişen ve özellikle Doğu Karadeniz Bölgesi'nde yayılış göstermektedir. [4,5] *Rhododendron* türlerinin terpenoidler, saponinler, alkaloidler, tanenler ve fenolik bileşikler açısından zengin olduğu bildirilmiştir. 6 Rhododendron türlerinin antioksidan, antimikrobiyal, antiinflamatuar, analjezik, immünomodülatör, antidiyabetik, hepatoprotektif ve sitotoksik etkileri daha önceki çalışmalarda gösterilmiştir. [6-9] Ayrıca grayanotoksin olarak bilinen toksik bileşikler *Rhododendron* türlerinde yaygın olarak bulunmaktadır. [10] Bu nedenle *Rhododendron* türleri hem içerdiği fitokimyasal bileşiklerle sahip doğal kaynaklar olarak hem de toksisite açısından dikkat çeken bitkiler olarak değerlendirilmektedir. Literatürde *Rhododendron* türlerinin antioksidan, antiinflamatuvar, antimikrobiyal ve antikanser etkileri bildirilmiş olmasına rağmen yüksek dozlarda veya toksik etkiler oluşturabileceği de belirtilmiştir. [11] R. luteum, yapraklarında ve çiçeklerinde zehirli madde olan grayanotoksin içerir. R. ponticum, allelopatik etkilere sahip bir türdür ve çiçeklerinde ericolin ve grayanotoksin glikozitleri içerir. [12] Özellikle Karadeniz Bölgesi'nde Rhododendron nektarından üretilen balların insanlarda kardiyovasküler ve nörolojik belirtilere yol açabildiği bilinmektedir. [10]

Caenorhabditis elegans , dünyanın birçok yerinde toprak ve yaprak döküntüsü ortamlarında yaşadığı sıklıkla görülen bir nematod türüdür. [13] *Caenorhabditis elegans*, nörobiyoloji, gelişim biyolojisi ve genetik dahil olmak üzere çeşitli alanlarda önemli bir hayvan modeli olarak ortaya çıkmıştır. Bu hayvan modelinin başarısına katkıda bulunan özellikleri arasında genetik

manipülasyon yeteneği, değişmez ve tam olarak tanımlanmış gelişim programı, iyi karakterize edilmiş genomu, bakım kolaylığı, kısa ve verimli yaşam döngüsü ve küçük vücut boyutu yer almaktadır. Bu özellikler *C. elegans'ın* toksikolojide artan kullanımına yol açmıştır. [13] Hücre kültürleri kullanılarak yapılan toksisite testlerinin aksine, C. elegans da yapılan toksisite testleri, sindirim, üreme, endokrin, duyusal ve nöromüsküler sistemleri bir bütün olarak görmemizi sağlamaktadır. [14] Toksisite testlerinde *in vitro* testlerin kullanılması, *in vivo olarak* zararsız olan bileşiklerin gereksiz yere kısıtlanmasına ve zararlı bileşiklerin yanlışlıkla güvenli olarak kabul edilmesine yol açabilir .[14] Laboratuvarda, *C. elegans'ın* küçük boyutu sayesinde binlerce nematodun çoklu plakalarda besin ortamında tutulabileceği anlamına gelir; bu nedenle, çok çeşitli konsantrasyonlarda birden fazla ekstraktı çalışmalar küçük bir alanda gerçekleştirilebilmektedir. Hermafrodit yetişkin başına kendi kendine döllenme yoluyla yaklaşık 300 yavru üretebilme kapasitesi ve yaklaşık 3 günlük yaşam döngüsü ile milyonlarca nematod hızla üreyebilmektedir ve çoğu deney bir kişi tarafından bir hafta veya daha kısa sürede tamamlanabilir. [14] İnsanlar da dahil olmak üzere daha yüksek organizmalarda gözlenen birçok temel fizyolojik süreç ve stres yanıtı, Caenorhabditis elegans'ta evrimsel olarak korunmuştur. [13]

Bu çalışmada, Ordu ilinden toplanan Rhododendron luteum ve Rhododendron ponticum çiçeklerinden hazırlanan ekstraktların, Caenorhabditis elegans popülasyon büyümesi üzerindeki etkilerinin karşılaştırmalı olarak değerlendirilmesi amaçlanmıştır.

MATERYAL VE YÖNTEM

Bitki Ekstratlarının Hazırlanması

Çalışmada kullanılan *Rhododendron ponticum* (mor çiçek) ve *Rhododendron luteum* (sarı çiçek) örnekleri kurutulmuş formda kullanılmıştır. Kuru mor çiçekten 4 g, kuru sarı çiçekten ise 4,5 g tartılarak sırasıyla 40 mL ve 45 mL etanol ile karıştırılmıştır. Örnekler 72 saat boyunca shakerda ekstraksiyona bırakılmış, sürenin sonunda +4 °C'de muhafaza edilmiştir. Ekstraksiyon sonrası etanollü mor özütün 34 mL'si, etanollü sarı özütün ise 39 mL'si evaporatöre alınarak çözücü uzaklaştırılmıştır. Elde edilen kuru ekstraktlar, mor çiçek için 1000 µL saf su, sarı çiçek için 1000 µL saf su ile yeniden çözdürülmüştür. Sarı çiçek ekstraktında 1 mL çözeltide 0,0847 g ekstrakt bulunduğu hesaplanmış ve konsantrasyon 84,7 mg/mL olarak belirlenmiştir. Mor çiçek ekstraktında ise 1 mL çözeltide 0,0330 g ekstrakt bulunduğu hesaplanmış ve konsantrasyon 33 mg/mL olarak saptanmıştır.

LC50 Hesaplaması

C. elegans bireyleri, *Rhododendron luteum* ve *Rhododendron ponticum* çiçek ekstraktlarının 5, 10 ve 15 µg/mL konsantrasyonlarına maruz bırakıldı. Her konsantrasyon için deneyler üç farklı zaman noktasında (24, 48 ve 72 saat) değerlendirildi ve canlı–ölü sayımları gerçekleştirildi. Mortalitenin düşük olması nedeniyle kontrol grubuna ait veriler LC_{50} hesaplamalarında düzeltme uygulanmaksızın değerlendirmeye alındı. 72 saatlik maruziyet süresi, doz–yanıt ilişkisinin daha belirgin gözlenmesi nedeniyle LC_{50} analizleri için esas alındı. LC_{50} değerleri, ham mortalite yüzdeleri kullanılarak probit-temelli doz–yanıt analizi ile hesaplandı.

Caenorhabditis Elegans Kültürünün Kurulması ve Senkronize Edilmesi.

Bu çalışmada kullanılan nematod suşu N2 (wild type) İstinye Üniversitesinden temin edildi ve standart laboratuvar koşullarında kültüre edilmiştir. Nematod Büyüme Ortamı (NGM) agar üzerinde 20 °C'de *E. coli* OP50 üzerinde muhafaza edilmiştir. Nematodlar düzenli olarak yeni plaklara aktarılarak kültür sürdürülmüştür. Deney öncesi senkronizasyonu sağlamak amacıyla gebe yetişkinlerin ve yumurtaların çoğunlukta olduğu NGM plakları kullanılmıştır. NGM

plakaları ağartma çözeltisi (1 N NaOH ve %5 sodyum hipoklorit) ile muamele edilmiş ve toplam 10 dakika boyunca her 2 dakikada bir hafifçe vortekslenmiştir. Daha sonra çözelti santrifüjlenmiş ve parçalanmış solucan kalıntılarını içeren süpernatant uzaklaştırılmış, geriye bir yumurta peleti bırakılmıştır. Yumurta peleti üç kez yıkanmış ve M9 tamponunda yeniden süspansiyon haline getirilmiştir. Elde edilen yumurtalar yeni bir NGM plakasına aktarılmış ve OP50 ile beslenmiştir. Tüm bu işlemler sonucunda senkronize nematodlar elde edilmiştir. Deneysel çalışmalar için L3-L4 evresindeki larvalar kullanılmıştır. Deney prosedürleri literatürde tanımlanan standart yöntemlere uygun olarak gerçekleştirilmiştir. [15,16]

C. elegans' da Popülasyon Büyümesinin Hesaplanması

Rhododendron özütlerinin subletal konsantrasyondaki etkisini değerlendirmek amacıyla, *C. elegans* popülasyonunun büyümesi incelenmiştir Senkronize edilmiş L4 evresindeki nematodlar, NGM (Nematode Growth Medium) plakalarına yaklaşık 50 nematod olacak şekilde aktarılmıştır. *Escherichia coli* OP50 besin kaynağı olarak kullanılmıştır. Deney ve kontrol gruplarını içeren tüm plakalar, 20 ± 1°C'de 5 gün süreyle inkübe edilmiştir. 5. günün sonunda, her kuyucukta bulunan canlı bireylerin toplam sayısı; ebeveyn nematodlar, larvalar ve yavrular dahil olmak üzere stereomikroskop altında sayılmıştır. Her kuyucuktaki nematodlar 2 mL M9 tamponuna aktarılmış, dikkatlice homojenize edilmiş ve 5 µL'lik alikotlar stereomikroskop altında sayılmıştır. Sayımlar her grup için ayrı ayrı yapılmış ve üç tekrarın ortalaması alınmıştır. Tüm ölçümler, varyasyonu en aza indirmek için aynı gün ve aynı araştırmacı tarafından gerçekleştirilmiştir. Popülasyon büyümesi, başlangıçtaki nematod sayısına göre aşağıdaki formül ile ifade edilmiştir:

$$\text{Popülasyon Artışı (\%)} = \frac{(\text{Gözlenen canlı nematod sayısı} - \text{Başlangıçtaki nematod sayısı})}{\text{Başlangıçtaki nematod sayısı}} \times 100$$

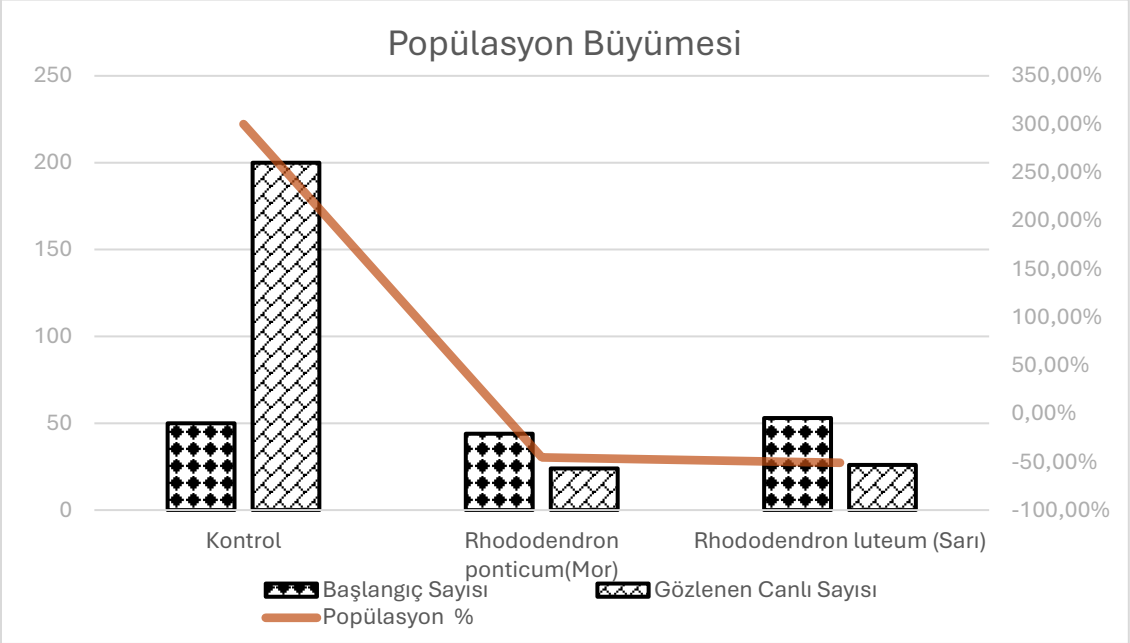
SONUÇ VE TARTIŞMA

Popülasyon büyümesi, canlı nematodların (yetişkinler + larvalar + genç bireyler) gözlenen deney sonundaki sayılarının başlangıçtaki nematod sayısının karşılaştırılması ve yüzde değişim olarak ifade edilmesiyle değerlendirilmiştir. Yapılan çalışma üreme ve popülasyon belirlenmesi daha önce yapılan C. elegans çalışmalarıyla tutarlıdır. [17,18]

Aşağıdaki Şekil 1, *R. ponticum* ve *R. luteum* özütünün LC_{50} konsantrasyonunun *C. elegans* popülasyon büyümesi üzerindeki etkisini değerlendirmektedir. Başlangıçta her gruba yakşalık ±50 birey yerleştirildi ve popülasyon büyüme oranı, deneyin sonunda gözlemlenen canlı birey sayısına göre hesaplandı. Kontrol grubunda, başlangıçtaki yaklaşık 50 birey deneyin sonunda ±200 canlı bireye ulaştı. Bu, %300'lük bir popülasyon artışını temsil etmektedir. Bu yüksek büyüme oranı, kullanılan deneysel koşulların (C. elegans kültür ortamı, besin miktarı, sıcaklık ve plaka kalitesi) üreme ve gelişme için optimal olduğunu göstermektedir. Kontrol grubu deneyde referans olarak kullanıldığından, R. ponticum ve R. luteum özütlerinde ki azalmalar bu değere göre yorumlandı.

R. ponticum LC50 dozuna maruz kalan *C. elegans'lar* da canlı birey sayısının önemli ölçüde azaldığı ve popülasyonun neredeyse yarıya düştüğü gözlemlendi. Bu değer -%45'lik bir popülasyon artışı olarak hesaplandı. Bir başka deyişle popülasyonun %45'lik bir oranda azaldığı hesaplanmıştır. Popülasyon büyümesindeki bu azalış *R. ponticum'un* LC50 konsantrasyonunun *C. elegans* üzerinde toksik bir etkiye sahip olduğunu, yetişkin kaybına ve

larva gelişiminin baskılanarak üreme kapasitesinin düşmesine neden olduğu görülmüştür. *R. luteum'un* LC50 konsantrasyonuna maruz kalan *C. elegans'ları* incelediğimizde elde ettiğimiz sonuçlara göre popülasyon büyümesinin *R. ponticum'un* LC50 konstantrasyonunda olduğu gibi yarıya düşürdüğü ve -%51'lik bir popülasyon kaybına sebep olduğu görülmektedir. *R. luteum'un* LC50 konsantrasyonuda *R. ponticumda* olduğu gibi popülasyon büyümesini baskılamıştır. Kontrol grubuna kıyasla bu azalış dikkat çekicidir. Doz-yanıt ilişkisi açısından değerlendirildiğinde *R. ponticum* ve *R. luteum'un* LC50 konsantrasyonun *C. elegans* üzerinde popülasyon büyümesini baskılayıcı bir etki gösterdiği görülmektedir. Bu etki *R. ponticum* ve *R. luteum* içeriğinde bulunan fenolik ve flavonoidlerin yüksek konstantrasyonda *C. elegans* fizyolojisine zarar verdiği ve özellikle popülasyonun büyümesinin baskılanması, gelişimsel duraksama, hücresel stres veya oksidatif hasar sonucu meydana gelebileceğini düşündürmektedir.



Şekil 1. *C. elegans* Popülasyon Grafiği

Caenorhabditis elegans; üreme kapasitesi, gelişim süresi ve çevresel streslere karşı olan hassaslığı sayesinde toksisite araştırmalarında kullanılan bir model organizmadır.[14] *Rhododendron* türlerinin fenolik bileşikler, flavonoidler çeşitli sekonder metabolitler bakımından zengin olduğu bilinmektedir. Özellikle bazı türlerde bulunan grayanotoksinlerin toksikoloji çalışmalarını öne çıkardığı bilinmektedir. [10] Rhododendron luteum türünün çiçek ve yapraklarında grayanotoksin varlığı bildirilmiştir.[10] Bunun hücre membranında özellikle etkili olduğu, fonksiyon bozukluğu ve fizyolojik stres oluşturabildiği gösterilmiştir. [10] Çalışmada gözlenen popülasyon baskılanmasının nedenlerinden biri beslenme davranışında bozulma veya enerji dengesinde kayıp olabilir. Fenolik ve flavonoidler bileşikler antioksidan özellikleri ile öne çıkmış olsa da yüksek konsantrasyonlarda ters etki göstererek pro-oksidan davranış sergileyebilmektedirler. Özellikle konsantrasyona bağlı biyolojik yanıt düşük dozlarda antioksidan etki gösteren bazı fitokimyasalların yüksek konsantrasyonlarda hücresel hasar oluşturabileceği bildirilmektedir. [19,20] Bu nedenle çalışmada LC50 düzeyinde uygulanan özütün popülasyon büyümesini baskılaması, konsantrasyona bağlı toksisite sebep olduğu değerlendirilebilir. Nitekim çeşitli bitki özütlerinin *C. elegans*'ta popülasyonu, büyümesini ve gelişimini azaltabildiği gösterilmiştir.[13] *Rhododendron ponticum* türü de biyolojik olarak aktif çok sayıda sekonder metabolit içermektedir. Ayrıca allelopatik özellik göstermesi, çevresindeki

canlı organizmalar üzerinde baskılayıcı kimyasal etkiler oluşturabildiğini düşündürmektedir. [21] Bu çalışmada *R. ponticum* grubunda belirlenen %45'lik azalma *C. elegans* üzerinde de toksik potansiyele sahip olabileceğini göstermektedir. Çalışmanın dikkat çekici bulgularından biri, iki farklı *Rhododendron* türünün popülasyon büyümesi üzerinde benzer düzeyde etki göstermesidir. Farklı fitokimyasal içeriklere sahip olmalarına rağmen her iki özütünde LC50 konsantrasyonu uygulanmış olması aynı düzeyde toksisiteye ulaşıldıklarını düşündürmektedir.

Popülasyon büyümesi, sadece *C. elegansların* hayatta kalma durumunu değil aynı zamanda üreme kapasitelerini gösterdiğinden, toksisite çalışmalarında güçlü bir biyolojik model organizmadır. Kontrol grubunda %300 bir artış olması, optimum şartlarda *C. elegans*'ın hızlı bir şekilde üretiklerini göstermektedir. Buna karşılık özüt uygulanan gruplarda negatif oranda büyüme değerleri elde edilmesi, yalnızca üremenin baskılandığını değil, aynı zamanda mevcut bireylerin yaşam oranının da etkilenmiş olabileceğini düşündürmektedir.

Sonuç olarak, *Rhododendron luteum* ve *Rhododendron ponticum* çiçek özütleri, *Caenorhabditis elegans* popülasyon büyümesini baskılamıştır. Bu sonuçlar, *Rhododendron* türlerinin yüksek konsantrasyonlarda toksik etki gösterebildiğini ve farklı fitokimyasal içeriklere rağmen benzer düzeyde popülasyon baskılanmasına neden olabileceğini göstermektedir.

KAYNAKLAR

1. Jaiswal R, Jayasinghe L, Kuhnert N. Identification and characterization of proanthocyanidins of 16 members of the *Rhododendron* genus (Ericaceae) by tandem LC-MS. *J Mass Spectrom.* 2012;47:502-515.

2. Prakash D, Upadhyay G, Singh BN, Dhakarey R, Kumar S, Singh KK. Free-radical scavenging activities of Himalayan Rhododendrons. *Curr Sci.* 2007;92:526-532.

3. Sawidis T, Theodoridou T, Weryszko-Chmielewska E, Bosabalidis AM. Structural features of Rhododendron luteum flower. *Biologia.* 2011;66:610-617.

4. Usta A, Yayli B, Kahrinman N, Alpay Karaoglu S, Yayli N. Composition and antimicrobial activity of essential oil from the flower of Rhododendron luteum Sweet. *Asian J Chem.* 2012;24:1927-1930.

5. Erdemoglu N, Akkol EK, Yesilada E, Calis I. Bioassay-guided isolation of anti-inflammatory and antinociceptive principles from a folk remedy Rhododendron ponticum L. leaves. *J Ethnopharmacol.* 2008;119:172-178.

6. Popescu R, Kopp B. The genus *Rhododendron*: an ethnopharmacological and toxicological review. *J Ethnopharmacol.* 2013;147(1):42-62.

7. Yaylaci F, Kolayli S, Kucuk M, Karaoglu S, Ulusoy E. Biological activities of trunk bark extracts of five tree species from Anatolia, Turkey. *Asian J Chem.* 2007;19(3).

8. Yin Q, BaoShi Z, Gao K. Chemical constituents of plants from the genus *Rhododendron*. 2011.

9. Demir S, Turan I, Aliyazicioglu Y. Selective cytotoxic effect of Rhododendron luteum extract on human colon and liver cancer cells. *J BUON.* 2016;21(4):883-888.

10. Jansen SA, Kleerekooper I, Hofman ZL, et al. Grayanotoxin poisoning: mad honey disease and beyond. *Cardiovasc Toxicol.* 2012;12(3):208-215.

11. Bilir EK, Sevin S, Tutun H, Alcigir ME, Yarsan E. Cytotoxic and anti-proliferative effects of Rhododendron ponticum L. extract on rat glioma cell line (F98). *Int J Pharm Sci Res.* 2018;9(5).

12. Özkan Dağlıoğlu Y. Rhododendron luteum ve Rhododendron ponticum çiçek özlerinin Artemia salina larvaları üzerindeki potansiyel toksisitesinin ve biyokimyasal aktivitelerinin karşılaştırmalı değerlendirilmesi. *Acad J Nature Hum Sci.* 2024;10(1):39-50.

13. Leung MCK, et al. Caenorhabditis elegans: an emerging model in biomedical and environmental toxicology. *Toxicol Sci.* 2008;106(1):5-28.

14. Hunt PR. The Caenorhabditis elegans model in toxicity testing. *J Appl Toxicol.* 2017;37(1):50-59.

15. Stiernagle T. Maintenance of Caenorhabditis elegans. *WormBook.* 2006.

16. Porta-de-la-Riva M, et al. Basic Caenorhabditis elegans methods: synchronization and observation. *J Vis Exp.* 2012;(64):e4019.

17. Muschiol D, et al. Life cycle and population growth rate of Caenorhabditis elegans studied by a new method. *BMC Ecol.* 2009;9:14.

18. Yu Z, et al. Trans-generational influences of sulfamethoxazole on lifespan, reproduction and population growth in Caenorhabditis elegans. *Ecotoxicol Environ Saf.* 2017;135:282-289.

19. Sies H. Oxidative stress: a concept in redox biology and medicine. *Redox Biol.* 2015;4:180-183.

20. Liu RH. Potential synergy of phytochemicals in cancer prevention. *J Nutr.* 2004;134(12):3479S-3485S.

21. Çolak AH. Rhododendron ponticum L. (Mor çiçekli orman gülü)'nün silvikültürel özellikleri üzerine araştırmalar [doctoral thesis]. Türkiye.

CHALLENGES ENCOUNTERED IN SEARCH AND RESCUE OPERATIONS DURING AVALANCHE DISASTERS

ÇIĞ AFETLERİNDE ARAMA VE KURTARMA FAALİYETLERİNDE KARŞILAŞILAN ZORLUKLAR

Kadir ÇAVUŞ

Artvin Çoruh University, Vocational School of Health Services, Department of Medical Services and Techniques, Artvin, Turkey

ORCID ID: https://orcid.org/0000-0003- 3105-7993

Afşin Ahmet KAYA

Samsun Ondokuz Mayıs University, Havza Vocational School, Department of Property Protection and Security, Samsun, Turkey

ORCID ID: https://orcid.org/0000-0003-2082-6478

Emre TOSUN

Kırklareli University, Vocational School of Health Services, Department of Medical Services and Techniques, Kırklareli, Turkey

ORCID ID: https://orcid.org/0000-0003-1537-5940

Meryem AKBULUT BAKIR

Yozgat Bozok University, Çekerek Fuat Oktay Vocational School of Health Services, Department of Medical Services and Techniques, Yozgat, Turkey

ORCID ID: https://orcid.org/0000- 0002-1299-7421

Bereket Bülent AYKER

Trabzon University, Şalpazarı Vocational School, Department of Property Protection and Security, Trabzon, Turkey

ORCID ID: https://orcid.org/0000-0002-7832-7332

ABSTRACT

Introduction and Purpose: Avalanches are natural disasters that occur suddenly and can cause loss of life and injuries in mountainous regions. Search and rescue operations in avalanche incidents are high-risk interventions conducted under time pressure. The aim of this review is to describe the challenges encountered in search and rescue operations during avalanche disasters.

Materials and Methods: In this review study, national and international academic databases such as PubMed, Scopus, Web of Science, and Google Scholar were searched to examine the challenges encountered in search and rescue operations during avalanche disasters. The search utilized Turkish keywords “avalanche disasters”, “search and rescue operations”, “rescue challenges”, “disaster management” and “risk assessment,” as well as their English equivalents. The publication dates of the studies were limited to the period between 1990 and 2026 and peer-reviewed articles as well as AFAD authority’s resources were examined.

Results: Research shows that the survival window after an avalanche is limited to approximately 15 minutes and that this timeframe is of critical importance. However, the fact that professional search and rescue teams sometimes take longer than this to arrive at the scene and that response operations can be protracted negatively affects the likelihood of reaching the victim safely. Additionally, challenging terrain and adverse weather conditions complicate search and rescue operations. The lack of adequate training and the presence of secondary avalanche risks are among the other key factors limiting response efforts.

Discussion and Conclusion: To enhance search and rescue capabilities in avalanche-prone areas, teams should undergo comprehensive training at regular intervals, and these training sessions should be supplemented with simulation exercises and drills. Response plans should be developed taking into account weather conditions and terrain challenges, and preventive measures should be established to mitigate the risk of secondary avalanches. Additionally, technology-based systems such as thermal imaging systems should be integrated into search and rescue operations.

Key Words: Avalanche, Search and Rescue Operations, Disaster Management, Risk Assessment

ÖZET

Giriş ve Amaç: Çığ olayları aniden gelişen ve dağlık bölgelerde can kayıpları ile yaralanmalara yol açabilen doğa kaynaklı afetler arasında yer almaktadır. Çığ olaylarında arama ve kurtarma faaliyetleri zaman baskısı altında yürütülen ve yüksek risk içeren müdahale süreçleridir. Bu derleme çalışmasındaki amaç; çığ afetlerinde yürütülen arama ve kurtarma faaliyetlerinde karşılaşılan zorlukları açıklamaktır.

Materyal ve Yöntem: Bu derleme çalışmasında çığ afetlerinde arama ve kurtarma faaliyetlerinde karşılaşılan zorlukları incelemek amacıyla PubMed, Scopus, Web of Science ve Google Scholar gibi ulusal ve uluslararası akademik veri tabanları taranmıştır. Taramada ‘çığ afetleri’, ‘arama ve kurtarma operasyonları’, ‘kurtarma zorlukları’, ‘afet yönetimi’ ve ‘risk değerlendirmesi’ Türkçe ile ‘avalanche disasters’, ‘search and rescue operations’, ‘rescue challenges’, ‘disaster management’ ve ‘risk assessment’ İngilizce anahtar kelimeler kullanılmıştır. Çalışmaların yayın tarihi 1990–2026 yılları arasında sınırlandırılmış ve hakemli makaleler ile AFAD kurumunun kaynakları incelenmiştir.

Bulgular: Araştırmalar çığ sonrası yaşamda kalma süresinin yaklaşık 15 dakika ile sınırlı olduğunu ve bu sürenin kritik önem taşıdığını göstermektedir. Ancak profesyonel arama ve kurtarma ekiplerinin olay yerine intikal süresinin bazen bu sürenin üzerinde olması ve müdahale süreçlerinin uzun sürmesi afetzedeye sağ ulaşma olasılığını olumsuz etkilemektedir. Ayrıca zor arazi koşulları ve olumsuz hava koşulları arama kurtarma operasyonlarını güçleştirmektedir. Yeterli eğitimlerin alınmamış olması ile ikincil çığ riskinin varlığı müdahale süreçlerini sınırlayan diğer önemli etkenler arasında yer almaktadır.

Tartışma ve Sonuç: Çığ bölgelerinde arama ve kurtarma kapasitesinin artırılması için ekiplere düzenli aralıklarla kapsamlı eğitimler düzenlenmeli ve bu eğitimler simülasyon uygulamalarıyla desteklenerek tatbikatlar yapılmalıdır. Müdahale planlaması, hava koşulları ve arazi zorlukları göz önünde bulundurularak hazırlanmalı ve ikincil çığ riskine karşı önleyici tedbirler geliştirilmelidir. Ayrıca arama ve kurtarma süreçlerine termal görüntüleme sistemleri gibi teknolojiye bağlı sistemler entegre edilmelidir.

Anahtar Kelimeler: Çığ, Arama ve Kurtarma Operasyonları, Afet Yönetimi, Risk Değerlendirmesi

Giriş

Çığ olaylarının gelişme sıklığı bölgelere ve zaman dilimlerine göre farklılık göstermekle birlikte, dünya genelinde dağlık bölgelerde önemli bir risk faktörü olarak görülmektedir. Birçok ülkede raporlama sistemlerinin yetersiz olması nedeniyle, çığa bağlı yaralanma ve ölüm oranlarını küresel ölçekte kesin olarak belirlemek zordur. Avrupa ve Kuzey Amerika'da ise çığ kaynaklı ölümlerin raporlanmasına yönelik daha güvenilir sistemler bulunmaktadır. 1983 ile 2015 yılları arasındaki 31 kış sezonunda, Avrupa ve Kuzey Amerika'da toplam 5123 çığ kaynaklı ölüm kaydedilmiştir. Bu sayı yıllık ortalama 165 ölüme karşılık gelmektedir. Bu ölümlerin büyük çoğunluğu Avrupa'da meydana gelmekte olup, yıllık ortalama yaklaşık 130'dur (Van Tilburg vd., 2017). Başka bir çalışmaya göre sadece Avrupa Alplerinde 1970 ile 2015 yılları arasındaki süreçte çığ nedeniyle toplam 4750 kişi hayatını kaybetmiştir (Rahman vd., 2018). Yakın tarihli bir çalışmada ise Avrupa ve Kuzey Amerika'da her yıl yaklaşık 150 kişinin çığ kazaları sonucu hayatını kaybettiği tespit edilmiştir (Eidenbenz vd., 2021). İtalya'da dağda arama-kurtarma operasyonlarının sayısı yıllar içinde katlanarak artmış ve yıllık 10.000 operasyonun üzerine çıkmıştır (Milani vd., 2023). İsviçre'de her yıl 200'den fazla kişi çığa yakalanmaktadır. Bu kişilerden yaklaşık 25'i hayatını kaybetmektedir (Berlin vd., 2019).

And dağları ve Himalayalar gibi dünyanın diğer dağlık bölgelerinde çığ kaynaklı ölümler sistematik olarak kaydedilmemektedir. Ancak yıllık ölüm sayısının, Avrupa ve Kuzey Amerika'da resmi olarak kaydedilen ölümlerden çok daha yüksek olabileceği düşünülmektedir. Örneğin, 10'dan fazla kişinin hayatını kaybettiği büyük çaplı çığ olayları arasında, 2014 yılında Nepal'de meydana gelen buz kütlesi düşmesi ve 2015 yılında Nepal depremi sonucunda oluşan çığlar yer almaktadır. Ölümle sonuçlanmayan çığ olaylarının sayısını belirlemek ise oldukça zordur. Bunun nedeni, birçok kazanın rapor edilmemesi ve organize arama-kurtarma ekiplerinin her olayda devreye girmemesidir (Van Tilburg vd., 2017).

Türkiye'de ise 71 yıllık verilere göre her yıl ortalama 28 çığ olayı yaşanmakta, bu olaylar sonucunda 20 kişi hayatını kaybetmekte ve 6 kişi yaralanmaktadır (Koçyiğit, 2022). Türkiye'nin 1994 yılında Fransa ve İsviçre'den kurumlarla birlikte ortak yürüttüğü projede ülkemizdeki toplam çığ olaylarının %66'sının son 15 yıl içinde meydana geldiği tespit edilmiştir (Koçyiğit & Gürer, 2007). Özellikle 1992 ve 1993 kış mevsimlerinde meydana gelen çığlar sonucunda 300'den fazla kişi hayatını kaybetmiş ve büyük maddi zararlar oluşmuştur (Koçyiğit, 2022). Türkiye'de çığların bölgesel dağılımı incelendiğinde, olayların büyük çoğunluğunun yüksek dağlık arazilerin bulunduğu Doğu ve Güneydoğu Anadolu bölgelerinde (Hakkâri, Şırnak, Siirt, Van, Bitlis, Erzurum gibi iller) yoğunlaştığı görülmektedir. Bununla birlikte Doğu Karadeniz bölgesinde de çığ olayları yaşanmaktadır. 2009 yılında Gümüşhane ilinin Zigana Köyü'nde gerçekleşen çığda 11 kişi yaşamını yitirmiştir (Koçyiğit, 2022). Son olarak 31 Aralık 2025 tarihinde Artvin'in Ardanuç ilçesinde meydana gelen çığ olayı sonucunda iki kişi hayatını kaybetmiş, bir kişi ise yaralı olarak kurtarılmıştır. Ayrıca bir kişinin kayıp olduğu bildirilmiş ve bu kişiye ulaşmak için arama-kurtarma çalışmaları günlerce devam etmiştir. Müdahale sürecinde yaklaşık 100–145 personel görev almış, çalışmalar -15°C'ye varan zorlu hava

koşullarında yürütülmüştür. Bölgede yüksek çığ riski ve olumsuz meteorolojik şartlar nedeniyle arama faaliyetleri zaman zaman kesintiye uğramıştır (hurriyet.com, 2026; T.C. Artvin Valiliği, 2025). Bu çalışmanın gerçekleştirildiği tarihte kayıp olan kişiye hala ulaşılamamıştır. Bu durum, olayın sınırlı sayıda kişiyi etkilemesine rağmen operasyonel açıdan oldukça zorlu bir süreç oluşturduğunu göstermektedir. Çığ olaylarına müdahale, arama ve kurtarma ekipleri için olay yeri güvenliği, arama lojistiği, teknik yetkinlikler, tıbbi yönetim, kurumlar arası koordinasyon gibi hususlarda kendine özgü bir dizi zorluk teşkil etmektedir. Bu derleme çalışma, ilgili literatürden yararlanarak çığda arama-kurtarma çalışmalarında karşılaşılan zorlukların farklı boyutlarına ilişkin bulguları bir araya getirmektedir.

Çığ Bölgelerinde Saha Güvenliği ve Çevresel Riskler

Çığ müdahalesi, diğer afet türlerinden farklı olarak aşırı soğuk, sınırlı görüş mesafesi ve erişim güçlüğü gibi kendine özgü risklere sahip olan, hem kazazedeler hem de kurtarıcılar için yüksek hayati riskler barındıran son derece zorlu bir süreçtir. Sert hava koşulları, düşük sıcaklıklar ve zorlu arazinin birleşimi, kurtarıcılar için risk profilini yükseltir ve tahliyeyi geciktirebilir (Blancher vd., 2018; Bogle vd., 2010). Özellikle zorlu hava şartlarının devam ettiği durumlarda, kurtarıcılar kaza alanına ulaşırken veya sahada çalışırken yeni çığlara maruz kalabilirler (Lunde & Njå, 2019). Bunun yanı sıra müdahale ekipleri; sarp arazi, dondurucu soğuklar, yüksek irtifa, fırtına, karanlık ve düşük görüş mesafesi gibi ekstrem çevresel faktörlerle mücadele etmek zorundadır (Milani vd., 2023). Norveç'te 1996–2010 yılları arasında kurtarma personeline yönelik çığ riskini inceleyen bir çalışmada, vakaların %26'sında kurtarma ekiplerinin yüksek çığ riski bulunan koşullarda doğrudan olay yerine gittikleri belirlenmiştir (Lunde & Kristensen, 2013). Bu durum operasyonel kararların yüksek risk algısı altında verilmesine neden olmakla birlikte çığ müdahalesini hem teknik hem de psikolojik açıdan zorlu bir süreç hâline getirmektedir. Bu nedenle ICAR MEDCOM kılavuzları, olay yeri güvenliğinin sürekli olarak yeniden değerlendirilmesini ve koşulların değişmesine bağlı olarak planların uyarlanması gerektiğini belirtmektedir (Blancher vd., 2018). Çığ bölgelerinde helikopter operasyonları; hızlı erişim ve tehlikeli arazide yerden geçişin azalması gibi bazı riskleri azaltsa da hava akımı, gürültü ve ikincil çığ olayı gibi tehlikeler yaratabilir (Bogle vd., 2010; Pietsch vd., 2019; Van Tilburg vd., 2017).

Kurtarma Süresinin ve Gömülme Dinamiğinin Önemi

Çığ altında kalma durumunda hayatta kalma, büyük ölçüde zamana bağlıdır. Güncel çalışmalar, çığ altında kalmanın ilk dakikalarından itibaren hızlı kurtarmanın hayatta kalma olasılığını belirgin şekilde artırdığını gösterirken, kurtarmadaki gecikmeler ise bu olasılığı önemli ölçüde azaltmaktadır (Rauch vd., 2024; Sanginés de Cárcer vd., 2021). Bulgular, hayatta kalma şansının gömülmenin ilk 10-15 dakikasından sonra ciddi oranda azaldığını ve çoğu mağdurun kısa bir süre sonra asfiksi (boğulma) nedeniyle hayatını kaybettiğini göstermektedir (Kornhall vd., 2016; Rauch vd., 2024). 60 dakikadan fazla süreyle tamamen çığ altında kalan mağdurların ise genel hayatta kalma olasılığı %19'dur. Bu durum, tamamen çığ altında kalan mağdurlar için arama ve kurtarma çalışmalarının sürdürülmesinin önemini ortaya koymaktadır (Eidenbenz vd., 2021).

Gömülme dinamikleri de hayatta kalmayı doğrudan etkilemektedir. Kar yoğunluğu, hava cebinin varlığı (ağız ve burun önündeki herhangi bir boşluk) ve gömülme derinliği belirleyici faktörlerdir. Birçok araştırma, açık bir hava yolunun bulunduğu durumlarda çığ altında nefes almanın mümkün olabileceğini ortaya koymaktadır (Brocherie vd., 2015; Strapazzon &

Brugger, 2018) Bir hava cebinin bulunması, mağdurların daha uzun süre solunum yapabilmesine ve hayatta kalma süresinin uzamasına katkı sağlayabilir (Brocherie vd., 2015; Rauch vd., 2021).

Arama Stratejileri ve Teknolojileri

Çığ arama çalışmaları çeşitli araçlara dayanmaktadır. Bunlar arasında alıcı-vericiler, köpekli arama ekipleri, sondalar ve giderek artan şekilde insansız sistemler yer almaktadır. Arama-kurtarma prokolleri, rollerin net olarak tanımlandığı ve planlamaya dayalı sistematik bir kurtarma sırasını önermektedir. Özellikle ilk aşamalar kesintiye uğradığında veya başarısız olduğunda, köpekli arama ekipleri devreye girmektedir (Bogle vd., 2010; Van Tilburg vd., 2017). Arama köpekleri, gömülü mağdurları bulmada yüksek hassasiyetleriyle bilinmektedir. Ancak başarı oranı; eğitim kalitesi, çevre koşulları, eğitmen koordinasyonu ve operasyonel sınırlamalara bağlıdır (Bogle vd., 2010; Cvetković & Miljković, 2024).

Termal kameralar, çığ sinyali alıcıları ve birleşik sensörler taşıyan dronlar arama-kurtarma faaliyetlerinde giderek daha fazla kullanılmaktadır. Bu sistemler, olay yerini değerlendirerek ekipler için risklerin tespit edilmesini ve azaltılmasını sağlamaktadır. Ayrıca arazide haritalama, sinyal tespiti ve gerçek zamanlı durum farkındalığı gibi konularda yardımcı olmaktadır. Bununla birlikte, dronların bazı sınırlamaları vardır. Bunlar arasında yük kapasitesi, uçuş süresi, buzlanma, zorlu çevre koşulları ve hava sahası düzenlemeleri yer almaktadır (Oshiro vd., 2022; Pietsch vd., 2019; Verfaillie vd., 2023).

Çığda Kurtarmada Tıbbi Yönetim ve Zorlu Koşullarda Bakım

Mağdurlar tespit edilip çıkarıldıktan sonra, hava yolu yönetimi, hipotermi ve travmatik yaralanmalar gibi kritik tıbbi sorunlarla karşı karşıya kalırlar. Zorlu koşullarda, özellikle helikopterle halatla indirilen operasyonlarda ileri hava yolu yönetimi oldukça güçtür. Bu tür durumlarda eğitimli personel, standart operasyon prosedürleri ve tüm ekip için sürekli eğitim gerekliliği vurgulanmaktadır (Pietsch vd., 2019). Hastane öncesi müdahalede temel öncelik; hızlı değerlendirme, hava yolu, solunum ve dolaşımın sağlanmasıdır (Bogle vd., 2010).

Bir çığ olayında, gömülü bir kişinin karla doğrudan teması sonucu veya kişi gömülmemiş olsa bile yetersiz koruma ve gecikmiş kurtarma nedeniyle soğuk ortama maruz kalması durumunda hipotermi gelişebilir (Oshiro vd., 2022). Bu nedenle sahada ve nakil sırasında hipotermi riskinin azaltılması büyük önem taşımaktadır (Bogle vd., 2010). Bununla birlikte birden fazla gömülü mağdurun bulunduğu çığ olaylarında triyaj oldukça karmaşıktır. Bunun nedeni, zamanın kritik olması ve hızlı kurtarma ile doğru tıbbi öncelikler arasında denge kurulması gerekliliğidir. Kaynakların sınırlı olduğu saha koşullarında hayatta kalma oranını artırmak için algoritmik triyaj yaklaşımları önerilmektedir (Bogle vd., 2010).

Kurumlar Arası Koordinasyon, Komuta Yapısı ve Karar Desteği

Çığ kurtarma operasyonları genellikle birden fazla kurumun birlikte çalışmasını gerektirmektedir. Bunlar arasında dağ kurtarma ekipleri, polis, sağlık hizmetleri ve havacılık birimleri yer alır. Bu nedenle koordineli bir komuta-kontrol yapısına ihtiyaç vardır. ICAR MEDCOM kılavuzları; entegre komuta yapıları, görevlerin açık şekilde dağıtılması, kaynak yönetimi ve değişen koşullara göre planların güncellenmesi için sürekli durum değerlendirmesinin önemini vurgulamaktadır (Blancher vd., 2018).

Afet ve dağ kurtarma literatürü, iletişimde yaşanan zorluklara sıkça dikkat çekmektedir. Bu zorluklar; ekipler arasındaki fiziksel mesafe, çevresel gürültü ve aynı ortamda bulunamama gibi faktörlerden kaynaklanır. Bu nedenle önceden planlanmış iletişim protokolleri ve ortak eğitimler, etkili koordinasyon için büyük önem taşımaktadır (Abrahamsen, 2015; Palestini, 2021). Ayrıca, karar destek araçları ve güçlü iletişim sistemleri, farklı noktalarda görev yapan ekipler arasında bilgi akışının etkin şekilde sağlanması için gereklidir (Cvetković & Miljković, 2024; Palestini, 2021).

Fizyolojik ve Operasyonel Zorluklar

Çığda arama kurtarma çalışmaların yarattığı birtakım fizyolojik ve operasyonel zorluklar da bulunmaktadır. Dağlık bölgelerde arama-kurtarma personeli, genellikle ulaşılması güç, zorlu arazi ve hava koşullarına sahip bölgelerdeki olaylara müdahale etmektedir. Görevler çoğunlukla araç veya hava desteği olmaksızın dağlık ya da kırsal alanlarda uzun süreli faaliyetleri içermektedir. Ayrıca, tek veya birden fazla kazazedeye ulaşmak, onları güvence altına almak ve tıbbi olarak stabilize etmek için teknik tırmanış, kaya üzerinde ilerleme ve kar ya da buz üzerinde hareket etme gibi beceriler gerekebilmektedir. Daha sonra, yaralının sedyeyle ambulansın veya helikopterin bulunduğu buluşma noktasına taşınması gerekebilir. Uzun süreli arama faaliyetleri de gerekebilmekte ve bu durum kurtarma personeli üzerinde farklı fizyolojik yükler oluşturmaktadır (Callender vd., 2012; Ellerton & Gilbert, 2012; Hearns, 2003).

Bunlardan biri, taşınması gereken sırt çantası yüküdür. Bu yük; hastalara müdahale için gerekli tıbbi ekipmanları, doğal engelleri aşmaya yönelik koruyucu donanımları veya olumsuz hava koşullarında zorlu arazide ilerlemeyi kolaylaştıran ekipmanları içerebilir. Kurtarıcıların dik arazide ağır sırt çantaları ve sedye taşıması, yoğun fizyolojik strese (yüksek kalp atış hızı ve oksijen tüketimi) neden olur (Pinedo-Jauregi vd., 2022). Bu durum kurtarıcıların yorulmasına ve karar verme yetilerinin zayıflamasına yol açabilir (Callender vd., 2012). Buna ek olarak çığda hayatta kalma şansı ilk 15-35 dakikadan sonra hızla düştüğü için operasyonlar aşırı stresli ve acele edilmesini gerektiren bir yapıdadır (Genswein vd., 2022). Bu baskı, güvenlik prosedürlerinin ihmal edilmesine yol açabilir (Lunde & Njå, 2019). Son olarak arama cihazlarının sinyal karışıklığı yaşaması veya derin gömülmelerde (1.5m ve üzeri) yer tespitinin zorlaşması, kurtarma süresini uzatan teknik risklerdir (Desjardins vd., 2014; Genswein vd., 2022).

Psikolojik Zorluklar

Çığda arama-kurtarma faaliyetleri, fiziksel ve operasyonel zorluklarla birlikte müdahalecileri yoğun psikolojik yük altında bırakmaktadır. Kurtarıcılar; cesetlerle karşılaşma, parçalanmış vücut uzuvlarını görme ve başarısızlık hissi gibi travmatik durumlar nedeniyle Travma Sonrası Stres Bozukluğu (TSSB), akut stres, anksiyete ve depresyon riski altındadır (Dolan & Tedeschi, 2018; Mao vd., 2018). Kurtarıcıların kazazedeyi kurtarmak için kendi güvenliklerini tehlikeye atarak mantıklı sınırların ötesinde risk almaları ciddi bir sorundur (Lunde & Njå, 2019; Lunde & Njå 2021). Özellikle çoklu gömülmelerde triyaj amacıyla "kimi önce kurtaracağız?" sorusu, kurtarıcılar üzerinde ağır bir etik ve psikolojik yük oluşturmaktadır (Ein vd., 2024; Genswein vd., 2022).

Sonuç

Çığ afetleri, zamanın hayati önem taşıdığı karar alma süreçlerinin, çevresel kısıtlamaların ve çok disiplinli koordinasyonun sonuçlar üzerinde belirleyici bir rol oynadığı karmaşık ve yüksek

riskli olaylardır. Bu derlemenin bulguları, hayatta kalma olasılığının, çığ altında kalmanın ardından geçen ilk dakikalar içindeki hızlı müdahaleye büyük ölçüde bağlı olduğunu, buna karşın müdahaledeki gecikmelerin hayatta kalma şansını önemli ölçüde azalttığını göstermektedir. Bununla birlikte, zorlu arazi koşulları, elverişsiz hava koşulları ve erişim kısıtlamaları gibi operasyonel gerçekler, genellikle zamanında müdahaleyi engellemektedir.

Çığ olaylarına müdahale etmek, arama kurtarma ekipleri için farklı açılardan birçok zorluk teşkil etmektedir. Bunların başında zorlu ve değişken dağ koşullarında olay yerinin güvenliğini sağlamak gelmektedir. Sahada ve nakil sırasında etkili tıbbi bakım sağlamak da ayrı bir zorluktur. Ayrıca, birden fazla kurum arasında güçlü iletişim ve koordinasyon şarttır. Bu çalışmada görüldüğü üzere çeşitli kaynaklar, müdahale ekiplerini korumak ve başarıyı artırmak için sistematik ve kanıta dayalı yöntemleri önermektedir. Bu doğrultuda hızlı triyaj ve nakil büyük önem taşımaktadır. Teknolojinin doğru kullanımı da süreci desteklemektedir. İnsansız hava araçları ve termal görüntüleme sistemleri gibi teknolojik araçların etkin bir şekilde entegre edilmesi, mevcut kurtarma protokolleriyle birleştirildiğinde daha hızlı tespit ve daha güvenli operasyon yönetimi sağlayabilir.

Müdahale sürecinin kritk noktalarından biri de kurtarma ekiplerinin hem teknik hem de teknik olmayan becerilerde eğitim düzeyidir. Ekiplerin bu becerilerini geliştirebilmek için düzenli, standartlaştırılmış ve senaryo temelli eğitim programları hayati önem taşımaktadır. Ek olarak tüm müdahale sürecinin kurumlar arası iş birliği ile güçlendirilmesi, zorlu ve değişken koşullara uyarlanabilir müdahale yönetimi için kritik bir öneme sahiptir.

Sonuç olarak, çığ olaylarında ölüm ve yaralanma oranlarının azaltılması, hızlı müdahale, ileri düzey eğitim, teknolojik destek ve etkili koordinasyonun birleşik etkisine bağlıdır. Gelecekteki araştırmalar, operasyonel etkinliği ve güvenliği daha da artırmak amacıyla kurtarma stratejilerinin optimize edilmesine, eğitim metodolojilerinin iyileştirilmesine ve çığ afetinde görev alan arama-kurtarma personelinin operasyonel süreçte yaşadıkları deneyimlerin derinlemesine incelenmesine ve maruz kaldığı fizyolojik ve psikolojik zorlukların daha iyi anlaşılmasına odaklanmalıdır.

Kaynakça

Abrahamsen, H. B. (2015). A remotely piloted aircraft system in major incident management: Concept and pilot, feasibility study. *BMC Emergency Medicine*, *15*(1). https://doi.org/10.1186/s12873-015-0036-3

Berlin, C., Techel, F., Moor, B. K., Zwahlen, M., & Hasler, R. M. (2019). Snow avalanche deaths in Switzerland from 1995 to 2014—Results of a nation-wide linkage study. *PLoS ONE*, *14*(12). https://doi.org/10.1371/journal.pone.0225735

Blancher, M., Albasini, F., Elsensohn, F., Zafren, K., Hölzl, N., McLaughlin, K., Wheeler, A. R., Roy, S., Brugger, H., Greene, M., & Paal, P. (2018). Management of Multi-Casualty Incidents in Mountain Rescue: Evidence-Based Guidelines of the International Commission for Mountain Emergency Medicine (ICAR MEDCOM). Içinde *High Altitude Medicine and Biology* (C. 19, Sayı 2, ss. 131-140). Mary Ann Liebert Inc. https://doi.org/10.1089/ham.2017.0143

Bogle, L. B., Boyd, J. J., & McLaughlin, K. A. (2010). Triaging Multiple Victims in an Avalanche Setting: The Avalanche Survival Optimizing Rescue Triage Algorithmic Approach. *Wilderness and Environmental Medicine*, *21*(1), 28-34. https://doi.org/10.1016/j.wem.2009.12.002

Brocherie, F., Girard, O., & Millet, G. P. (2015). Emerging environmental and weather challenges in outdoor sports. Içinde *Climate* (C. 3, Sayı 3, ss. 492-521). MDPI AG. https://doi.org/10.3390/cli3030492

Callender, N., Ellerton, J., & Macdonald, J. H. (2012). Physiological demands of mountain rescue. *Emergency Medicine Journal*, *29*(9), 753-757. https://doi.org/10.1136/emermed-2011-200485

Cvetković, V. M., & Miljković, N. (2024). Evaluation of the Effectiveness of Search and Rescue Dogs in Finding Survivors During Disasters: The Case of Serbia, Croatia, and Slovenia. *Preprints*. https://doi.org/10.20944/preprints202407.0584.v1

Desjardins, A., Neustaedter, C., Greenberg, S., & Wakkary, R. (2014). Collaboration surrounding beacon use during companion avalanche rescue. *Proceedings of the ACM Conference on Computer Supported Cooperative Work, CSCW*, 877-887. https://doi.org/10.1145/2531602.2531684

Dolan, N., & Tedeschi, C. (2018). A qualitative study of psychological outcomes in avalanche first responders. *High Altitude Medicine and Biology*, *19*(4), 344-355. https://doi.org/10.1089/ham.2018.0038

Eidenbenz, D., Techel, F., Kottmann, A., Rousson, V., Carron, P. N., Albrecht, R., & Pasquier, M. (2021). Survival probability in avalanche victims with long burial (≥60 min): A retrospective study. *Resuscitation*, *166*, 93-100. https://doi.org/10.1016/j.resuscitation.2021.05.030

Ein, N., Plouffe, R. A., Liu, J. J. W., Gervasio, J., Baker, C., Carleton, R. N., Bartels, S. A., Lee, J. E. C., Nazarov, A., & Richardson, J. D. (2024). Physical and psychological challenges faced by military, medical and public safety personnel relief workers supporting natural disaster operations: a systematic review. *Current Psychology*, *43*(2), 1743-1758. https://doi.org/10.1007/s12144-023-04368-9

Ellerton, J., & Gilbert, H. (2012). Should helicopters have a hoist or "long-line" capability to perform mountain rescue in the UK? *Emergency Medicine Journal*, *29*(1), 56-59. https://doi.org/10.1136/emj.2010.105403

Genswein, M., Macias, D., McIntosh, S., Reiweger, I., Hetland, A., & Paal, P. (2022). AvaLife—A New Multi-Disciplinary Approach Supported by Accident and Field Test Data to Optimize Survival Chances in Rescue and First Aid of Avalanche Patients. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, *19*(9). https://doi.org/10.3390/ijerph19095257

Hearns, S. (2003). The Scottish mountain rescue casualty study. *Emergency Medicine Journal*, *20*, 281-284. https://doi.org/https://doi.org/10.1136/emj.20.3.281

hurriyet.com. (2026, Ocak 1). *Artvin'de çığ felaketi: Arama kurtarma çalışmaları yeniden başladı*. https://www.hurriyet.com.tr/gundem/artvinde-cig-felaketi-arama-kurtarma-calismalari-yeniden-basladi-43074159

Koçyiğit, Ö. (2022). Çığ araştırmaları ve mekânsal planlama açısından bir değerlendirme. Içinde *Mekânsal Planlama Genel MüdürlüğüYer Bilimsel Etüt Dairesi BaşkanlığıEğitim Seminerleri-6*. https://webdosya.csb.gov.tr/db/mpgm/haberler/mek-nsal-planlama--8230-63841-20220629152831.pdf

Koçyiğit, Ö., & Gürer, İ. (2007). Effect of the Voellmy Coefficients on Determining Run-out Distance: A Case Study at Uzungöl, Turkey. *Journal of Science*, *20*(3), 79-85. www.gujs.org

Kornhall, D. K., Logan, S., & Dolven, T. (2016). Body Positioning of Buried Avalanche Victims. Içinde *WILDERNESS & ENVIRONMENTAL MEDICINE* (C. 27).

Lunde, A., & Kristensen, K. (2013). Avalanche rescue and mission risk in Norway. *International Snow Science Workshop Grenoble – Chamonix Mont-Blanc*.

Lunde, A., & Njå, O. (2019). Rescue performance in Norwegian road related avalanche incidents. *Cold Regions Science and Technology*, *165*. https://doi.org/10.1016/j.coldregions.2019.04.011

Lunde, A., & Njå, O. (2021). A systems thinking approach to safety in Norwegian avalanche rescue operations. *Safety Science*, *144*. https://doi.org/10.1016/j.ssci.2021.105466

Mao, X., Fung, O. W. M., Hu, X., & Loke, A. Y. (2018). Psychological impacts of disaster on rescue workers: A review of the literature. Içinde *International Journal of Disaster Risk Reduction* (C. 27, ss. 602-617). Elsevier Ltd. https://doi.org/10.1016/j.ijdrr.2017.10.020

Milani, M., Roveri, G., Falla, M., Dal Cappello, T., & Strapazzon, G. (2023). Occupational Accidents Among Search and Rescue Providers During Mountain Rescue Operations and Training Events. *Annals of Emergency Medicine*, *81*(6), 699-705. https://doi.org/10.1016/j.annemergmed.2022.12.015

Oshiro, K., Tanioka, Y., Schweizer, J., Zafren, K., Brugger, H., & Paal, P. (2022). Prevention of Hypothermia in the Aftermath of Natural Disasters in Areas at Risk of Avalanches, Earthquakes, Tsunamis and Floods. Içinde *International Journal of Environmental Research and Public Health* (C. 19, Sayı 3). MDPI. https://doi.org/10.3390/ijerph19031098

Palestini, L. (2021). Communication and decision support systems. *International Journal of Safety and Security Engineering*, *11*(4), 397-407. https://doi.org/10.18280/ijsse.110413

Pietsch, U., Strapazzon, G., Ambühl, D., Lischke, V., Rauch, S., & Knapp, J. (2019). Challenges of helicopter mountain rescue missions by human external cargo: Need for physicians onsite and comprehensive training. *Scandinavian Journal of Trauma, Resuscitation and Emergency Medicine*, *27*(1). https://doi.org/10.1186/s13049-019-0598-2

Pinedo-Jauregi, A., Quinn, T., Coca, A., Mejuto, G., & Cámara, J. (2022). Physiological stress in flat and uphill walking with different backpack loads in professional mountain rescue crews. *Applied Ergonomics*, *103*. https://doi.org/10.1016/j.apergo.2022.103784

Rahman, M. A., Azad, S., Asyhari, A. T., Bhuiyan, M. Z. A., & Anwar, K. (2018). Collab-SAR: A Collaborative Avalanche Search-and-Rescue Missions Exploiting Hostile Alpine Networks. *IEEE Access*, *6*, 42094-42107. https://doi.org/10.1109/ACCESS.2018.2848366

Rauch, S., Brugger, H., Falk, M., Zweifel, B., Strapazzon, G., Albrecht, R., & Pietsch, U. (2024). Avalanche Survival Rates in Switzerland, 1981-2020. *JAMA Network Open*, *7*(9), e2435253. https://doi.org/10.1001/jamanetworkopen.2024.35253

Rauch, S., Strapazzon, G., & Brugger, H. (2021). On-site medical management of avalanche victims—a narrative review. Içinde *International Journal of Environmental Research and Public Health* (C. 18, Sayı 19). MDPI. https://doi.org/10.3390/ijerph181910234

Sanginés de Cárcer, P., Mederski, P. S., Magagnotti, N., Spinelli, R., Engler, B., Seidl, R., Eriksson, A., Eggers, J., Bont, L. G., & Schweier, J. (2021). The Management Response to Wind Disturbances in European Forests. Içinde *Current Forestry Reports* (C. 7, Sayı 4, ss. 167-180). Springer Science and Business Media Deutschland GmbH. https://doi.org/10.1007/s40725-021-00144-9

Strapazzon, G., & Brugger, H. (2018). On-site treatment of snow avalanche victims: From bench to mountainside. *High Altitude Medicine and Biology*, *19*(4), 307-315. https://doi.org/10.1089/ham.2018.0036

T.C. Artvin Valiliği. (2025, Aralık 31). *Ardanuç Zekeriya Köyü'nde Meydana Gelen Çığ Afeti Sonrası Çalışmalar Gerçekleştirildi*. https://www.artvin.gov.tr/ardanuc-zekeriya-koyunde-meydana-gelen-cig-afeti-sonrasi-calismalar-gerceklestirildi?utm_source=chatgpt.com

Van Tilburg, C., Grissom, C. K., Zafren, K., McIntosh, S., Radwin, M. I., Paal, P., Haegeli, P., Smith, R., Wheeler, A. R., Weber, D., Tremper, B., Brugger, H., & Tilburg, V. (2017). Wilderness Medical Society Practice Guidelines for Prevention and Management of Avalanche and Nonavalanche Snow Burial Accidents. Içinde *WILDERNESS & ENVIRONMENTAL MEDICINE* (C. 28).

Verfaillie, M., Cho, E., Dwyre, L., Khan, I., Wagner, C., Jacobs, J. M., & Hunsaker, A. (2023). UAS remote sensing applications to abrupt cold region hazards. Içinde *Frontiers in Remote Sensing* (C. 4). Frontiers Media SA. https://doi.org/10.3389/frsen.2023.1095275

CHILD HEALTH AND DEPRIVATION, 2024

ÇOCUK SAĞLIĞI VE YOKSUNLUĞU, 2024

Doç. Dr. Rukiye ARSLAN
Batman Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Fakültesi
ORCID ID: 0000 0002 2043 5664

Dr. Öğr. Üyesi Süreyya YİĞİTALP RENÇBER
Batman Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Fakültesi
ORCID ID: 0000 0003-2812-7110

Prof. Dr. Nilgün ULUTAŞDEMİR
Ordu Üniversitesi ,Tıp Fakültesi
ORCID ID: 0000-0002-2231-5236

ÖZET

Birleşmiş Milletler (BM) Çocuk Hakları Sözleşmesine göre 0-18 yaş arası her insan çocuk olarak tanımlanmaktadır. Çocuğun beslenme, barınma, giyinme vb. gibi ihtiyaçlarının yanı sıra sağlık ve eğitim gibi gereksinimlerinin de zamanında ve yeterli düzeyde karşılanması sağlıklı bireylerin yetiştirilmesi için son derece önemlidir. Bu nedenle bu araştırmada; Türkiye'deki çocukların yaş grubu ve cinsiyete göre genel sağlık durumları, ihtiyaç gruplarına sahip olma, ihtiyaç gruplarına maddi yoksunluk nedeniyle sahip olamayan çocukların, ebeveynlerin en yüksek eğitim durumlarına göre dağılımı ve ihtiyaç gruplarına maddi yoksunluk nedeniyle sahip olamayan çocukların, yoksulluk durumu oranlarını belirlemek amacıyla gerçekleştirilmiştir. Araştırma, nitel analiz yöntemlerinden biri olan doküman analizi tekniği kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Araştırmanın verilerine Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK) internet sitesinde yer alan "Çocuk Sağlığı ve Yoksunluğu, 2024" verilerinden elde edilmiştir. Elde edilen veriler frekans ve yüzde gibi betimsel istatistikler ile değerlendirilmiştir. Sonuç olarak; hem kız hem de erkek çocuklarda yaş gruplarının tamamında genel sağlık durumunun iyi veya çok iyi olduğu, çocukların en fazla yeni giysi, düzgün iki çift ayakkabı, günde en az bir kez taze meyve sebze tüketimi gibi temel ihtiyaçlara sahip oldukları belirlenmiştir. Ancak maddi yoksunluk nedeniyle günde en az bir kez et, tavuk veya balık içeren yemek yeme ya da evden uzakta bir haftalık tatil masrafını karşılayabilme veyahut paralı okul gezilerine ve okul etkinliklerine katılabilme gibi etkinlikleri gerçekleştirme oranlarının diğer etkinliklere göre daha düşük olduğu görülmektedir. Araştırmanın bir diğer sonucu ise lise altı eğitim düzeyine sahip olan ebeveynleri oranının lise ve lise üstü ebeveynlerden fazla olduğu belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Çocuk Sağlığı ve Yoksunluğu, TÜİK, 2024

ABSTRACT

According to the United Nations (UN) Convention on the Rights of the Child, every human being between the ages of 0 and 18 is defined as a child. Meeting a child's needs such as nutrition, shelter, clothing, etc., as well as their health and education needs, in a timely and adequate manner is extremely important for raising healthy individuals. Therefore, this research was conducted to determine the general health status of children in Turkey according to age group and gender, their access to need groups, the distribution of children who cannot access need groups due to material deprivation according to the highest educational level of their parents, and the poverty rates of children who cannot access need groups due to material deprivation. The research was conducted using document analysis, one of the qualitative analysis methods. The data for the research was obtained from the "Child Health and Deprivation, 2024" data available on the website of the Turkish Statistical Institute (TÜİK). The obtained data were evaluated using descriptive statistics such as frequency and percentage.

In conclusion; The study found that both girls and boys, across all age groups, had good or very good general health, and that children primarily had access to basic necessities such as new clothes, two decent pairs of shoes, and fresh fruits and vegetables at least once a day. However, due to financial deprivation, the rates of children engaging in activities such as eating a meal containing meat, chicken, or fish at least once a day, being able to afford a week-long vacation away from home, or participating in paid school trips and school events were lower compared to other activities. Another finding of the study was that the proportion of parents with less than a high school education was higher than that of parents with a high school education or higher.
Keywords: Child Health and Deprivation**,** TÜİK, 2024

GİRİŞ

Genel olarak yoksulluk, insanların yaşamlarını sürdürebilmek için en temel ihtiyaçlarını bile karşılayamama durumu olarak tanımlanmaktadır (Güler ve diğ., 2022). Yoksulluk; tüm yaş gruplarını fizyolojik, psikolojik, biyolojik vb. alanlarda olumsuz yönde etkileyen önemli unsurlardandır. Özellikle tüm gelişim alanlarında hızlı bir büyüme ve gelişmenin söz konusu olduğu çocukluk döneminde çocuğun sağlıklı bir şeklide gelişmesi için iyi bir şekilde beslenmesi, vücut için gerekli olan besin öğelerinden yeterli ve dengeli olarak alabilmesi, temiz içme suyuna kolaylıkla ulaşabilmesi, ısınma ve aydınlatmanın istendik düzeyde olduğu uygun barınma koşullarına sahip olması son derece önemlidir. Ayrıca aşı ve ilaç temini ve de diğer sağlık hizmetlerine kolaylıkla ulaşma ve eğitim imkânlarının istendik düzeyde yaralanabilmesi sağlıklı bir şeklide büyüme ve gelişme için gereklidir. Nitekim yapılan araştırmalar kötü yaşam koşullarına sahip olan çocukların mevcut kapasitelerinin istendik düzeyde gelişmediği ve beceri düzeylerinin düşük olduğunu ortaya koymaktadır (Samanlı, 2023; Özpolat & Aktuna, 2023). Bu nedenle bu çalışmada, Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK) internet sitesinde yer alan "Çocuk Sağlığı ve Yoksunluğu, 2024" başlığı altında ele alınan istatistikler ışığında çocuk sağlığı ve yoksunluğuna ait belirli değişkenlerin incelenmesi amaçlanmıştır.

YÖNTEM

Nitel araştırma yöntemlerinden biri olan doküman analiz tekniği kullanılarak gerçekleştirilen bu çalışmada; Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK) internet sitesinde yer alan "Çocuk Sağlığı ve Yoksunluğu, 2024" başlığı altında ele alınan; Türkiye'deki çocukların yaş grubu ve cinsiyete göre genel sağlık durumları, ihtiyaç gruplarına sahip olma, ihtiyaç gruplarına maddi yoksunluk nedeniyle sahip olamayan çocukların, ebeveynlerin en yüksek eğitim durumlarına göre dağılımı ve ihtiyaç gruplarına maddi yoksunluk nedeniyle sahip olamayan çocukların, yoksulluk durumu

oranları ile ilgili verilen istatiksel veriler kullanılmıştır. Elde edilen veriler frekans ve yüzde gibi betimsel istatistikler ile değerlendirilmiştir.

BULGULAR ve TARTIŞMA

Türkiye'de 2024 yılında çocuk sağlığı ve yoksunluğu ile ilgili bulguların değerlendirilmesinde TÜİK ait erişilebilir istatistikler değerlendirmeye alınmıştır (URL1).

Tablo 1: Yaş grubu ve cinsiyete göre çocukların genel sağlık durumu

Sağlık Durumu	Kadın			Erkek		
	5 yaş ve daha küçük	6-11 yaş	12-15 yaş	5 yaş ve daha küçük	6-11 yaş	12-15 yaş
İyi veya çok iyi	95,3	95,1	93,7	95,0	94,3	93,4
Orta	3,9	4,1	5,7	4,3	4,6	5,2
Kötü veya çok kötü	0,8	0,8	0,6	0,7	1,1	1,3

Tablo 1'de çocukların yaş grubu ve cinsiyete göre genel sağlık durumları incelendiğinde; hem kız hem de erkek çocuklarda yaş gruplarının tamamında genel sağlık durumunun iyi veya çok iyi olduğu belirlenmiştir. Her iki cinsiyette ait yaş gruplarında genel sağlık durumunun kötü veya çok kötü olduğunu söyleyenlerinin oranının çok düşük olduğu görülmektedir.

Tablo 2: Çocukların ihtiyaç gruplarına sahip olma durumlarına göre hane halklarının dağılımı

Çocukların İhtiyaç Grupları	Sahip olma Durumu			
	Toplam	Sahip Olma	Maddi yoksunluk nedeniyle sahip olmama	Diğer nedenlerle sahip olmama
Yeni giysi (İkinci el olmayan)	100,0	88,6	9,2	2,2
Düzgün iki çift ayakkabı	100,0	88,2	9,4	2,3
Günde en az bir kez taze meyve ve sebze tüketimi	100,0	86,7	10,0	3,3
Günde en az bir kez et, tavuk veya balık içeren yemek	100,0	69,8	23,1	7,2
Yaşa uygun kitap	100,0	83,3	8,0	8,7
Ev dışı aktivitelerde kullanılabilecek araç (bisiklet tekerlekli paten vb.)	100,0	64,5	16,5	19,0
Evde oynanabilecek oyuncaklar	100,0	75,5	11,7	12,8
Boş zaman aktivitelerine katılabilme	100,0	35,9	18,2	45,9
Özel gün kutlamalarına katılabilme	100,0	68,6	10,1	21,3

Arkadaşlarını oyuna veya yemeğe ara sıra davet etme	100,0	58,7	8,7	32,6
Evden uzakta bir haftalık tatil masrafını karşılayabilme	100,0	51,2	22,2	26,6
Paralı okul gezilerine ve okul etkinliklerine katılabilme	100,0	55,0	18,7	26,3
Evde ders çalışılabilecek veya ödev yapılabilecek uygun yer	100,0	78,5	11,2	10,3

Tablo 2'de çocukların ihtiyaç gruplarına sahip olma durumları incelendiğinde; çocuklar için on üç farklı ihtiyacın sahip olma veya olamama durumuna göre ele alındığı belirlenmiştir. Bu tabloya göre çocukların en fazla yeni giysi, düzgün iki çift ayakkabı, günde en az bir kez taze meyve sebze tüketimi gibi temel ihtiyaçlara sahip oldukları belirlenmiştir. Ancak maddi yoksunluk nedeniyle günde en az bir kez et, tavuk veya balık içeren yemek yeme ya da evden uzakta bir haftalık tatil masrafını karşılayabilme veyahut paralı okul gezilerine ve okul etkinliklerine katılabilme gibi etkinlikleri gerçekleştirme oranlarının diğer etkinliklere göre daha düşük olduğu belirlenmiştir. Ayrıca çocukların ihtiyaç gruplarına sahip olamamasında diğer nedenlere bağlı oranlar incelendiğinde en yüksek oranın boş zaman aktivitelerine katılabilme ile ilgili olduğu görülmektedir. Nitekim yapılan bir çalışmada yoksulluğa bağlı olarak çocuklarda görülen beslenme yetersizliklerin, hastalıkların ve eğitim olanaklarından yoksunluğun ileride çok ciddi sorunların görülmesine neden olabileceğini vurgulamaktadır (Trani and Cannings, 2013).

Tablo3: İhtiyaç gruplarına maddi yoksunluk nedeniyle sahip olamayan çocukların, ebeveynlerin en yüksek eğitim durumlarına göre dağılımı

Çocukların İhtiyaç Grupları	Ebeveynlerin eğitim düzeyi			
	Toplam	Lise altı	Lise	Lise üstü
Yeni giysi (İkinci el olmayan)	100,0	78,3	17,9	3,8
Düzgün iki çift ayakkabı	100,0	79,8	17,2	3,0
Günde en az bir kez taze meyve ve sebze tüketimi	100,0	80,2	16,5	3,3
Günde en az bir kez et, tavuk veya balık içeren yemek	100,0	69,3	23,3	7,4
Yaşa uygun kitap	100,0	81,1	14,3	4,6
Ev dışı aktivitelerde kullanılabilecek araç (bisiklet tekerlekli paten vb.)	100,0	75,2	20,0	4,8
Evde oynanabilecek oyuncaklar	100,0	81,0	15,4	3,5
Boş zaman aktivitelerine katılabilme	100,0	71,8	21,5	6,7
Özel gün kutlamalarına katılabilme	100,0	80,7	15,3	3,9
Arkadaşlarını oyuna veya yemeğe ara sıra davet etme	100,0	81,2	14,7	4,1
Evden uzakta bir haftalık tatil masrafını karşılayabilme	100,0	66,8	24,9	8,3

Paralı okul gezilerine ve okul etkinliklerine katılabilme	100,0	74,0	20,5	5,5
Evde ders çalışılabilecek veya ödev yapılabilecek uygun yer	100,0	80,8	15,7	3,5

Tablo 3'de ihtiyaç gruplarına maddi yoksunluk nedeniyle sahip olamayan çocukların, ebeveynlerin en yüksek eğitim durumlarına göre dağılımları incelendiğinde; lise altı eğitim düzeyine sahip olan ebeveynleri oranının lise ve lise üstü ebeveynlerden fazla olduğu belirlenmiştir. Ayrıca lise altı eğitim düzeyine sahip olan ebeveynlerin çocuklarının evde ders çalışılabilecek veya ödev yapılabilecek uygun yere sahip olma ya da yaşa uygun kitap ve evde oynanabilecek oyuncaklar satın alabilme gibi ihtiyaç gruplarından en yüksek oranlara sahip oldukları görülmektedir.

Tablo4: İhtiyaç gruplarına maddi yoksunluk nedeniyle sahip olamayan çocukların, yoksulluk durumu

Çocukların İhtiyaç Grupları	Yoksulluk durumu		
	Toplam	**Yoksul**	**Yoksul değil**
Yeni giysi (İkinci el olmayan)	100,0	71,4	28,6
Düzgün iki çift ayakkabı	100,0	72,4	27,6
Günde en az bir kez taze meyve ve sebze tüketimi	100,0	76,7	23,3
Günde en az bir kez et, tavuk veya balık içeren yemek	100,0	63,1	36,9
Yaşa uygun kitap	100,0	75,8	24,2
Ev dışı aktivitelerde kullanılabilecek araç (bisiklet tekerlekli paten vb.)	100,0	66,8	33,2
Evde oynanabilecek oyuncaklar	100,0	72,2	27,8
Boş zaman aktivitelerine katılabilme	100,0	63,8	36,2
Özel gün kutlamalarına katılabilme	100,0	74,7	25,3
Arkadaşlarını oyuna veya yemeğe ara sıra davet etme	100,0	75,0	25,0
Evden uzakta bir haftalık tatil masrafını karşılayabilme	100,0	59,5	40,5
Paralı okul gezilerine ve okul etkinliklerine katılabilme	100,0	65,1	34,9
Evde ders çalışılabilecek veya ödev yapılabilecek uygun yer	100,0	67,4	32,6

Tablo 4'de ihtiyaç gruplarına maddi yoksunluk nedeniyle sahip olamayan çocukların, yoksulluk durumu incelendiğinde; on üç ihtiyaç grubunun tamamında yoksul olduğunu bildirenlerin oranlarının yoksul olmadığını söyleyenlerden yüksek olduğu belirlenmiştir. Ayrıca günde en az bir kez taze meyve ve sebze tüketimi yemek ya da yaşa uygun kitap almak gibi ihtiyaç gruplarında en yüksek yoksulluk oranlarına sahip oldukları görülmektedir. Nitekim yapılan bir çalışmada düşük gelirli ailelerde büyüyen çocukların beslenme, sağlıklı yaşama, hastalık ve

kazalardan korunma, büyüme ve gelişme açısından gerekli olanaklardan istendik düzeyde yararlanamadıklarını ortaya koymaktadır (Konuk Şener, & Ocakçı, 2014).

SONUÇ VE ÖNERİLER

Türkiye İstatistik Kurumu'nun 2024 yılında "Çocuk Sağlığı ve Yoksunluğu" ait veriler genel olarak değerlendirildiğinde; hem kız hem de erkek çocuklarda yaş gruplarının tamamında genel sağlık durumunun iyi veya çok iyi olduğu, çocukların en fazla yeni giysi, düzgün iki çift ayakkabı, günde en az bir kez taze meyve sebze tüketimi gibi temel ihtiyaçlara sahip oldukları belirlenmiştir. Ancak maddi yoksunluk nedeniyle günde en az bir kez et, tavuk veya balık içeren yemek yeme ya da evden uzakta bir haftalık tatil masrafını karşılayabilme veyahut paralı okul gezilerine ve okul etkinliklerine katılabilme gibi etkinlikleri gerçekleştirme oranlarının diğer etkinliklere göre daha düşük olduğu görülmektedir. Araştırmanın bir diğer sonucu ise lise altı eğitim düzeyine sahip olan ebeveynleri oranının lise ve lise üstü ebeveynlerden fazla olduğu belirlenmiştir. Ayrıca lise altı eğitim düzeyine sahip olan ebeveynlerin çocuklarının evde ders çalışılabilecek veya ödev yapılabilecek uygun yere sahip olma ya da yaşa uygun kitap ve evde oynanabilecek oyuncaklar satın alabilme gibi ihtiyaç gruplarından en yüksek oranlara sahip oldukları görülmektedir. İhtiyaç gruplarının tamamında yoksul olduğunu bildirenlerin oranlarının yoksul olmadığını söyleyenlerden yüksek olduğu belirlenmiştir. Bu sonuçlar doğrultusunda; özellikle sosyal devlet olmanın bir gereği olarak çocukların ekonomik ve sosyal refahı için ailelerin sahip oldukları ve olamadıkları olanakların belirlenerek buna uygun destekleyici devlet politikalarının geliştirilmesi önerilmektedir. Ayrıca ailelerin sahip oldukları kaynakları çocuğun maksimum yararı için kullanabilmesine yönelik bilgilendirici ve yönlendirici eğitimlerin verilmesi önerilmektedir.

KAYNAKLAR

Güler, S., Kaplan, B., & Sakın, F. (2022). Yoksulluğun Çocuk Sağlığı Üzerindeki Etkisi. Sağlık Bilimleri ve Klinik Araştırmaları Dergisi, 1(1), 65-70.

Konuk Şener, D., & Ocakçı, A. F. (2014). Yoksulluğun çocuk sağlığı üzerine çok boyutlu etkileri. Ankara Sağlık Hizmetleri Dergisi, 13(1), 57-68. https://doi.org/10.1501/Ashd_0000000098

Özpolat, A. O., & Aktuna, E. (2023). Türkiye'de Çocuk Yoksulluğuna İlişkin Bir Değerlendirme. Ahi Evran Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, 9(1), 204-223. https://doi.org/10.31592/aeusbed.1213348

Samanlı, R. (2023). Çocuk Yoksulluğunun Genel Görünümü ve Türkiye'de Çocuk Yoksulluğunun Son Hali. Bilgi Sosyal Bilimler Dergisi, 25 (1), 94-139. DOI: 10.54838/ bilgisosyal.1261390

Trani, J.F. & Cannings, T.I. 2013. Child poverty in an emergency and conflict context: A multidimensional profile and an identification of the poorest children in Western Darfur. World Development, 48, 48–70.

URL-1. https://www.tuik.gov.tr/ Erişim tarihi:25.03.2026

ANALYSIS OF KEY LABOR FORCE INDICATORS FOR YOUNG PEOPLE IN TURKEY (AGES 15–24, 2021–2025)

TÜRKİYE'DE GENÇ NÜFUSA İLİŞKİN TEMEL İŞGÜCÜ GÖSTERGELERİNİN ANALİZİ (15–24 YAŞ, 2021–2025)

Dr. Öğr. Üyesi Süreyya YİĞİTALP RENÇBER
Batman Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Fakültesi
ORCID ID: 0000 0003-2812-7110

Doç. Dr. Rukiye ARSLAN
Batman Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Fakültesi
ORCID ID: 0000 0002 2043 5664

Prof. Dr. Nilğün ULUTAŞDEMİR
Ordu Üniversitesi ,Tıp Fakültesi
ORCID ID: 0000-0002-2231-5236

ÖZET

Bu çalışma, Türkiye'de 15–24 yaş grubuna ilişkin temel işgücü göstergelerini 2021–2025 dönemi kapsamında incelemeyi amaçlamaktadır. Araştırmada, Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK) internet sitesinde yer alan "Temel işgücü göstergeleri (15–24 yaş)" verileri kullanılmıştır. Çalışma, doküman analizi tekniğine dayalı olarak hazırlanmıştır. Genç nüfusa ilişkin işgücü, istihdam, işsiz, işgücüne dahil olmayanlar, işgücüne katılma oranı, istihdam oranı ve işsizlik oranı göstergeleri değerlendirilmiştir. Elde edilen bulgular, 2021–2025 döneminde genç nüfusta işgücüne katılma oranı ile istihdam oranının arttığını, buna karşılık işsizlik oranının azaldığını göstermektedir. Toplam genç nüfusta işgücüne katılma oranı %41,7'den %47,6'ya, istihdam oranı %32,2'den %40,3'e yükselirken, işsizlik oranı %22,8'den %15,3'e gerilemiştir. Cinsiyete göre yapılan değerlendirmede, erkek gençlerin işgücüne katılım ve istihdam oranlarının kadın gençlere göre daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Kadınlarda ise işgücüne dahil olmayan nüfusun daha fazla olduğu görülmüştür. Sonuç olarak, incelenen yıllar itibarıyla genç işgücü piyasasında genel bir iyileşme olduğu, ancak toplumsal cinsiyete dayalı farklılıkların devam ettiği görülmüştür. Bu doğrultuda, özellikle genç kadınların işgücü piyasasına katılımını artırmaya ve gençlerin istihdam edilebilirliğini güçlendirmeye yönelik sosyal ve ekonomik politikaların geliştirilmesi önem taşımaktadır.

Anahtar Kelimeler: genç nüfus, işgücü, istihdam, işsizlik, işgücüne katılma oranı, TÜİK.

ABSTRACT

This study aims to examine the basic labor force indicators for the 15-24 age group in Turkey during the 2021-2025 period. The research utilizes data from the Turkish Statistical Institute (TÜİK) website titled "Basic labor force indicators (15-24 years)". The study was prepared using document analysis techniques. Indicators related to the young population, including labor force participation rate, employment rate, unemployment rate, non-labor force participation rate, labor force participation rate, employment rate, and unemployment rate, were evaluated. The findings show that during the 2021-2025 period, the labor force participation rate and employment rate increased among the young population, while the unemployment rate decreased. In the total young population, the labor force participation rate rose from 41.7% to 47.6%, the employment rate increased from 32.2% to 40.3%, while the unemployment rate decreased from 22.8% to 15.3%. A gender-based analysis revealed that male youth had higher labor force participation and employment rates than female youth. In women, a higher proportion of the population was found to be outside the labor force. Consequently, while there was a general improvement in the youth labor market over the years examined, gender-based disparities persisted. Accordingly, it is important to develop social and economic policies aimed at increasing the participation of young women in the labor market and strengthening the employability of young people.

Keywords: youth population, labour force, employment, unemployment, labour force participation rate, TÜİK.

GİRİŞ

Temel işgücü göstergeleri; işgücü, istihdam, işsizlik oranı, işgücüne katılma oranı ve işgücüne dahil olmayan nüfus gibi ölçütlerden oluşur ve bu göstergeler bir ekonomide çalışma çağındaki nüfusun üretime ne ölçüde katıldığını, istihdam kapasitesini ve işgücü piyasasının genel değerlendirmede temel araçlar arasından yer almaktadır (TÜİK, 2026; ILO, 2026).Uluslararası Çalışma Örgütü'ne göre işgücüne katılma oranı, çalışma çağındaki nüfusun yüzdesi olarak işgücünde yer alan kişilerin oranı olarak tanımlanmaktadır. İşgücü, çalışma çağındaki tüm çalışan ve işsiz kişilerin toplamından oluşmaktadır. İşsizlik oranı ise işsiz nüfusun işgücü içindeki oranını ifade etmektedir (ILO, 2026).Bu kapsamda genç nüfusun işgücü piyasasındaki konumu ayrıca önem taşımaktadır. Çünkü gençlerin eğitimin ardından işe geçiş süreçleri, beşerî sermayenin ekonomik değere dönüşmesi, üretkenliğin artırılması ve uzun dönemli kalkınmanın sürdürülebilirliği açısından önemli olabilmektedir. Uluslararası Çalışma Örgütü, gençlerin işgücü piyasasında yetişkinlere kıyasla daha kırılgan bir konumda bulunduğunu ve genç işsizliğinin küresel ölçekte kritik bir sorun olmaya devam ettiğini vurgulamaktadır. Dünya Bankası da genç yaşta yaşanan işsizlik ve işgücü piyasasından dışlanmanın, özellikle kırılgan gruplarda, uzun süreli işsizlik riskini artırarak gelir kaybı, beceri aşınması ve toplumsal eşitsizliklerin artmasına yol açabilmektedir. Bu nedenle genç nüfusa ilişkin temel işgücü göstergeleri yalnızca mevcut ekonomik durumu yansıtmakla kalmayıp, aynı zamanda eğitim-istihdam uyumu, fırsat eşitliği ve gelecekteki büyüme potansiyeli açısından da stratejik öneme sahip göstergelerdir. Dünya Gençlik Raporu'na (2020) göre, 15 ila 24 yaş arası 1,2 milyar genç bulunmakta olup dünya nüfusunun yaklaşık yüzde 16'sını oluşturmaktadır (UNESCO, 2020). ILO raporunda, gençlerin işgücü piyasasında karşı karşıya kaldığı eşitsizliklerin azaltılması ve özellikle dezavantajlı gençlere yönelik daha etkili politikalar geliştirilmesi gerektiğini belirtilmiştir (ILO,2024). Türkiyede 15-24 yaş grubunu kapsayan genç nüfusta işsizlik oranı 2025 yılında bir önceki yıla göre 1 puan azalarak %15,3 olduğu erkeklerde %11,7, kadınlarda ise %22,1 olarak belirlenmiştir(TÜİK,2025). Bu sonuç genç işgücü piyasasının hem genel

işgücü yapısından farklılaşan özellikler taşıdığını hem de dönemsel dalgalanmalara oldukça duyarlı bir alan olduğunu göstermektedir (TÜİK, 2026b; TÜİK, 2026c).

Bu çalışmanın amacı, Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK) internet sitesinde yer alan "Temel işgücü göstergeleri,(15-24 yaş)" başlığı altında verilen istatistiklerden yola çıkarak Türkiye'de genç nüfusun işgücüne katılım, istihdam ve işsizlik yapısında 2021-2026 döneminde meydana gelen değişimleri betimsel olarak incelemektir. Çalışmada özellikle genç işgücünün zaman içindeki seyri, kırılmaları ve son dönemde aldığı görünüm üzerinde durulacaktır (TÜİK, t.y.; TÜİK, 2026a).

YÖNTEM

Nitel araştırma yöntemlerinden biri olan doküman analiz tekniği kullanılarak gerçekleştirilen bu çalışmada; Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK) internet sitesinde yer alan "Temel işgücü göstergeleri,(15-24 yaş)" başlığı altında kapsayan veriler üzerinden tanımlayıcı istatistik yaklaşımıyla hazırlanmıştır. Bu çalışma' da Türkiye'deki 15-24 yaş grubuna ilişkin temel işgücü göstergeleri son beş yıl esas alınarak incelenmiştir. Analizde 2021-2025 dönemine ait yıllık ortalama değerler kullanılmıştır. Bu analizle, hem güncel eğilimlerin daha açık biçimde izlenmesini hem de model tahmini içeren eski dönem verilerinin etkisinin sınırlandırılmasını sağlamaktadır. Ayrıca analizde nüfus, işgücü, istihdam, işsiz sayısı, işgücüne dahil olmayan nüfus, işgücüne katılma oranı, istihdam oranı ve işsizlik oranları ile ilgili verilen istatiksel veriler kullanılmıştır. Elde edilen veriler frekans ve yüzde gibi betimsel istatistikler ile değerlendirilmiştir.

BULGULAR ve TARTIŞMA

Türkiye'de 15-24 yaş grubuna ilişkin temel işgücü göstergelerinin 2021-2025 dönemi kapsamındaki değerlendirmesinde, TÜİK tarafından yayımlanan erişilebilir istatistiklerden faydalanılmıştır (URL1).

Tablo 1. 15-24 yaş grubundaki genç nüfusa ait temel işgücü göstergeleri *(Bin kişi; oranlar %)*

YIL	15-24 yaşları arasındaki genç nüfus	İşgücü	İstihdam	İşsiz	İşgücüne dahil olmayanlar	İşgücüne katılma oranı (%)	İstihdam oranı (%)	İşsizlik oranı (%)
2021	11.956	4.988	3.855	1.133	6.968	41.7	32.2	22,8
2022	12.005	5.264	4.238	1.026	6.741	43.8	35.3	19,5
2023	11.831	5.385	4.444	941	6.446	45.5	37.6	17,5
2024	11.678	5.493	4.595	899	6.184	47.0	39.4	16,3
2025	11.506	5.480	4.638	842	6.026	47.6	40.3	15,3

Tablo 1 incelendiğinde, 2021–2025 döneminde 15–24 yaş grubundaki toplam genç nüfusta işgücüne katılma oranı ile istihdam oranının düzenli biçimde arttığı, buna karşılık işsizlik

oranının kademeli olarak azaldığı görülmektedir. İşgücüne katılma oranı 2021 yılında %41,7 iken 2025 yılında %47,6'ya yükselmiştir. Aynı dönemde istihdam oranı %32,2'den %40,3'e çıkmıştır. Buna karşılık işsizlik oranı %22,8'den %15,3'e gerilemiştir. Bu bulgular, genç nüfusun işgücü piyasasına katılımının arttığını ve istihdam olanaklarının önceki yıllara göre iyileştiğini göstermektedir.

Tablo 2. 15-24 yaş grubundaki erkek genç nüfusa ilişkin temel işgücü göstergeleri ***(Bin kişi; oranlar %)***

YIL(Erkek)	15–24 yaş erkek genç nüfu	İşgücü	İstihdam	İşsiz	İşgücüne dahil olmayanlar	İşgücüne katılma oranı (%)	İstihdam oranı (%)	İşsizlik oranı (%)
2021	6.109,7	3.247,6	2.614,2	633,3	2.862,1	53,1	42,8	19,5
2022	6.137,3	3.446,6	2.883,0	563,4	2.690,7	56,2	47,0	16,3
2023	6.084,4	3.491,3	2.992,7	498,8	2.593,0	57,4	49,2	14,3
2024	6.028,7	3.580,3	3.110,8	469,2	2.448,7	59,4	51,6	13,1
2025	5.947,2	3.571,6	3.154,2	417,5	2.375,6	60,1	53,0	11,7

Tablo 2 değerlendirildiğinde, 2021–2025 döneminde 15–24 yaş grubundaki erkek gençlerde işgücüne katılım ve istihdam göstergelerinde olumlu bir gelişme olduğu görülmüştür. Bu dönemde işgücüne katılma oranı ile istihdam oranı artış gösterirken, işsizlik oranı ise düzenli biçimde azalmıştır. İşgücüne katılma oranı 2021 yılında %53,1 iken 2025 yılında %60,1'e yükselmiştir. Aynı dönemde istihdam oranı %42,8'den %53,0'a çıkmıştır. Buna karşılık işsizlik oranı %19,5'ten %11,7'ye gerilemiştir. Ayrıca işgücüne dahil olmayan erkek genç nüfusun azalması da genç erkeklerin işgücü piyasasına daha fazla dahil olduğunu göstermektedir. Genel olarak değerlendirildiğinde, erkek gençlerin istihdama erişiminde iyileşme yaşandığı ve işsizlik baskısının dönem içinde azaldığı ifade edilebilir.

Tablo 3. 15-24 yaş grubundaki kadın genç nüfusa ilişkin temel işgücü göstergeleri *(Bin kişi; oranlar %)*

YIL(Kadın)	15–24 yaş kadın genç nüfus	İşgücü	İstihdam	İşsiz	İşgücüne dahil olmayanlar	İşgücüne katılma oranı (%)	İstihdam oranı (%)	İşsizlik oranı (%)
2021	5.846,3	1.740,3	1.240,6	499,8	4.106,0	29,8	21,2	28,7
2022	5.868,0	1.817,6	1.355,3	462,2	4.050,4	31,0	23,1	25,4
2023	5.746,8	1.893,8	1.451,4	442,3	3.853,3	32,9	25,2	23,4
2024	5.649,4	1.913,8	1.484,1	429,6	3.735,5	33,9	26,3	22,4
2025	5.558,3	1.908,3	1.484,2	424,2	3.650,1	34,3	26,7	22,2

Tablo 3 incelendiğinde, 2021–2025 döneminde 15–24 yaş grubundaki kadın gençlerin de işgücüne katılım ve istihdam göstergelerinde olumlu bir iyileşme olduğu görülmektedir. İşgücüne katılma oranı 2021 yılında %29,8 iken 2025 yılında %34,3'e yükselmiştir. İstihdam oranı ise aynı dönemde %21,2'den %26,7'ye çıkmıştır. Buna karşılık işsizlik oranı %28,7'den %22,2'ye gerilemiştir. Bununla birlikte kadın gençlerin işgücüne katılım ve istihdam oranları erkek gençlere göre daha düşük olduğu görülmüştür. Ayrıca işgücüne dahil olmayan kadın genç nüfusun yüksek olması, genç kadınların işgücü piyasasına geçişinde çeşitli yapısal ve toplumsal engellerin etkili olabileceğini düşündürmektedir.

SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada Türkiye'de 15–24 yaş grubuna ilişkin temel işgücü göstergeleri 2021–2025 dönemi açısından incelenmiştir. Elde edilen bulgular, söz konusu dönemde genç nüfusta işgücüne katılma oranı ve istihdam oranının arttığını, işsizlik oranının ise azaldığını göstermektedir. Toplam genç nüfus açısından değerlendirildiğinde, işgücüne katılma oranı %41,7'den %47,6'ya, istihdam oranı %32,2'den %40,3'e yükselirken; işsizlik oranı %22,8'den %15,3'e gerilemiştir. Bu durum, genç işgücü piyasasında son yıllarda göreli bir iyileşmeye olduğunu göstermektedir.

Cinsiyet temelinde incelendiğinde ise erkek gençlerin işgücüne katılım ve istihdam oranlarının kadın gençlere göre belirgin biçimde daha yüksek olduğu görülmektedir. 2025 yılı itibarıyla erkeklerde işgücüne katılma oranı %60,1 ve istihdam oranı %53,0 iken, kadınlarda bu oranlar sırasıyla %34,3 ve %26,7 olarak gerçekleşmiştir. Buna karşılık kadınlarda işgücüne dahil olmayan nüfusun daha yüksek düzeyde seyretmesi, genç kadınların işgücü piyasasına girişinde toplumsal cinsiyet rolleri, eğitimden istihdama geçiş sorunları ve bakım sorumlulukları gibi yapısal etkenlerin etkili olabilmektedir.

Sonuç olarak, genç işgücü piyasasında son beş yılda genel bir iyileşme gözlenmekle birlikte, kadınlar ve erkekler arasında fark olduğu görülmektedir. Bu kapsamda, gençlerin istihdam edilebilirliğini artıracak mesleki eğitim programlarının güçlendirilmesi, eğitim-istihdam uyumunu destekleyen politikaların geliştirilmesi ve özellikle genç kadınların işgücü piyasasına katılımını artıracak sosyal ve kurumsal destek mekanizmalarının yaygınlaştırılması önem

taşımaktadır. Böylece genç nüfusun ekonomik ve toplumsal yaşama daha etkin katılımı sağlanabilir.

KAYNAKÇA

International Labour Organization. (2025). *World employment and social outlook: Trends 2025*.

International Labour Organization. (2026). *Labour force participation rate*. ILOSTAT. Erişim tarihi: 31 Mart 2026.

Türkiye İstatistik Kurumu. (2025). *İstatistiklerle kadın, 2025*.

Türkiye İstatistik Kurumu. (2026a). *Hanehalkı İşgücü Araştırması metodolojik açıklama dokümanı: İşgücü istatistikleri (aylık, çeyreklik ve yıllık göstergeler), 2025*. Erişim tarihi: 31 Mart 2026.

Türkiye İstatistik Kurumu. (2026b). *İşgücü istatistikleri, 2025*. Erişim tarihi: 31 Mart 2026.

Türkiye İstatistik Kurumu. (2026c). *İşgücü istatistikleri, Şubat 2026*. Erişim tarihi: 31 Mart 2026.

Türkiye İstatistik Kurumu. (t.y.). *Temel işgücü göstergeleri (15–24 yaş)* [İstatistiksel tablo]. Erişim tarihi: 31 Mart 2026.

UNESCO. (t.y.). *Youth*. Erişim tarihi: 31 Mart 2026.

World Bank. (2025). *Making labor markets work for the youth: An approach paper*

THE UNDERSTANDING OF LOVE IN THE POEMS OF KARACAOĞLAN AND CAHİT KÜLEBİ

KARACAOĞLAN VE CAHİT KÜLEBİ'NİN ŞİİRLERİNDE AŞK ANLAYIŞI

Doç. Dr. Mustafa EREN

Ordu Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Türk Dili ve Edebiyatı Bölümü

ORCID: 0000-0003-4153-2671

ÖZET

Şiir, duyguların ifade edildiği az sözle çok şey anlatılan bir yazın türüdür. Şiirde işlenen en yaygın tema sevgi, aşk ve güzelliktir. Klasik Türk şiirinde hayalî, soyut ve ulaşılamayan bir aşk vardır. Halk şiirinde de 17. yüzyıla gelinceye dek bu tema aynı şekilde işlenmiştir. 17. yüzyıl âşığı Karacaoğlan şiirde yeni bir yol açarak aşkı ve sevgiliyi somutlaştırmış; sevgilinin fiziksel özelliklerini, karakterini yansıtan unsurları ve hatta adını anlatmaya başlamıştır. Cumhuriyet dönemi şiirinde bu geleneği devam ettirerek kendine has bir yorum getirenlerden biri Cahit Külebi'dir. Cahit Külebi, Karacaoğlan'ı bacanak olarak görmekte ve "Karacaoğlan'a" adlı şiirinde ona olan hissî yakınlığını dile getirmektedir. Bu yakınlık aslında somut aşk ve âşık olunan güzeller bağlamında şiir anlayışının da bir ifadesidir.

Karacaoğlan, âşık olduğu güzelleri çoğu zaman yaşadıkları yerlerle beraber anlatır. Onun şiirinde daha önce pek görülmeyen sevgiliyle kavuşma vardır ve güzeller ona eda ile karşılık verir. Cahit Külebi de Karacaoğlan gibi hayatı boyunca karşılaştığı güzelleri somut ve gerçek olarak dile getirmiş ama asıl aşk şiirlerini eşine yazmıştır. Bu çalışmada Karacaoğlan ve Cahit Külebi'nin şiirleri somut ve gerçek aşk bağlamında karşılaştırılarak âşık olunan güzellere yaklaşımları araştırma, inceleme ve tahlil yöntemleriyle irdelenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Karacaoğlan, Cahit Külebi, Halk Şiiri, Aşk, Sevgili.

ABSTRACT

Poetry is a type of literature that expresses emotions and tells a lot with few words. The most common theme covered in the poem is affection, love and beauty. In classical Turkish poetry, there is an imaginary, ABSTRACT and unattainable love. This theme was used in the same way in folk poetry until the 17th century. The 17th century minstrel Karacaoğlan opened a new path in poetry and embodied love and the beloved; It started to describe the physical characteristics of the lover, the elements that reflect his character, and even his name. Cahit Külebi is one of those who continued this tradition and brought a unique interpretation to the poetry of the Republic period. Cahit Külebi sees Karacaoğlan as his brother-in-law and expresses his emotional closeness to him in his poem "To Karacaoğlan". This closeness is actually an expression of the understanding of poetry in the context of concrete love and the beauties one falls in love with.

Karacaoğlan often describes the beauties he falls in love with along with the places where they lived. In his poetry, there is a reunion with the beloved that has not been seen before, and the

beauties respond to him with grace. Like Karacaoğlan, Cahit Külebi expressed the beauties he encountered throughout his life in a concrete and real way, but he wrote his real love poems to his wife. In this study, the poems of Karacaoğlan and Cahit Külebi are compared in the context of concrete and real love, and the approaches of both poets to the beauties they fall in love with are examined through research, analysis and analysis methods.

Keywords: Karacaoğlan, Cahit Külebi, Folk Poetry, Love, Loved.

GİRİŞ

Türk şiirinin temellerinin İslamiyet öncesi inanç sisteminin bir ürünü olarak atıldığı bilinmektedir. Bu dönemde şaman, kam, baksı ozan gibi şairler tarafından oluşturulan şiirler çoğu zaman dinî içerikliydi. İslamiyet sonrasında oluşan âşıklık geleneği, hem dinî tasavvufi içeriğiyle hem de özellikle 16. yüzyıldan sonra oluşmaya bağlayan din ve tasavvuf dışındaki aşk ve güzellik konularıyla günümüze kadar devam etmiştir. Başlangıçtan günümüze sevgi, aşk ve güzellik tüm edebî eserlerin olduğu gibi şiirin de ana konuları arasındadır. Bu konuları işleyen şairlerin sevgi, aşk ve güzellik kavramlarına yaklaşımları ilahi, mecazi; gerçek, hayalî; somut, soyut gibi kelimelerle izah edilmeye çalışılmış zaman zaman da tartışmalara neden olmuştur. Şairlerin bazılarının bu yaklaşımlarının somut yani karşı cinse duyulan sevgi ve aşkın gizlenmesi için kullanıldığı da söylenebilir. Bazı şairler, somut aşklarını gizlemek için ilahi aşkı veya soyut adı sanı belli olmayan bir güzeli şiirlerinde kullanmışlardır.

Bu doğrultuda çalışmada, farklı dönemlerden ve üslup özellikleri birbirine benzeyen iki şair ve şiirleri ele alınarak bu şairlerin aşka ve güzellere yaklaşımları belirlenmeye çalışılacaktır. Bu yapılırken sevgi, aşk ve güzellik unsurlarının yer aldığı ve bu temaları işleyen şiirler dikkate alınacaktır. Genel olarak aşk diye ifade edebileceğimiz bu temalar, kimi zaman doğa sevgisi, memleket aşkı olurken kimi zaman hayalî bir güzele duyulan aşk veya Tanrı aşkı olmuştur. Divan ve halk şiirinin temelinde ulaşılamayan, soyut ve kalıplaşmış bir güzele duyulan aşk hâkimdir. Bu şiir anlayışı geleneksel olarak devam ettirilmiştir. Bu geleneği değiştirerek yeni bir aşk ve güzellik anlayışının öncülüğünü yapan Karacaoğlan'dır. 17. yüzyıla gelindiğinde Karacaoğlan, diyar diyar gezerek gördüğü ve sevip âşık olduğu güzellere gerçek ve somut aşkı dile getiren şiirler söylemiştir. Bu şiirlerde güzellerin hem fiziksel hem karakter özellikleri olduğu gibi aktarılmıştır. Bu güzellerin adları ve yöreleri de şiirlerde yer almaktadır. Karacaoğlan'ın yolunu açtığı bu şiir geleneği özellikle Cumhuriyet dönemi şairlerinde de devam etmiş ve gerçek aşkı anlatan yüzlerce şiir yazılmıştır. Cumhuriyet dönemi şairlerinden Külebi'nin şiirlerinde de bu tarzın devam ettiğini ifade etmek mümkündür. Külebi de yaşamı boyunca karşılaştığı güzelleri tarif eden şiirler dile getirmiştir. Bu yönü ile Karacaoğlan'a yakınlığını ifade eden "Karacaoğlan'a" adlı şiirini yazmıştır. Karacaoğlan ile kurduğu hissi yakınlık ve bağlantının bir yansıması olarak değerlendirilebilecek bu şiirde ona "bacanak" olarak hitap etmektedir:

Karacaoğlan'a

"Bacanak, senin sevdiğin

Kızların gelinlerin

Kemikleri sürme oldu ama

Yaşadı türkülerin.

Sevmeye Hörü'nün beli
Yürüyüşü Esme'nin
Bacanak, Elif'i unuttun mu?
Erciyes'te gördüğün gelin.

Her sabah her sabah kalkıp
Ardı sıra göçlerin
Şimdi de yurdumuzda
Geziyor türkülerin" (Külebi, 1998, s. 96).

Kız kardeşlerle evli olanlara bacanak denir ve bu bir akrabalığı gösterir. "Bacanaklık" ise Türk kültüründe akrabalık ilişkisinin dışında sıcaklık ve samimiliği ifade eder. Aynı ilden evli olanlar, aynı işi yapan kadınlarla evli olanlar birbirine bacanak olarak hitap eder. Yakın arkadaş ve dost olanlar da kimi zaman birbirini bacanak olarak niteler. Bu şiirde Cahit Külebi, kendisine yakın hissettiği ve bir dost olarak gördüğü Karacaoğlan'a bacanak diye hitap ederek onun sevgilerinden ve aşklarından bahsetmiş türkülerinin hâlâ yaşadığını belirtmiştir.

Külebi'nin hamurunun yoğrulduğu Tokat ilinin Zile ilçesinin Çeltek köyünde bacanak tabirinin birçok vesile ile sıkça kullanıldığını Mehmet Yardımcı belirtmektedir. M. Yardımcı, Zile'de yaptığı halk kültürü araştırmalarında Çeltek köyündeki bir düğünde "Güveynin sağdıcı kim olacak bacanak" biçimindeki bir konuşmaya şahit olur. Ayrıca Külebi'nin şiirlerinde geçen "çimmek, hark, bıldır" gibi birçok yöresel kelime de dikkatini çeker (Yardımcı, t.y., s. 12). Külebi'nin şiirlerinde geçen yöresel kelimeler ve tabirler, onun yaşadığı yörenin kültürüne ve ağız özelliklerine hâkim olduğunu bize göstermektedir. Külebi'nin doğduğu yörede sıkça kullanılan ve sıcaklığı, samimiliği ifade eden "bacanak" tabirini Karacaoğlan'a hitaben kullanması ise dikkat çekicidir. Bu iki dostun şiirlerinde aşkı samimi ve içten olarak ifade etme, gerçek aşkı somutlaştırarak gözler önüne serme, adı sanı belli olan güzelleri yaşadıkları yerlerle beraber betimleme itibariyle benzerlikler görülür. Dolayısıyla bu benzerlikler onların bacanak olarak nitelenmesine vesile olur.

Cumhuriyet dönemi Türk şiirinde bazı şairler, daha önce çoğunlukla görmezden gelinen eski tarihsel kültürümüzden, halk kültüründen ve şiirinden yararlanmaya başlamışlardır (Çetin, 2012, s. 20). Bunlar millî edebiyat zevk ve anlayışını sürdüren şairlerdir. Bu şairler gelenekten yararlanarak şiire yaklaşmışlardır. Kubilay Aktulum, belli bir geleneğin içinde yer alan bir yapıtın, o çağa özgü ortak değerleri taşıdığını ve yazılan her metnin daha önce yazılmışların dağıtılarak yeniden bir araya getirilmesinden oluştuğunu belirterek gelenekten yararlanmayı açıklamaktadır (2007, s. 265-267). Cahit Külebi de hem kendi ifadelerinde belirttiği gibi halk şiiri geleneğinden beslenmiş hem de bacanak olarak nitelendirdiği Karacaoğlan'ın çığırını açtığı somut ve gerçek aşk konularını yeni bir anlayış ve kişisel tutumla devam ettirmiştir.

KARACAOĞLAN VE CAHİT KÜLEBİ

Karacaoğlan 17. yüzyılda yaşamış bir halk ozanıdır. 16. yüzyılda da Karacaoğlan adlı bir ozan olduğu bilinmektedir ancak onun şiirine rastlanmamıştır. Karacaoğlan'ın doğum yeri ile ilgili birçok söylenti vardır. Bunlardan en kuvvetlisi Osmaniye'nin Bahçe ilçesinin Farsak Köyü'nde doğduğu ve bu köyde yaşayan Sayıloğulları'ndan olduğudur. Adana'nın Feke ilçesinin Gökçe Köyü'nden ve Kilis'in Musabeyli Türkmenlerinden olduğu gibi çeşitli söylentiler de vardır.

Radloff ise onun Belgradlı olduğunu belirtir. Mezarı İçel'in Mut ilçesinin Çukur Köyü'nde Karaca Oğlan Tepesi'ndedir. Bu tepenin karşısında Karacaoğlan'ın sevdalı olduğu Karaca Kız Tepesi vardır. İnanışa ve anlatılara göre Karacakız, Karacaoğlan'a kavuşamayınca bu tepede yıllarca onun yolunu beklemiş ve ölmüştür. Mezarı da bu tepeye kazılmıştır. Yıllar sonra Karacakız'ı aramaya gelen Karacaoğlan onun öldüğünü duyunca mezarının olduğu tepenin karşısına yerleşmiş, burada saz çalıp şiirler söyleyerek can vermiştir. Şimdi iki âşığın mezarı karşılıklı iki tepe üzerinde bulunmaktadır (Öztelli, 1983, s. 12-21).

Karacaoğlan elinde sazı ile diyar diyar gezmiştir. Şiirlerinden "Aydın, Niğde, Bor, Tokat, Ankara, Kayseri, Konya, Karaman, Adana, Diyarbakır, Halep, Mardin, Mısır, Hama, Trablus" gibi birçok Osmanlı memleketini dolaştığı, Tuna boylarını gezdiği anlaşılmaktadır (Köprülü, 2004, s. 290). Kendinden sonraki şairleri de derinden etkilemiştir. "Âşık Ömer, Gevherî, Âşık Hasan, Âşık İsmail, Gündeşlioğlu, Dadaloğlu, Deli Boran, Beyoğlu" gibi şairler bunlar arasındadır (Köprülü, 2004, s. 291, 293). Aruz ölçüsünü hiç kullanmamış; çoğunlukla hece ölçüsünün 6+5 ve 4+4 duraklı şekillerini kullanmıştır. Şiirlerinde sevda ve tabiat temasını işlemiştir. Cahit Öztelli, Karacaoğlan'ın bütün şiirlerini bir kitapta toplamıştır. Bu kitapta beş yüz yirmi altı şiir yer almaktadır. Bunların üç yüz kırk biri koşma, doksan sekizi semai, kırk dokuzu türkü ve yirmi sekizi destandır (1983, s. 34-46).

Cahit Külebi ise 10 Ocak 1917'de Tokat'ın Çeltek Köyü'nde dünyaya gelmiştir. Ailesi aslen Erzurumludur ve asıl adı Mahmut Cahit'tir. Babası ona Mahmut Cahit adını, Şeyh Mahmut ve o günlerin ünlü yazarı Hüseyin Cahit'ten esinlenerek vermiştir. Ailenin soyadı Erencan iken Cahit Külebi 1946'da bu soyadını sülâlelerinin lakabı olan Gullebiler'den hareketle Külebi olarak değiştirmiştir. Babası üst düzey memurluklar yapmıştır. Annesi ise Erzurumlu zengin bir ağa ailesine mensuptur. Aile, Külebi üç yaşlarındayken Zile'ye ardından belli aralıklarla Artova'ya (Çamlıbel) ve Niksar'a, taşınır. Külebi, on yaşlarındayken yatılı olarak Sivas Erkek Lisesi'ne gönderilir. Burada çok iyi bir eğitim görür. Ahmet Kutsi Tecer ve Muzaffer Sarısözen gibi hocalar dersine girer. Burada halk kültürünü, musikisini ve şairlerini tanır. Âşık Veysel ve Tâlibi gibi şairler bunlar arasındadır. 1936 yılında liseyi bitirir. Aynı yıl İstanbul Üniversitesi, Edebiyat Fakültesi, Türk Dili ve Edebiyatı Bölümüne girer. Burada Reşit Rahmeti Arat, Fuat Köprülü ve Ahmet Hamdi Tanpınar gibi hocalardan dersler alır. 1940 yılında fakülteden mezun olur ve iki yıl sürecek olan askerlik hayatı başlar (Çetişli, 1998, s. 28-41).

Askerlik dönüşünde üniversite yıllarındayken tanıştığı Süheyla Hanım ile evlenir. Bu evlilikten iki çocukları dünyaya gelir. Süheyla Hanım 1991 yılında vefat eder. Antalya Lisesi edebiyat öğretmenliği, Ankara Devlet Konservatuarı diksiyon öğretmenliği, Ankara Gazi Lisesi edebiyat öğretmenliği, yurt içi ve dışında müfettişlik gibi görevlerde bulunur. 1973 yılında emekli olur. 20 Haziran 1997 yılında Ankara'da vefat eder. Cahit Külebi'nin şiire olan ilgisi Sivas Erkek Lisesinde başlamıştır. 1933-1938 yılları arasında yazdığı şiirlerini çıraklık dönemi ürünleri olarak niteler. 1938 yılından itibaren Gençlik, Sokak, Varlık dergilerinde şiirleri yayımlanır. 1946'da ilk şiir kitabı Adamın Biri, 1949 yılında Rüzgâr, 1952 Atatürk Kurtuluş Savaşında, 1954 Yeşeren Otlar, 1965 Süt, 1973 Türk Mavisi, 1980 Yangın, 1991 Güz Türküleri adlı kitaplarını yayımlar (Çetişli, 1998, s. 43-64).

Külebi, "Şiir Yöntemim" adlı şiirinde bir nevi poetikasını açıklar. Bu şiirde, sözlerini kır çiçeklerine benzetir. Bu kır çiçekleri bir araya gelerek şiirini oluşturur. Şiirleri ise gökyüzüne doğru atılan gümüşten birer mızraktır. Şiirin devamında ise şiirlerini dokunup yol üstüne atılan küçük köylü kilimlerine benzetir. Bu benzetme şairin şiire yaklaşımını da dile getirir. Kilimler, genç kızların söyleyemediklerini sembollerle anlattıkları dokumalardır ve halk kültürünü yansıtırlar. Üzerlerindeki motiflerin her birinin bir anlamı vardır. Külebi de halk kültüründen beslenen ve halk yaşamını anlatan bir şairdir. Bu nedenle şiirlerini kilime benzetmiştir:

ŞİİR YÖNTEMİM

…

“Saçılır kır çiçekleri

Ağzımı açtığım zaman.

Sonra birleşir üçü beşi

Birer gümüşten mızrak olur

Gökyüzüne doğru atılan.

…

İşte doğrusu sözgelimi

Dokuyup yol üstüne attıklarım

Birer küçük köylü kilimi.”

(Külebi, 1998, s. 273, 274)

Kendisinin halk şairlerine benzetilme nedenini yönteminin halk ozanlarına benzemesiyle ilgili olduğunu ifade eder. Bir şiiri yazmaya başlamadaki etkenleri “bir kelime, bir saptama, bir gerçek, bir görüş, bir izlenim, bir konu, bir duygudan yola çıkma” olarak belirtir (Çetişli, 1998, s. 68). Onun şiirlerinde halk şiiri geleneğinin özüne ait unsurlar hissedilmektedir. Kendisi şiirlerinin halk şiiriyle bağlantısı olmasından dolayı övünür ancak bunu bir benzetme olarak görmez. O, şiirlerinde halk şiiri unsurlarını yeni bir anlayış ve kendi kişisel tutumuyla yansıtmaktadır (Binyazar, 1969, s. 9). Külebi, gelenekten yararlansa da onu sürdürmekten ziyade değiştirmek ister. Geleneği olduğu gibi işleyen sanatçıların taklitten öteye gidemediklerini ve unutulduklarını söyler. Ona göre geleneği devam ettirmek ağızlarda dolaşmış bir sakızı yeniden çiğnemek gibidir. Geleneği değiştirmek ise özgün ve kalıcı olmayı sağlar (Onaran, 2004, s. 14). Çetişli, Külebi için “Türk şiirinde, gelenek çizgisine çok yakın ve millî kaynaklardan beslenen, ama kendine has, ferdî ve orijinal bir şiir kozası örme başarısına ulaşmış bir şairimizdir (1998, s. 337).” diyerek onun şiir anlayışını ifade eder. Uğurlu ise Külebi’nin halk şiiri ile Batı şiirini sentezlediğini ve kendine özgü bir şiir tarzı oluşturduğunu belirterek şiirlerinde en fazla işlenen temaları; “Anadolu, Anadolu insanı, aşk, ayrılık, özlem, umut, umutsuzluk, gurbet, ölüm ve tabiat” olarak sıralar (2021, s. 127). Kaplan, onun şiirlerinde insanı bıktırmayan bir dil musikisi olduğunu ve onun bu bakımdan Anadolu halk şairlerine yaklaştığını belirterek şiirlerinde Anadolu toprağından gelen bir ses, koku, renk ve ruh bulunduğunu dile getirir (1996, s. 283). Kısacası Külebi, eserlerinde halk kültürünü ve şiir geleneğini kendine has yorumuyla işlemiştir. Onun şiirlerinde özellikle kendi doğup büyüdüğü Tokat yöresinin gündelik yaşam ve folkloruna ilişkin unsurlar göze çarpar. O, bu unsurları yeni Türk şiirinin şekil ve özüne ait unsurlarla dile getirir.

Hayat hikâyelerini ve sanata yaklaşımlarını verdiğimiz bu iki şairimizin aşka yaklaşımları ve onu somutlaştırarak işlemeleri birbirinin devamı niteliğindedir. Her iki şairin de gerçek hayatta yaşadıkları ve etkilendikleri güzellere olan duygularını dile getirdikleri ve benzer bir üslup kullandıkları söylenebilir.

SOMUT AŞK BAĞLAMINDA KARACAOĞLAN VE CAHİİ KÜLEBİ

Karacaoğlan Türk şiirinde aşka ve güzele yaklaşım itibariyle yeni bir çığır açmıştır. Onun şiirlerinde güzelliğin saf ve doğal hâli aşkın birebir yaşanılan somut örnekleri yer almaktadır. Anadolu insanı Karacaoğlan’ın ifadelerinde kendi duygularından ve yaşamından izler bulur. Bu

nedenle Karacaoğlan halkın içinden halkla hemhal olmuş sıcak ve samimi biri olarak değerlendirilir. Karaer, onun şiirlerindeki temel konunun aşk ve bu aşkın dekorunun tabiat olduğunu belirterek Karacaoğlan'ın platonik aşka hemen hemen hiç yer vermediğini, gördüğü her güzele karşı istek dolu, tutkun ve onlarla senli benli olduğunu ifade eder (1998, s. 33). İlhan Başgöz ise âşık şiirinin sevgilisinin divan şiirimizde olduğu gibi kalıplaştırılmış bir güzel olduğunu ancak bu güzelin gerçek değil düş olduğunu ifade ederek, zaman zaman soyut ve kalıplaşmış bir güzele seslense de halk şiirini bu soyutlamadan kurtaran ve sevgiliyi gerçek olarak ifade eden ilk örneğin Karacaoğlan olduğunu söyler (1977, s. 20, 21).

Karacaoğlan, halk şiirinde yeni bir gelenek ortaya çıkarmıştır. Kendinden önce güzellik ve aşk, soyut ve hayâli kavramlar üzerine kuruludur. Divan şiirinde yaratılan hayalî güzele duyulan aşk ve tasavvufî şiirlerdeki Tanrı aşkı; Karacaoğlan'da adı sanı belli olan gerçek ve somut aşka dönüşmüştür. Karacaoğlan bu yönü ile halk şiirinde yeni bir geleneğin kapısını açmıştır (Yücel, 1992, s. 88). O, şiirlerinde sevdiğinin adını ve hem fiziksel hem de ruhsal yönlerini açıklar. Zeynep de onlardan biridir. Onu rüyasında görmüştür ve bu rüyada Zeynep başka diyarlara göç etmektedir. Onun tatlı tatlı sohbetleri, inci mercan gibi ufak dişleri akılına gelir. Zeynep halden anlamaz, Karacaoğlan'ın yanına gelmez. Karacaoğlan, onun bu davranışlarını aşkı bilmediğine yorar. Yine de ona kul olmak, kollarını boynuna dolamak özlemindedir:

"Dün gece dün gece gördüm düşümde

Göçün çekmiş gider ili Zeyneb'in

İnci, mercan gibi ufak dişinde

Tatlı tatlı söyler dili Zeyneb'in"

… (Öztelli, 1983, s. 179)

Onun şiirlerinde aşkın hikâyesi göze çarpar. Bazı şiirlerinde bu aşkı bir olay örgüsüne bağlı kalarak anlatır. Bu şiirlerden bir tanesi de aşağıdadır. Bu şiirdeki ifadelere göre; âşıklar bir araya gelip konuşmak, hasret gidermek için kendi aralarında buluşma yeri ayarlarlar. Burası genellikle ıssız bir yerdir. Karacaoğlan da sevdiği Suna ile kavilleşerek buluşma yeri ve zamanı ayarlar. Bu buluşmaya Karacaoğlan erkenden gider ancak kız gelmez. Gelmemesinin nedenini uyuyakalmasına, kendisine küsmesine ve buluşmayı unutmasına bağlar. Karacaoğlan, onun sözüne inanmış ve saatlerce orada beklemiş ancak sevdiği ona garez ederek gelmemiştir:

"İlk akşamdan vardım kavil yerine

Öne gördüm, kömür gözlüm gelmedi

Bilmem gaflet bastı yattı uyudu

Bilmem o yâr bize küstü, gelmedi

…

Unuttu mu ahdı, amanı n'etti

Başın alıp gayrı diyara gitti

Benim mecbur olduğumu farketti

Zalım garaz etti, kaçtı gelmedi"

… (Öztelli, 1983, s. 89)

Cahit Külebi'nin şiirlerinde de aşk, Karacaoğlan'da olduğu gibi somut ve gerçektir. Onun sevgi anlayışı bilinen bir sevgiliye yöneliktir. Kadının fiziki ve ruhi nitelikleri, kendi hayatındaki yeri somut bir dille anlatılır. Külebi, pek çok kadın tanımış ve onlara şiirler yazmıştır ama asıl aşk

şiirlerini eşine yazmıştır (Çetişli, 1998, s. 117-121). Cahit Külebi'nin şiirlerinde somut ve gerçek aşkın en güzel örneklerinden birini "İzin" adlı şiirinde görmekteyiz. Şair bu şiiri 1941 yılında askerdeyken yazmıştır. Şiirde eşine olan duygularını sıcak ve samimi bir dille ifade etmekte, ona olan özlemini dile getirmektedir. Sevdiğiyle birlikte sabahları erken kalmak, sobayı yakıp günün doğmasını çay içerek beklemek, tütün rengi saçlar, çay kokulu eller ve gün doğmasıyla bir tutulan ses şairin özlemini duyduğu şeylerdir:

İZİN

"İzin alır gelirsem,

Güleceksin sevincinden,

Sabahları erken kalkacağız

Sobamızı yakacağız,

Saçların güzel olacak tütünümün renginden,

Ellerin çay kokacak

Gün doğacak sesinden."

(Külebi, 1998, s. 51)

"İstanbul'daki" adlı şiirinde Külebi, bir zamanlar sevdiği kadının vasıflarını dile getirmektedir. O, İstanbul'da yaşamaktadır ve hâlden anlayan bir kadındır. Şehzadebaşı ve Gülhane Parkı'nda onunla gezip tozduğu, yanaklarının güz elmasına benzediği anlaşılmaktadır. Külebi, onunla geçirdiği günleri bazen aklına getirse de adını da yüzünü de unutmuştur:

İSTANBUL'DAKİ

"Istanbul'da bir sevdiğim vardı

Keçi yavrusuna benzer,

Rüzgâr eserdi hafiften gözlerinde

Halden anlardı.

…

Adını bile unuttum

Yüzünü de, gemileri de,

Yalnız ara sıra aklıma geliyor

Sabah akşam iş başında

Ve asfalt caddelerde."

(Külebi, 1998, s. 75)

"Esma'nın Hikâyesi" adlı şiirinde, çocukluk arkadaşı olan Esma'yı fiziki ve ruhi nitelikleriyle anlatır. Onunla geçirdiği çocukluk günlerini ve oynadıkları oyunları anımsatır. Şiirin ilk bölümünde Esma, çamurlu çatlak elleriyle ve pırıl pırıl bakışıyla şairle aynı kalaylı tastan su içen bir kız çocuğudur. İkinci bölümde Külebi, yıllar sonra tekrar gördüğü Esma'yı hüzünlü bir dille ifade eder. Bir parkın önünde Esma'yla karşılaşır ve yanına oturur. Esma çok değişmiş, eski neşesinden bir iz kalmamıştır. Gözleri ve yanakları solgun, bakışları bomboştur. Saatlerce konuşmadan otururlar, sanki ayaklarının ucundaki dökülen yapraklarda kaybettikleri yıllarını aramaktadırlar:

ESMA'NIN HİKÂYESİ

“Esma'yla çocukluğumuzda
Sokakta oynadığım zamanlar
Dizge çorap giyerdi,
Yalınayak gezerdim.
…
Öyle saatlerce oturduk
Bir çift söz edemedik.
Ayağımızın dibinde, yaprakların içinde
Bir şey yitirmiş gibiydik...”

(Külebi, 1998, s. 89, 90)

Külebi, asıl aşk şiirlerini eşine yazmıştır. Süheyla Hanım ile üniversite yıllarındayken tanışmışlar ve 1942 yılında evlenmişlerdir. Gençlik aşkı diyebileceğimiz bu aşk, yaşamları boyunca devam etmiştir. 1948 yılında yazdığı “S II” adlı şiirinde bunu açıkça görmekteyiz. Onun kolları, gülüşü, konuşması ve çocukça hâlleri şairi dünyaya bağlar. Külebi aşklarını türküye benzetir. Bu türkülerden biri de eşidir. Onun güzelliğine yine türküler çağırmak istediğini dile getirir. Evliliklerinden iki erkek çocukları olmuştur. Şiirde onların sokakta oynamasını kedilere benzetir. Şair, yılların geçip gitmesini saçlarının ağarmaya başlamasını çocuklarının bu hâllerine bakarak umursamaz. Eşine de bu yönde öğütler verir:

S II

…
“On iki sene dile kolay
Bak, ikimizin de ağardı saçlarımız.
Aldırma oynaşıyor ya sokakta
İki erkek kedi gibi çocuklarımız.

Başka türküler çağırdığım çok olmuştur
Bir tanesi var ki o da sensin.
Bırak yine çağırayım S.
Nasıl olsa güzelsin.”

(Külebi, 1998, s. 82)

Külebi, “Dağıtmıyor Karanlığı” adlı şiirini eşinin ölümünden sonra kaleme almıştır (Onaran, 2004, s. 19). Şiirde eşi Süheyla Hanım’a olan sevgi ve özlemini dile getirmektedir. Ölümün çaresizliği dağılan bulutlar, boşalan göller ve akan derelerle ifade edilmiştir. Hayatın gelip geçiciliği gölgelerin ve sudaki yansımaların kaybolmasına benzetilmiştir:

DAĞITMIYOR KARANLIĞI

“Dağıtamıyor karanlığı özlemim bile
Ey ak bulutların yansıması sen yoksun artık!

Geri gelmiyor yaşantı ölümden sonra.

Hiç boşalmış göller döner mi geriye?

Küçük gümüşten derelerdin sen, akıp gittin!

İnce ince. Yitirdim seni.

Daldırdım ellerimi gölgeni tutamadım.

Bırakmadın yüzünü sularda bile."

… (Külebi, 1998, s. 267)

ÂŞIK OLUNAN GÜZELLER BAĞLAMINDA KARACAOĞLAN VE CAHİT KÜLEBİ

Karacaoğlan âşık olduğu güzelleri çevreleriyle beraber betimleyerek şiirine yansıtır. Aşağıdaki koşmada, öğlenin sıcağında susayan ve bir dağın sırtından pınara su içmeye inen altı kız tasvir edilmiştir.[1] Kızların boy pos gibi vücut özelliklerine de şiirde yer verilmiştir. Üçü uzun, üçü orta boyludur. Kızlar beyaz ceylanlara ve kınalı kekliklere benzer. Adları da Hatçe, Ayşe ve Emine'dir. Kızların pınardan gidişi Karacaoğlan'ı çok üzer. Hatta pınar bile onların gidişine ağlamaktadır. Pınarın oluğundan akıttığı sular gözyaşlarını temsil eder. Karacaoğlan hem kendi derdine hem de pınara yanar ve bunu bir tablo gibi göz önüne serer:

"Akça kızlar göç eyledi yurdundan

Koç yiğitler deli oldu derdinden

Gün öğle sonu da belin ardından

Saydım altı güzel indi pınara

Üçü uzun boylu, kaşların süzer

Üçü orta boylu, zülfünü düzer

Sandım akça ceran çöllerde gezer

San kınalı keklik indi pınara

…

Karac'oğlan bunu böyle söyledi

İndi aşkın deryasını boyladı

Kızlar gitti diye pınar ağladı

Acıştım, yüreğim yandı pınara"

(Öztelli, 1983, s. 61).

Güzellerin âşığa karşılık vermesi Karacaoğlan'a kadar şiirimizde pek görülmez. Hatta divan şiirinde güzelin kendisine âşık olunduğundan haberi bile yoktur. Halk şiirinde de ozanlar genellikle varlığı belli olmayan bir güzele şiirler yakarlar. Karacaoğlan'da bu durum değişmiş, sevgili ete kemiğe bürünmüştür. Hatta sevgili âşığına cilveler dahi yapmaktadır. Başgöz, Karacaoğlan'ın şiirlerinde sevgilinin kendisini âşığına sunacak kadar cömert olduğunu belirtir.

[1] Burada geçen bel kelimesi, toprağı aktarma (bellemek) anlamına da gelmektedir.

Onlar aşka ve sevgiye karşılık veren güzellerdir ve başka diyarlara gitmeye kalkan Karacaoğlan'ın boynuna sarılarak onu yolundan döndürürler, ona çadırlarını ve sinelerini açarlar (1977, s. 22).

Pınar başındaki sevgiliye söylenmiş aşağıdaki şiirde bu durum açıkça görülmektedir. Güzel, testisi elinde pınar başında beklemektedir. Sıcaktan terlemiş vücudu ve çapraz iliklenmiş düğmeleri ile âşığın aklını başından almakta onun bulunduğu yerden nispet eder gibi geçerek ve geçerken düğmelerini açarak âşığı daha da yakmaktadır. Karacaoğlan ise ona kavuşmanın özlemi ile hayaller kurmaktadır:

"Testisini almış pınara gelmiş

Terlemiş memeler yeni tomurmuş

Has yıldız düğmeler çapraz vurulmuş

Seherde göğsünü çöz, kara gözlüm

…

Sabahtan seherden burdan geçersin

Nisbet için ak göğsünü açarsın

Bir gün olur kollarıma düşersin

Hayfımı alırım kız, kara gözlüm"

… (Öztelli, 1983, s. 154, 155)

Karacaoğlan'ın aşkı gerçektir ve âşık olduğu kızların adı sanı bellidir. "Elif, Anşa, Hatça, Emine, Zeynep, Hürü" bu kızlardan bazılarıdır. Bazen; Ermeni, Gürcü, Rum, Arap ve sarışın Frenk güzellerinden bahsettiği, kendi yurdundan başka güzellere de sevdalandığı görülür ama o gurbet ellerde bile yurdunun güzellerinin hasretiyle yanıp tutuşmaktadır (Cunbur, 2008, s. XX). Aşağıdaki koşmada âşık olduğunu ifade ettiği kız, Mahmut Bey'in kızıdır. Bu kız kendisine ulaşmanın çok zor olduğunu belirtir. O, saray gibi bir evde oturmaktadır ve her aşığa gönlünü açmak niyetinde değildir. Kıymet bilen yiğit bir âşık ister. Karacaoğlan ise kendisini onun aradığı bir tarzda tarif ederek gerekirse onu para ile satın alabilecek güçte olduğunu ifade eder:

"Kız da der ki, ben bir emlek kuzuyum

Anamın, babamın iki gözüyüm

Şu dağlarda Mahmut Bey'in kızıyım

Yiğit ister koldan kola sarmaya

…

Karac'oğlan der ki geldim kapına

Mayil oldum cemâline, yapına

Baban senin ne istiyor tapuna

Para ile geldim satın almaya"

(Öztelli, 1983, s. 62)

Hem klasik Türk şiirinde hem de 17. yüzyıl öncesi halk şiirinde aşk üzerine yazılan şiirler kavuşmayla nihayetlenmez. Bu şiirlerde kavuşma ve bir araya gelme amacı da güdülmez. Şiirlerdeki asıl amaç kavuşma uğruna çekilen ıstırabın anlatılmasıdır. Bu yolda çekilenler âşık

için birer ödüldür. Oysa Karacaoğlan sevdiğine kavuşmuş ve onu öpme şansını da yakalamıştır. Ancak bu öpmenin boyutu yanaktan dişlemeyle sonuçlanınca Karacaoğlan bundan pişman olmuştur. Bunu bir hata ve şer olarak görür. Öpmek isterken dişleyen dişlerine de beddua ederek onları kurtların yemesini ve çürümesini ister:

…

“Dinleyin ağalar hata işledim

Hayrı bıraktım da şerre başladım

Öpem derken al yanaktan dişledim

Kurt yiyip de çürüyesi dişinen”

… (Öztelli, 1983, s. 162)

Kadınlar güzellikleriyle ve kendilerine duyulan aşkla şiirlerin ilham kaynağıdır. Divan ve halk şiirinde görülen hayalî kadınların güzellikleri ve ulaşılamayan soyut aşk, Karacaoğlan’da ve Cahit Külebi’de gerçek ve ulaşılan somut aşka dönüşmüştür. Sevgililerin isimleri ve hatta yaşadıkları yerler dahi şiirlere işlenmiştir. Külebi, “Kadınlar I” adlı şiirinde kadınları, çiçeklenmiş narin ağaçlara benzetir ve onların insanın içini güneş gibi ısıttığını dile getirir. Ona göre kadınların içi semaver gibi fıkır fıkır kaynar, hele bazıları vardır ki ak topukları ve beyaz gerdanlarıyla tüy döşekler kadar yumuşaktırlar.

Külebi, kadını cinsel bir unsur olarak görmez, erotik dizelerde bile onu yüceltir, sıcak ve sevimli olarak tarif eder. Onun şiirlerinde kadının güzelliğine hayran olunur (Timuroğlu, 1995, s. 185). “Eski Bahçe” adlı şiirinde, şiirin adından da belli olduğu gibi eski aşklarına seslenir. Her kapı çalışında geçmişten gelen bir şeyler bekler ama umduğunu bulamaz. Uğruna dövüştüğü Sivas’taki ilk göz ağrısı, Bursa’daki komşu kızı bunlar arasındadır:

ESKİ BAHÇE

“Kapım çalındıkça açıyorum,

Hayaller doluyor birer ikişer,

Bir sen gelmiyorsun, kayıp!

Bahçemdeki beyaz gül yeşer.

Dönüyorum, mahzun, kapayıp…”

... (Külebi, 1998, s. 123)

Şiir duyguları dışa vurmanın en güzel ve etkili yoludur. Bu duyguların ortaya çıkmasına neden olan bazı etkenler vardır. Şair, çoğu zaman bunlardan ilham alarak şiirler yazar. Bu şiirler aşk, ayrılık, özlem, doğa gibi bireysel konuların yanında aile, halk, memleket gibi toplumsal temaları yansıtabilir. Külebi, “Şiir Yöntemim” adlı şiirinde ilham kaynaklarını usta olarak niteler:

ŞİİR YÖNTEMİM

…

“Üçüncü ustamdı kadınlar.

Tekdüze yaşantıya.

Kaynar dururlar semaver gibi.

Onlar öğretti bana sevgiyi.

Gözleri çıra gibi yanar.

Ak badem olur tenleri.

Güvercin kanadına benzer elleri.”

… (Külebi, 1998, s. 274)

Onu şiir yazmaya sevk eden bu ustalarıdır. İlk ustası halk, ikincisi doğa iken onu şiir yazmaya iten ve ona şiiri öğreten üçüncü önemli etken kadınlardır. Onlar şaire sevgiyi öğretmişlerdir ve ustalıkları semaver gibi kaynamalarından, güvercin kanadına benzeyen ellerinden, ak badem tenlerinden gelir.

SONUÇ

Başlangıçtan günümüze şiir duyguların ifade edildiği en etkili edebî türlerden birisidir. Duygu, coşku ve hayaller şiirlerle dile getirilir. Bu duygu, coşku ve hayaller daha çok sevgi, aşk ve güzellik temleri üzerinden sunulur. Kadınlar güzellikleriyle ve kendilerine duyulan aşkla şiirlerin ilham kaynağıdır. Halk ve divan şiirinde hayalî ve kalıplaşmış güzellere yazılan, söylenen şiirler vardır. Buradaki güzellerin adı sanı belli değildir. Ulaşılamayan bu sevgililer âşığı umursamazlar ve hatta bu aşktan haberleri dahi yoktur. Bu aşk kimi zaman ilahî aşka da dönüşür. İlahi aşkın diğer bir ifadesi tasavvufi manasına göre hakiki yani gerçek aşktır. Bu gerçek aşkın karşısında mecazi yani bu dünyadaki varlıklara duyulan aşk yer alır. Mecazi aşkın temelinde, insanın karşı cinse duyduğu aşırı sevgi anlamına gelen aşk yer alır. Bu aşk şiirlere konu olmuş, şairlerin ilham kaynağı olmuştur. Zaman zaman da şiirlerde işlenen aşk temasının ilahi mi mecazi mi, gerçek mi hayali mi, somut mu soyut mu gibi tartışmalara neden olduğu da bilinmektedir. Bunda belki de şairlerin mecazi yani somut aşklarını gizlemek için ilahi aşkı veya soyut adı sanı belli olmayan bir güzeli perde olarak kullanmaları etkili olmuştur denebilir. Bu gizleme anlayışı bir gelenek olarak hemen hemen 17. yüzyıla kadar devam etmiştir.

Halk şiirinde 17. yüzyılda Karacaoğlan yeni bir çığır açarak bu geleneği değiştirmiş adı sanı belli olan yaşadığı yerler bilinen güzellere şiirler söylemiştir. Onun şiirlerinde güzelliğin saf ve doğal hâli aşkın birebir yaşanılan somut örnekleri yer almaktadır. Kimi şiirlerinde ise bu aşkın hikâyesini olay örgüsüyle anlatır. Anadolu insanı, Karacaoğlan’ın ifadelerinde kendi duygularından ve yaşamından izler bulmuş, bu nedenle şiirleri ve kendisi unutulmamış yüzyıllarca yaşatılmıştır.

Cahit Külebi ise kendine has şiir geleneği olan Karacaoğlan’dan sevgiliye yaklaşım, aşk ve güzellik konularında yararlanmış, onun geleneğini devam ettirmiş, bu geleneği kendine has yorumlayarak ve değiştirerek özgün yapıtlar ortaya koymuştur. O, “Şiir Yöntemim” adlı şiirinde şiir poetikasını açıklamakta, sözlerini kır çiçekleri olarak nitelemektedir. Bu kır çiçekleri bir araya gelerek şiirini oluşturmaktadır. Şiirlerini ise gökyüzüne doğru atılan gümüşten birer mızrağa ve dokunup yol üstüne atılan küçük köylü kilimlerine benzetmektedir. Çünkü onun şiirleri de tıpkı kilimlerdeki motifler gibi derin anlamlar ve duygular ifade etmektedir. Bu benzetmeler onun halk kültürüne ne kadar yakın olduğunu göstermektedir. Ancak o halk kültürünü halk şairlerinden farklı olarak kendine özgü bir üslupla işler. Cahit Külebi’nin halk kültürüne yakınlığı, halk şairi olan Karacaoğlan’a duyduğu hislerinde de kendini göstermektedir. O, Karacaoğlan’ı bacanak olarak görür ve “Karacaoğlan’a” adlı şiirinde ona olan hissî yakınlığını dile getirir. Bu şiirdeki sıcak ve samimi ifadeler aslında iki şairin ortak yönlerine de işaret eder. Cahit Külebi de Karacaoğlan gibi somut ve gerçek aşkı dile getirmiş, hayatı boyunca karşılaştığı kimi güzellere şiirler yazmıştır. “İstanbul’daki ve Esma’nın Hikâyesi” adlı şiirlerinde bu durum açıkça görülür. Asıl aşk şiirlerini ise eşine yazmıştır. “İzin, SII ve Dağıtmıyor Karanlığı” adlı şiirleri bunlardan bazılarıdır. Bu iki şairin

şiirlerinde aşka ve güzellere yaklaşımları itibariyle görülen benzerlikler Cahit Külebi'nin de "Karacaoğlan'a" adlı şiirinde bizzat belirttiği gibi onların bacanak olarak nitelenmesini sağlamaktadır.

KAYNAKLAR

Aktulum, K. (2007). *Metinlerarası İlişkiler*. İstanbul: Öteki Yayınevi.

Başgöz, İ. (1977). *Karac'oğlan*. İstanbul: Cem Yayınevi.

Binyazar, A. (1969). Cahit Külebi İle. *Varlık*, Sayı: 745. s. 9.

Cunbur, M. (2008). *Karacaoğlan*. İstanbul: Çağrı Yayınları.

Çetin, N. (2012). *Yeni Türk Şiirinde Geleneğin İzleri*. Ankara: Akçağ Yayınları.

Çetişli, İ (1998). *Cahit Külebi ve Şiiri*. Ankara: Akçağ Yayınları.

Kaplan, M. (1996). *Şiir Tahlilleri 2*. İstanbul: Dergâh Yayınları.

Karaer, M. N. (1988). *Karacaoğlan*. Ankara: Kültür ve Turizm Bakanlığı Yayınları.

Köprülü, M. F. (2004). *Saz Şairleri*. Ankara: Akçağ Yayınları.

Külebi, C. (1998). *Bütün Şiirleri*. İstanbul: Adam Yayınları.

Onaran, M. Ş. (2004). *A'dan Z'ye Cahit Külebi*. İstanbul: Yapı Kredi Kültür Yayınları.

Öztelli, C. (1983). *Karaca Oğlan Bütün Şiirleri*. İstanbul: Özgür Yayın-Dağıtım.

Timuroğlu, V. (1995). *Cahit Külebi Hırçın ve Lirik*. Ankara: Başak Yayınları.

Uğurlu, Y. S. (2021). Cahit Külebi'nin Şiirlerinde Umut ve Umutsuzluk. *Kültürk*, (3), 125-135. https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/1496949 (05.12.2023).

Yardımcı, M. (t.y.). Şiirini Halk Şiirinin Gür Kaynağından Besleyen Cahit Külebi ve Şiir Dünyası. *Folklor/Edebiyat*, S.15, s. 37-63. https://turkoloji.cu.edu.tr/HALKBILIM/yardimci_05.pdf (05.12.2023).

Yücel, A. (1992). *Karacaoğlan*. İstanbul: Altın Kitaplar.

SYNTHESIS AND CHARACTERIZATION OF MAGNETIC POLY (TETRAHYDROFURFURYL METHACRYLATE) FROM RENEWABLE-SOURCE

Dr. Öğr. Üyesi Nuran ERDURAN

Kırıkkale Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Kimya Bölümü, Kırıkkale, Türkiye

ORCID ID: https://orcid.org/0000-0002-3920-0830

ÖZET

Sürdürülebilir malzemelere olan artan ihtiyaç, polimer biliminde biyokütle kaynaklı monomerlerin kullanımına yönelik ilgiyi artırmıştır. Yenilenebilir kaynaklardan elde edilen furan türevi bir monomer olan tetrahidrofurfuril metakrilat (THFMA), fonksiyonel yapısı ve modifiye edilebilirliği sayesinde dikkat çekmektedir. Bu çalışmada, poli(tetrahidrofurfuril metakrilat) (pTHFMA) ve Fe_3O_4 nanoparçacıkları içeren manyetik türevi, manyetik poli(tetrahidrofurfuril metakrilat) (Mag-pTHFMA), emülsiyon polimerizasyonu yöntemi ile sentezlenmiştir. Polimerizasyon sürecinde çapraz bağlayıcı olarak allil metakrilat (AMA) ve emülgatör olarak ise sodyum dodesil sülfat (SDS) kullanılmıştır.

Sentezlenen polimerlerin yapısal özellikleri Fourier dönüşümlü kızılötesi (FT-IR) spektroskopisi ve taramalı elektron mikroskobu (SEM) ile incelenmiştir. FT-IR analizinde, monomere ait yaklaşık 1638 cm^{-1}'de gözlenen vinilik C=C gerilme bandının pTHFMA'da belirgin şekilde azaldığı ve Mag-pTHFMA'da tamamen kaybolduğu belirlenmiş, bu durum polimerleşmenin başarılı bir şekilde gerçekleştiğini göstermiştir. Ayrıca 1318–1295 cm^{-1} aralığındaki bantların azalması, monomerden polimer yapısına dönüşümü desteklemektedir. Tüm numunelerde 1716–1724 cm^{-1} aralığında gözlenen ester karbonil (C=O) bandının korunması, polimer omurgasının yapısal bütünlüğünü doğrulamaktadır. Manyetik polimerde yaklaşık 589 cm^{-1}'de ortaya çıkan Fe–O bandı ise Fe_3O_4 nanoparçacıklarının polimer matrise başarıyla entegre edildiğini göstermektedir.

SEM analizleri, pTHFMA'nın homojen bir morfolojiye sahip olduğunu, Mag-pTHFMA'nın ise daha kompakt ve agregat bir yapı sergilediğini ortaya koymuştur. Bu durum, manyetik nanoparçacıkların varlığına bağlı olarak yüzey morfolojisinin önemli ölçüde değiştiğini göstermektedir.

Sonuç olarak, elde edilen bulgular yenilenebilir kaynaklı bir monomer olan THFMA'nın başarılı bir şekilde polimerleştiğini ve Fe_3O_4 katkısı ile yapısal ve morfolojik olarak farklılaşan bir polimer sisteminin geliştirildiğini göstermektedir. Emülsiyon polimerizasyonu ile eşzamanlı olarak gerçekleştirilen in situ manyetik nanoparçacık oluşumu, polimer matrisi içerisinde homojen dağılımın sağlanmasına olanak tanımıştır. Bu yaklaşım, modifiye edilebilir ve fonksiyonel polimer sistemlerinin geliştirilmesi açısından önemli bir avantaj sunmaktadır. Elde edilen bu modifiye edilebilir ve fonksiyonel yapıdaki polimerlerin ileri çevresel ve endüstriyel uygulamalar için önemli bir potansiyel sunduğu değerlendirilmektedir.

Anahtar kelimeler: Poli(tetrahidrofurfuril metakrilat); Yenilenebilir Kaynaklar; Emülsiyon Polimerizasyonu; Manyetik Polimer

ABSTRACT

The growing need for sustainable materials has increased interest in using biomass-derived monomers in polymer science. Tetrahydrofurfuryl methacrylate (THFMA), a furan-derived monomer obtained from renewable sources, has attracted attention due to its functional structure and modifiability. In this study, a magnetic derivative (Mag-pTHFMA) containing poly(tetrahydrofurfuryl methacrylate) (pTHFMA) and Fe_3O_4 nanoparticles was synthesized using the emulsion polymerization method. During the polymerization process, allyl methacrylate (AMA) was used as a cross-linking agent and sodium dodecyl sulfate (SDS) as an emulsifier.

The structural properties of the synthesized polymers were investigated using Fourier transform infrared (FT-IR) spectroscopy and scanning electron microscopy (SEM). In the FT-IR analysis, the vinyl C=C stretching band observed at approximately 1638 cm^{-1} in the monomer was significantly reduced in pTHFMA and was completely absent in Mag-pTHFMA, indicating successful polymerization. Additionally, the decrease in the bands in the 1318–1295 cm^{-1} range supports the transformation from monomer to polymer. The preservation of the ester carbonyl (C=O) band observed in the 1716–1724 cm^{-1} range in all samples confirms the structural integrity of the polymer backbone. The Fe–O band observed at approximately 589 cm^{-1} in the magnetic polymer indicates the presence of Fe_3O_4 nanoparticles.

SEM analyses revealed that pTHFMA exhibits a homogeneous morphology, whereas Mag-pTHFMA displays a more compact and aggregated structure. This indicates that the surface morphology changes significantly due to the presence of magnetic nanoparticles.

In conclusion, the findings demonstrate that THFMA, a monomer derived from renewable sources, polymerizes successfully, and that a polymer system with distinct structural and morphological characteristics has been developed through the incorporation of Fe_3O_4. The in situ formation of magnetic nanoparticles, carried out simultaneously with emulsion polymerization, has enabled a homogeneous distribution within the polymer matrix. This approach offers a significant advantage for the development of modifiable and functional polymer systems. It is assessed that the resulting modifiable and functional polymers hold significant potential for advanced environmental and industrial applications.

Keywords: Poly(tetrahydrofurfuryl methacrylate); Renewable Resources; Emulsion Polymerization; Magnetic Polymer

GİRİŞ

Sürdürülebilir malzemelere olan artan ihtiyaç, polimer biliminde biyokütle kaynaklı monomerlerin kullanımına yönelik ilgiyi önemli ölçüde artırmıştır. Bu kapsamda, yenilenebilir kaynaklardan elde edilen ve çevre dostu alternatifler sunan bileşikler, günümüzde yoğun araştırma konusu haline gelmiştir (Rubio ve ark., 2025).

Furanlar, biyokütle kaynaklı yenilenebilir monomerler arasında yer alan ve bir oksijen atomu içeren beş üyeli heterosiklik bileşiklerdir. Özellikle asetil furan, 2,5-dihidro-2,5-dimetoksifuran (DHMF), 2,2-difurilpropan ve çeşitli pirol türevleri gibi özel kimyasalların üretiminde kullanılmaları, ayrıca ilaç, ince kimyasallar ve polimer bilimi ve teknolojisindeki uygulamaları, furan kimyasını önemli bir araştırma alanı haline getirmiştir (Fellah, 2017; Gandini ve Belgacem, 1997; Erduran ve ark., 2025).

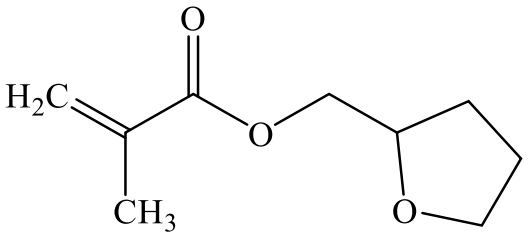
Tarımsal ve ormancılık atıklarında bulunan pentoz (C5) ve heksoz (C6) şekerlerin asit katalizli hidrolizi ve dehidrasyonu sonucunda sırasıyla furfural ve 5-hidroksimetilfurfural (HMF) elde edilmektedir (Gandini, 2010). Bu bileşikler, çok sayıda furan türevinin sentezinde temel öncül

maddeler olarak kullanılmaktadır (Li ve ark., 2016; Gandini ve ark., 2016; Menegazzo ve ark., 2018). Özellikle furfural, lignoselülozik biyokütleden elde edilen yenilenebilir bir platform kimyasal olup, biyoyakıtlar ve yüksek katma değerli kimyasalların üretiminde önemli bir rol oynamaktadır (Jaswal ve ark., 2022).

Bu bağlamda, furan türevi bir monomer olan THFMA, içerdiği ester grupları, modifiye edilebilir yapısı ve yüksek reaktiviteye sahip metakrilat fonksiyonelliği sayesinde fonksiyonel polimerlerin sentezi için uygun bir aday olarak öne çıkmaktadır. THFMA'nın emülsiyon polimerizasyonu ile biyobazlı ve fonksiyonel sistemlerde etkin bir şekilde kullanılabilirliği literatürde vurgulanmaktadır (Rubio ve ark., 2025; Cho ve ark., 2018, Rajdeo ve ark., 2015; Rajendrakumar ve Dhamodharan, 2009). Ayrıca poli(THFMA)'nın mekanik ve termal özelliklerinin incelendiği çalışmalar da bu polimerin fonksiyonel malzeme uygulamaları açısından potansiyelini ortaya koymaktadır (Amanpour ve Sharifi-Sanjani, 2017) (Şekil 1).

Son yıllarda, manyetik nanoparçacıklar içeren polimer sistemleri, kolay ayrılabilirlik ve fonksiyonel özellikleri nedeniyle çeşitli uygulamalarda önem kazanmıştır. Özellikle adsorpsiyon uygulamalarında, manyetik polimer sistemlerin yüksek verimlilik ve kolay geri kazanım avantajı sunduğu literatürde gösterilmiştir (Xie ve ark., 2025; Najafi ve ark., 2024). Ancak bu tür sistemlerde manyetik nanoparçacıkların polimer matrisi içerisinde homojen dağılımının sağlanması önemli bir zorluk olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu nedenle, polimerizasyon süreci ile eş zamanlı olarak gerçekleştirilen yaklaşımlar, daha kontrollü ve bütünleşik yapıların elde edilmesi açısından dikkat çekmektedir.

Bu çalışmada, THFMA monomeri kullanılarak emülsiyon polimerizasyonu yöntemi ile pTHFMA sentezlenmiş ve polimerizasyon süreci ile eş zamanlı olarak gerçekleştirilen in situ manyetik nanoparçacık oluşumu ile manyetik türevi (Mag-pTHFMA) elde edilmiştir. Elde edilen sistemlerin yapısal ve morfolojik özellikleri Fourier dönüşümlü kızılötesi (FTIR) spektroskopisi ve taramalı elektron mikroskobu (SEM) ile incelenmiştir.



Şekil 1. THFMA'nın kimyasal yapısı

MATERYAL VE METOT

Materyaller

THFMA, allil metakrilat (AMA, çapraz bağlayıcı), sodyum dodesil sülfat (SDS, emülgatör), amonyum persülfat (APS, başlatıcı), demir(III) klorür hekzahidrat ($FeCl_3 \cdot 6H_2O$), demir(II) sülfat heptahidrat ($FeSO_4 \cdot 7H_2O$) ve amonyak çözeltisi (NH_3) ticari olarak temin edilmiş ve saflaştırma yapılmaksızın kullanılmıştır. Tüm çözeltiler deiyonize su ile hazırlanmıştır.

pTHFMA sentezi

pTHFMA, emülsiyon polimerizasyonu yöntemiyle sentezlenmiştir (Lovell ve Schork, 2020 ; Rubio ve ark., 2025). Sulu fazda SDS emülgatör ve amonyum persülfat (APS) başlatıcı varlığında reaksiyon sistemi inert atmosfer altında yaklaşık 70 °C'de yürütülmüştür. THFMA ve çapraz bağlayıcı olarak kullanılan AMA, sulu faza damla damla ilave edilerek

polimerizasyon reaksiyonu sürekli karıştırma altında gerçekleştirilmiştir. Reaksiyon sonunda pTHFMA partikülleri elde edilmiştir.

Mag-pTHFMA Sentezi

Mag-pTHFMA, emülsiyon polimerizasyonu süreci sırasında gerçekleştirilen eş zamanlı bir yaklaşımla sentezlenmiştir. THFMA ve AMA'nın reaksiyon ortamına ilavesini takiben, Fe^{3+} ve Fe^{2+} tuz çözeltileri 2/1 oranında sisteme dahil edilmiştir. Reaksiyon ortamı inert atmosfer altında tutulmuş ve karıştırma devam ettirilmiştir. Ardından amonyak ile bazik ortam sağlanarak Fe^{2+}/Fe^{3+} iyonlarından in situ Fe_3O_4 oluşumu gerçekleştirilmiştir. Bu süreçte gözlenen renk değişimi, manyetik nanoparçacıkların oluştuğunu göstermektedir (Erduran ve Işılar, 2024).

Elde edilen manyetik polimer, mıknatıs yardımıyla ayrılmış, saf su ile yıkanmış ve kurutularak kullanıma hazır hale getirilmiştir.

Bu yaklaşım, polimer oluşumu ile manyetik nanoparçacık sentezinin eş zamanlı gerçekleştirilmesine olanak sağlayarak daha homojen ve bütünleşik bir kompozit yapı elde edilmesini mümkün kılmaktadır.

SONUÇLAR VE TARTIŞMA

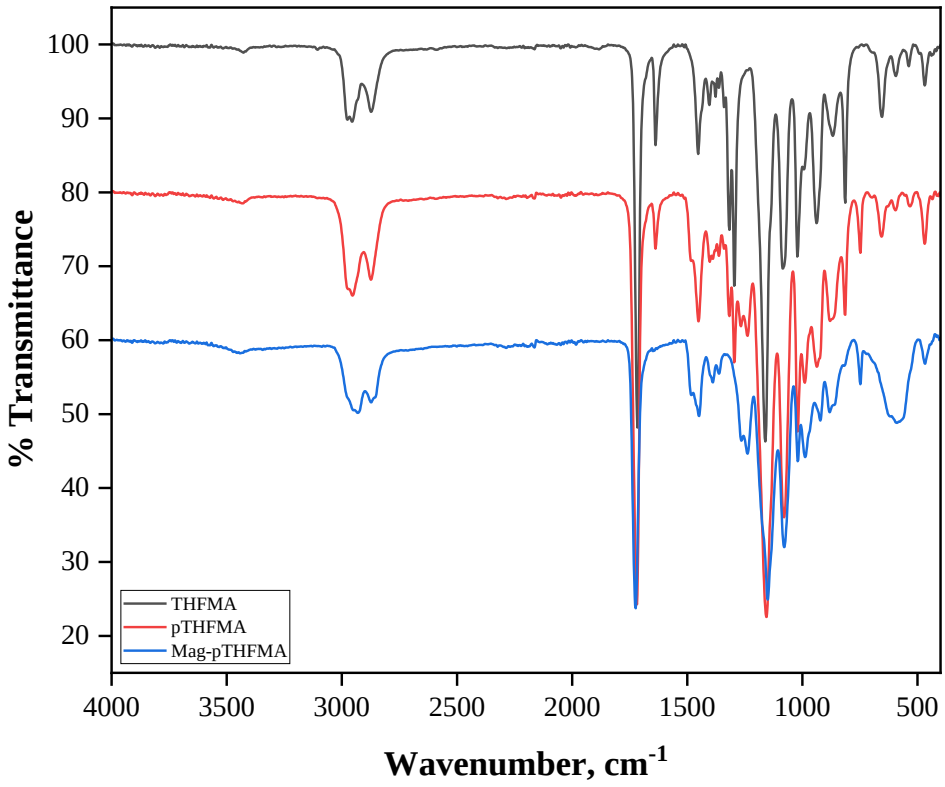
FT-IR Analizi

THFMA, pTHFMA ve Mag-pTHFMA'ya ait FT-IR spektrumları Şekil 2'de verilmiştir. THFMA monomerine ait spektrumda yaklaşık 1638 cm^{-1} civarında gözlenen vinilik C=C gerilme bandı, metakrilat fonksiyonel grubunun varlığını göstermektedir (Amanpour ve Sharifi-Sanjani, 2017). Polimerleşme sonrasında bu bandın pTHFMA spektrumunda belirgin şekilde azaldığı ve Mag-pTHFMA spektrumunda tamamen kaybolduğu gözlenmiştir. Bu durum, vinilik çift bağların polimerizasyon sırasında açıldığını ve polimer yapının oluştuğunu açıkça göstermektedir.

Benzer şekilde, monomer spektrumunda gözlenen 1318 ve 1295 cm^{-1} bantlarının polimerleşme sonrasında zayıflaması ve manyetik polimerde tamamen ortadan kalkması, polimerleşme sürecini destekleyen ek bir kanıt sunmaktadır.

Tüm numunelerde yaklaşık 1716–1724 cm^{-1} aralığında gözlenen ester karbonil (C=O) bandının korunması, polimer omurgasının yapısal bütünlüğünü koruduğunu göstermektedir. Ayrıca, 2950–2870 cm^{-1} aralığında gözlenen alifatik C–H gerilme titreşimleri ile 1230–1020 cm^{-1} aralığındaki C–O ve C–O–C gerilme bantları, ester ve tetrahidrofurfuril halkasına ait yapısal birimlerin polimer yapısı içerisinde bulunduğunu doğrulamaktadır.

Mag-pTHFMA spektrumunda yaklaşık 589 cm^{-1} civarında ortaya çıkan yeni bant, Fe–O gerilme titreşimine karşılık gelmekte olup, Fe_3O_4 nanoparçacıklarının polimer matrise başarıyla dahil edildiğini göstermektedir. Bu bulgu, manyetik yapının oluştuğunu açıkça ortaya koymaktadır (Winiarczyk ve ark., 2021).



Şekil 2. THFMA, pTHFMA ve Mag-pTHFMA'ya ait FT-IR spektrumları.

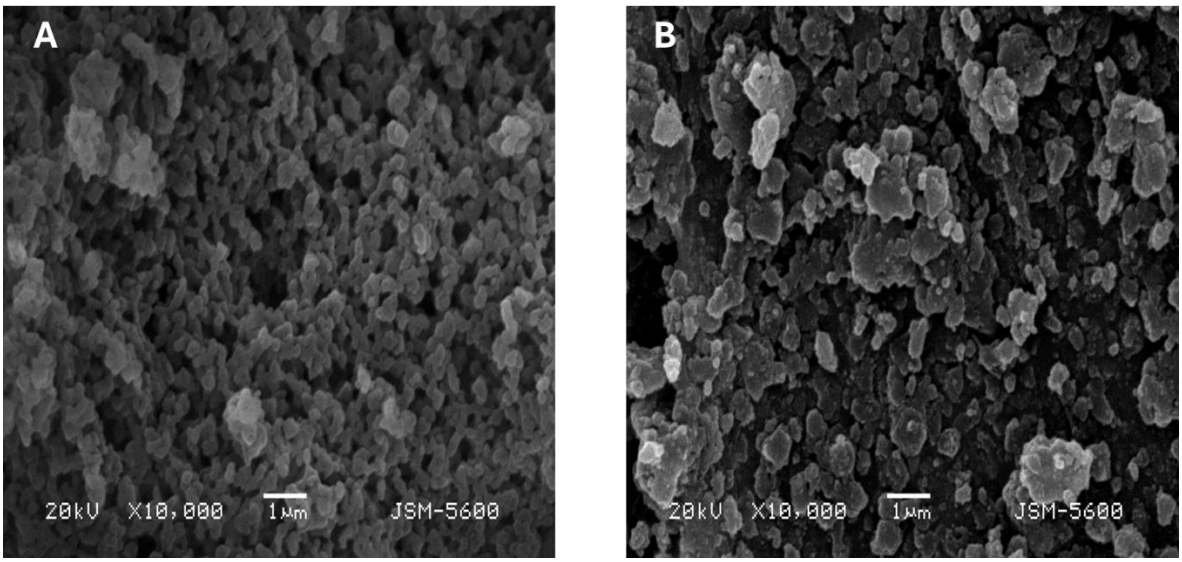
SEM Analizi

pTHFMA ve Mag-pTHFMA'ya ait SEM görüntüleri Şekil 3'te verilmiştir. pTHFMA numunesinin nispeten daha homojen dağılım gösteren, gevşek ve granüler yapıda partiküllerden oluştuğu gözlenmiştir. Partiküller düzensiz morfolojiye sahip olmakla birlikte, manyetik polimere kıyasla daha düşük düzeyde agregasyon sergilemektedir (Şekil 3A).

Buna karşılık, Mag-pTHFMA numunesinin daha yoğun, kompakt ve belirgin agregat yapı sergilediği tespit edilmiştir. Gözlenen bu yoğun kümelenme, Fe_3O_4 nanoparçacıklarının varlığına bağlı olarak oluşan manyetik etkileşimlerle ilişkilendirilmektedir. Ayrıca, yüzeyde gözlenen granüler ve heterojen yapı, nanoparçacıkların polimer matrise dağıldığını göstermektedir (Şekil 3B).

Mag-pTHFMA'nın pürüzlü ve heterojen yüzey yapısı, yüzey alanı ve aktif bölge sayısının artmasına katkı sağlayabilecek bir özellik olarak değerlendirilmektedir. Bu morfolojik farklılık, materyalin özellikle adsorpsiyon gibi yüzey tabanlı uygulamalarda performansını artırabilecek potansiyel bir avantaj sunmaktadır.

Genel olarak değerlendirildiğinde, manyetik katkının yalnızca ayırma kolaylığı sağlamadığı, aynı zamanda polimerin morfolojik özelliklerini de önemli ölçüde değiştirdiği görülmektedir.



Şekil 3. A- pTHFMA ve B- Mag-pTHFMA'ya ait SEM görüntüleri (×10.000 büyütme).

Manyetik Ayırma Davranışı

Manyetik ayırma davranışı Şekil 4'te verilmiştir. Mag-pTHFMA numunesinin harici bir manyetik alan altında hızla hareket ederek tüp duvarında biriktiği ve kısa sürede berrak bir süpernatan oluşturduğu gözlenmiştir. Bu durum, Fe_3O_4 nanoparçacıklarının polimer matrise başarılı bir şekilde entegre edildiğini ve malzemenin güçlü bir manyetik yanıt sergilediğini göstermektedir.

Manyetik alanın uzaklaştırılmasıyla birlikte partiküllerin tekrar süspansiyon ortamına dağılabilmesi, materyalin yeniden kullanılabilirliği açısından önemli bir avantaj sunmaktadır. Bu özellik, özellikle adsorpsiyon sonrası katı-sıvı ayrımının hızlı, verimli ve ek bir santrifüjleme gerektirmeden gerçekleştirilebilmesi bakımından uygulama potansiyelini artıracağı görülmektedir.

Bu sonuçlar, geliştirilen Mag-pTHFMA sisteminin pratik uygulamalarda kolay geri kazanım ve operasyonel verimlilik açısından önemli avantajlar sunduğunu ortaya koymaktadır.



Şekil 4. Mag-pTHFMA'nın manyetik ayırma davranışı.

SONUÇLAR

Bu çalışmada, biyokütle kaynaklı THFMA monomerinden emülsiyon polimerizasyonu yöntemiyle pTHFMA ve Fe_3O_4 nanoparçacıkları içeren Mag-pTHFMA başarıyla sentezlenmiştir.

FT-IR analizleri, monomere ait vinilik C=C bağlarının polimerleşme sonrasında azaldığını veya tamamen kaybolduğunu göstererek polimerleşmenin başarılı bir şekilde gerçekleştiğini doğrulamıştır. Manyetik polimerde gözlenen Fe–O bandı, Fe_3O_4 nanoparçacıklarının polimer matrise başarıyla entegre edildiğini ortaya koymuştur.

SEM analizleri, saf polimerin daha homojen ve gevşek bir morfolojiye sahip olduğunu, Mag-pTHFMA'nın ise daha kompakt, agregat ve heterojen bir yapı sergilediğini göstermiştir. Bu morfolojik farklılık, manyetik nanoparçacıkların varlığına bağlı olarak yüzey yapısının önemli ölçüde değiştiğini ortaya koymaktadır.

Polimerizasyon süreci ile eş zamanlı olarak gerçekleştirilen in situ manyetik nanoparçacık oluşumu, polimer matrisi içerisinde etkili bir dağılımın sağlanmasına katkıda bulunmuştur. Elde edilen bulgular, özellikle Mag-pTHFMA'nın modifiye edilebilir yapısı, yüksek yüzey alanı potansiyeli ve manyetik ayırma avantajı sayesinde ileri çevresel uygulamalar için umut verici bir malzeme olduğunu göstermektedir.

Gelecek çalışmalarda, yüzey fonksiyonelleştirme ve adsorpsiyon performansının geliştirilmesine yönelik çalışmaların gerçekleştirilmesi planlanmaktadır.

KAYNAKLAR

Amanpour, J., & Sharifi-Sanjani, N. (2017). Mechanical and Thermal Properties of Poly (Tetrahydrofurfuryl Methacrylate) Nano-Composites. *Journal of Macromolecular Science, Part B*, *56*(10), 775-789.

Cho, S. H., Lee, B. S., & Byun, H. S. (2018). Phase behavior of tetrahydrofurfuryl methacrylate and poly (tetrahydrofurfuryl methacrylate) in supercritical carbon dioxide. *Journal of CO2 Utilization*, *25*, 39-45.

Erduran, N., & Işılar, Ö. (2024). Novel magnetic poly (allyl methacrylate-co-glycidyl methacrylate) Fe3O4 nanoparticles: synthesis and evaluation as adsorbents for heavy metals. *Polymer Bulletin*, *81*(12), 10933-10952.

Erduran, N., Bıyıkoğlu, M., Akın Öktem, G., & Öktem, Z. (2025). Efficient Removal of Cd (II) and PB (II) Ions Using Innovatively Functionalized Poly (2, 5-Dihydro-2, 5-Dimethoxyfuran) for Water Treatment Applications. *Journal of Applied Polymer Science*, *142*(46), e57764.

Fellah, M. F. (2017). Direct decarbonylation of furfural to furan: A density functional theory study on Pt-graphene. *Applied Surface Science*, *405*, 395-404.

Gandini, A. (2010). Furans as offspring of sugars and polysaccharides and progenitors of a family of remarkable polymers: a review of recent progress. *Polymer Chemistry*, *1*(3), 245-251.

Gandini, A., & Belgacem, M. N. (1997). Furans in polymer chemistry. *Progress in Polymer Science*, *22*(6), 1203-1379.

Gandini, A., Lacerda, T. M., Carvalho, A. J., & Trovatti, E. (2016). Progress of polymers from renewable resources: furans, vegetable oils, and polysaccharides. *Chemical reviews*, *116*(3), 1637-1669.

Jaswal, A., Singh, P. P., & Mondal, T. (2022). Furfural–a versatile, biomass-derived platform chemical for the production of renewable chemicals. *Green Chemistry*, *24*(2), 510-551.

Li, X., Jia, P., & Wang, T. (2016). Furfural: A promising platform compound for sustainable production of C4 and C5 chemicals. *ACS catalysis*, *6*(11), 7621-7640.

Lovell, P. A., & Schork, F. J. (2020). Fundamentals of emulsion polymerization. *Biomacromolecules*, *21*(11), 4396-4441.

Menegazzo, F., Ghedini, E., & Signoretto, M. (2018). 5-Hydroxymethylfurfural (HMF) production from real biomasses. *Molecules*, *23*(9), 2201.

Najafi, P., Zabihi, M., & Faghihi, M. (2024). Remarkable adsorption of anionic dye on the supported magnetic and non-magnetic polymeric nanocomposites including chitosan/polyacrylamide and chitosan/polylactic acid. *Water, Air, & Soil Pollution*, *235*(6), 366.

Rajdeo, K. S., Ponrathnam, S., Pardeshi, S., Chavan, N. N., Bhongale, S. S., & Harikrishna, R. (2015). Ambient temperature photocopolymerization of tetrahydrofurfuryl methacrylate and isobornyl methacrylate: Reactivity ratios and thermal studies. *Journal of Macromolecular Science, Part A*, *52*(12), 982-991.

Rajendrakumar, K., & Dhamodharan, R. (2009). Ambient temperature Atom Transfer Radical copolymerization of tetrahydrofurfuryl methacrylate and methyl methacrylate: Reactivity ratio determination. *European polymer journal*, *45*(9), 2685-2694.

Rubio, S., Leiza, J. R., Barquero, A., & González, E. (2025). Tetrahydrofurfuryl methacrylate helps to produce biobased hydrophobic waterborne protective coatings by emulsion polymerization. *Progress in Organic Coatings*, *203*, 109159.

Winiarczyk, K., Gac, W., Góral-Kowalczyk, M., Surowiec, Z. (2021). Magnetic properties of iron oxide nanoparticles with a DMSA-modified surface, *Hyperfine Interactions*, 242; 48.

Xie, D., Kuang, Y., Yuan, B., Zhang, Y., Ye, C., Guo, Y., ... & Yang, S. (2025). Convenient and highly efficient adsorption of diosmetin from lemon peel by magnetic surface molecularly imprinted polymers. *Journal of Materials Science & Technology*, *211*, 159-170.

TRANSFORMATION OF DIGITAL BODY PERCEPTION THROUGH INSTAGRAM FİLTERS: A VISUAL COMPARISON OF PRE- AND POST-FILTER IMAGES

INSTAGRAM FİLTRELERİNİN DİJİTAL BEDEN ALGISINI DÖNÜŞTÜRMESİ: FİLTRE ÖNCESİ VE SONRASI GÖRSEL KARŞILAŞTIRMA

Dr. Öğr. Üyesi Simge YILMAZ

İstanbul Gelişim Üniversitesi, İstanbul Gelişim Meslek Yüksekokulu, Görsel İşitsel Teknikler ve Medya Prodüksiyonu Bölümü, Gazetecilik ve Medya Çalışmaları

ORCID: 0000-0001-5382-1089

Ayda BADRIKOUHI

İstanbul Gelişim Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Görsel İletişim Tasarımı

ORCID: 0009-0000-3968-468X

ÖZET

Dijitalleşmenin etkisiyle bedenin temsili, fiziksel gerçekliğin ötesine geçerek sosyal medya platformları aracılığıyla yeniden inşa edilmektedir. Özellikle Instagram gibi görsel odaklı mecralarda kullanılan filtreler, bireylerin kendilerini sunma biçimlerini dönüştürürken, dijital beden algısının da yeniden şekillenmesine neden olmaktadır. Bu çalışma, Instagram filtrelerinin dijital beden algısı üzerindeki etkisini karşılaştırmalı görsel analiz yöntemiyle incelemeyi amaçlamaktadır. Araştırma kapsamında filtre öncesi ve sonrası selfie fotoğrafları; cilt dokusu, yüz hatları, renk tonlaması ve duygusal ifade gibi temel görsel parametreler üzerinden analiz edilmiştir.

Çalışmanın kuramsal çerçevesi, John Berger'in "görme biçimleri" yaklaşımına dayandırılmıştır. Elde edilen bulgular, filtrelerin yalnızca estetik bir iyileştirme aracı olmadığını; aksine belirli güzellik normlarını standartlaştırarak dijital bedenin idealize edilmiş bir temsile dönüştürülmesinde etkili olduğunu göstermektedir. Bu bağlamda filtreler, bireysel tercihlerden ziyade kültürel ve ideolojik kodların yeniden üretildiği araçlar olarak değerlendirilmektedir. Çalışma, dijital görsel kültürde bedenin standardizasyonuna ilişkin eleştirel bir perspektif sunmayı amaçlamaktadır.

Anahtar Kelimeler: Dijital beden, Instagram filtreleri, Görsel kültür

ABSTRACT

With the impact of digitalization, the representation of the body has transcended physical reality and is being reconstructed through social media platforms. In visually oriented environments such as Instagram, filters play a significant role in transforming how individuals present themselves, while simultaneously reshaping perceptions of the digital body. This study aims to examine the effects of Instagram filters on digital body perception through a comparative visual analysis. Within the scope of the research, pre- and post-filter selfie images were analyzed based

on key visual parameters, including skin texture, facial features, color toning, and emotional expression.

The theoretical framework of the study is grounded in John Berger's concept of "ways of seeing." The findings indicate that filters function not merely as tools of aesthetic enhancement; rather, they actively contribute to the standardization of specific beauty norms, thereby transforming the digital body into an idealized representation. In this sense, filters are evaluated not as individual preferences but as instruments through which cultural and ideological codes are reproduced. Accordingly, the study aims to offer a critical perspective on the standardization of the body within digital visual culture.

Keywords: Digital body, Instagram filters, Visual culture

GİRİŞ

Dijitalleşmenin gündelik yaşam pratiklerini derinden dönüştürdüğü bir çağda, bedenin temsili de artık yalnızca fiziksel gerçekliğe bağlı kalmaksızın, teknolojik araçlar aracılığıyla yeniden üretilmektedir. Özellikle Instagram gibi görselliğin merkezde konumlandığı platformlar, bireylerin kendilerini sunma biçimlerini yeniden şekillendirirken, bedenin algılanma ve değerlendirilme süreçlerini de önemli ölçüde dönüştürmektedir. Bu dönüşümün en görünür araçlarından biri olan filtreler, yalnızca estetik bir iyileştirme aracı olarak değil, aynı zamanda belirli güzellik normlarının dolaşıma sokulmasını sağlayan kültürel bir mekanizma olarak işlev görmektedir.

Sosyal medyada üretilen görseller, artık "olduğu gibi" bir gerçekliği yansıtmak yerine, seçilmiş, düzenlenmiş ve çoğu zaman idealize edilmiş temsiller sunmaktadır. Bu bağlamda filtreler, cilt dokusunu pürüzsüzleştiren, yüz hatlarını incelten, renk tonlarını homojenleştiren ve ifadeyi belirli bir duygu rejimine oturtan müdahaleleriyle, dijital bedenin yeniden inşasında aktif bir rol oynamaktadır. Bu süreç, bireysel bir tercih gibi görünse de, aslında daha geniş bir kültürel çerçeve içinde şekillenmekte; görünürlük, beğeni ve kabul görme arzusu ile yakından ilişkilidir.

Bu çalışmanın çıkış noktası, dijital bedenin bu dönüşüm sürecinin yalnızca teknik bir manipülasyon meselesi olmadığı, aynı zamanda ideolojik ve kültürel bir anlam üretim sürecine işaret ettiğidir. Bu noktada John Berger'in (Berger & Salman, 1986) "görme biçimleri" yaklaşımı, görsel temsillerin tarafsız olmadığı; aksine belirli bakış açıları ve değer sistemleri tarafından şekillendirildiği yönündeki vurgusuyla önemli bir kuramsal zemin sunmaktadır. Berger'e göre görme eylemi, yalnızca nesneyi algılamak değil, aynı zamanda onu belirli anlam çerçeveleri içinde konumlandırmaktır. Bu perspektif, filtrelerin yalnızca yüzeysel değişimler yaratmadığını; aksine, nasıl görünmemiz gerektiğine dair normatif bir çerçeve sunduğunu düşündürmektedir.

Bu bağlamda çalışma, Instagram filtrelerinin dijital beden algısını nasıl dönüştürdüğünü, filtre öncesi ve sonrası görseller üzerinden karşılaştırmalı bir analizle incelemeyi amaçlamaktadır. Araştırma, özellikle cilt dokusu, yüz oranları, renk tonlaması ve duygusal ifade gibi görsel parametreler üzerinden ilerleyerek, filtrelerin hangi estetik idealleri yeniden ürettiğini ortaya koymayı hedeflemektedir. Böylece çalışma, dijital görsel kültürde bedenin nasıl standardize edildiğine ve bu standardizasyonun hangi görsel stratejiler aracılığıyla gerçekleştirildiğine dair eleştirel bir katkı sunmayı amaçlamaktadır.

YÖNTEM

Bu çalışma, dijital görsel kültür bağlamında bedenin nasıl yeniden inşa edildiğini ortaya koymayı amaçlayan nitel bir araştırma tasarımına sahiptir. Araştırmanın temel amacı, Instagram filtrelerinin dijital beden algısını hangi görsel stratejiler aracılığıyla dönüştürdüğünü karşılaştırmalı bir analizle incelemektir. Bu doğrultuda çalışma, filtrelerin yalnızca estetik bir müdahale değil, aynı zamanda kültürel ve ideolojik anlam üretim süreçlerinin bir parçası olduğu varsayımına dayanmaktadır.

Çalışmanın önemi, dijital beden temsillerinin giderek standartlaşan estetik normlar doğrultusunda şekillendiği günümüzde, bu dönüşümün görsel ve söylemsel boyutlarını görünür kılmasında yatmaktadır. Literatürde filtre kullanımına ilişkin çalışmalar artmakla birlikte, filtre öncesi ve sonrası görseller üzerinden yürütülen karşılaştırmalı analizlerin sınırlı olması, bu araştırmanın özgün katkısını oluşturmaktadır.

Araştırma aşağıdaki sorulara yanıt aramaktadır:

(1) Instagram filtreleri dijital bedenin hangi görsel özelliklerini dönüştürmektedir?

(2) Bu dönüşüm hangi estetik normları yeniden üretmektedir?

(3) Filtreler aracılığıyla oluşturulan dijital beden temsili, nasıl bir ideal güzellik anlayışını yansıtmaktadır?

(4) Görsel müdahaleler, bireysel temsilden ziyade kolektif bir estetik standardizasyon sürecine mi işaret etmektedir?

Araştırmada veri toplama süreci, amaçlı örnekleme yöntemi ile gerçekleştirilmiştir. Bu kapsamda, filtre uygulanmadan önce ve sonra olmak üzere iki versiyonu bulunan toplam beş selfie fotoğrafı örneklem olarak seçilmiştir. Seçim sürecinde, filtre etkisinin belirgin biçimde gözlemlenebildiği ve farklı yüz özelliklerini temsil eden görseller tercih edilmiştir. Böylece analiz, hem teknik hem de estetik dönüşümleri karşılaştırmalı olarak ortaya koyabilecek bir veri setine dayandırılmıştır.

Çalışmanın kuramsal çerçevesi, John Berger'in "görme biçimleri" yaklaşımına dayanmaktadır. Bu yaklaşım, görsel temsillerin tarafsız olmadığını; aksine belirli ideolojik ve kültürel kodlar doğrultusunda üretildiğini savunmaktadır. Bu doğrultuda analiz sürecinde, görseller yalnızca yüzeysel değişimler açısından değil, aynı zamanda hangi estetik ve kültürel normları yeniden ürettikleri bağlamında değerlendirilmiştir.

Veri analizi sürecinde karşılaştırmalı görsel analiz tekniği kullanılmıştır. Her bir fotoğraf çifti (filtre öncesi/sonrası), dört temel görsel parametre üzerinden incelenmiştir: (1) cilt dokusu ve yüzey pürüzlülüğü, (2) yüz hatları ve oranları, (3) renk tonlaması ve ışık kullanımı, (4) duygusal ifade ve yüz mimikleri. Bu parametreler, filtrelerin dijital beden üzerindeki müdahale biçimlerini sistematik olarak ortaya koymak amacıyla belirlenmiştir.

Analiz süreci iki aşamada gerçekleştirilmiştir. İlk aşamada görseller arasındaki teknik ve estetik farklar betimlenmiş; ikinci aşamada ise bu farklar yorumlayıcı bir yaklaşımla çözümlenmiştir. Elde edilen bulgular tablo formunda kategorize edilerek görsel tekrarlar, estetik eğilimler ve standartlaşma süreçleri ortaya konulmuştur.

Sonuç olarak bu yöntemsel çerçeve, Instagram filtrelerinin bireysel estetik tercihlerden öte, dijital görsel kültür içinde belirli güzellik normlarını yeniden üreten ve dolaşıma sokan araçlar olarak nasıl işlediğini açıklamaya yönelik bütüncül bir analiz sunmaktadır.

GÖRSEL KÜLTÜR VE GÖRME REJİMLERİ BAĞLAMINDA DİJİTAL BEDEN

Dijitalleşmenin hız kazandığı günümüz medya ekosisteminde görsel kültür, yalnızca imgelerin üretim ve dolaşımını değil, aynı zamanda bu imgelerin nasıl görüldüğünü, yorumlandığını ve içselleştirildiğini belirleyen bir epistemolojik alan olarak yeniden yapılandırılmaktadır. Bu bağlamda beden, artık yalnızca biyolojik ya da fiziksel bir gerçeklik değil; görsel temsiller aracılığıyla sürekli yeniden kurulan, düzenlenen ve anlamlandırılan bir göstergeye dönüşmektedir. Özellikle Instagram gibi platformlarda dolaşıma giren beden imgeleri, bireyin kendini sunma pratiklerini dönüştürürken, aynı zamanda toplumsal olarak kabul gören estetik normların yeniden üretildiği bir alan yaratmaktadır.

Görsel kültür çalışmalarında "görme rejimleri" kavramı, belirli tarihsel ve kültürel bağlamlarda neyin, nasıl ve hangi koşullarda görülebilir olduğunu belirleyen normatif sistemlere işaret eder. Bu çerçevede görme, nötr bir algılama süreci değil; ideolojik, kültürel ve politik olarak yapılandırılmış bir pratiktir. John Berger'in "görme biçimleri" yaklaşımı, bu noktada temel bir kuramsal dayanak sunmaktadır. Berger'e göre imgeler, gerçekliğin doğrudan yansımaları değil; belirli bakış açıları, değer sistemleri ve iktidar ilişkileri doğrultusunda şekillenen temsillerdir (Berger, 1972). Dolayısıyla bir imgeye bakmak, aynı zamanda belirli bir dünya görüşünü yeniden üretmek anlamına gelir.

Bu perspektiften hareketle dijital beden, bireysel öznenin kendini özgürce ifade ettiği bir alan olmaktan ziyade, toplumsal olarak kodlanmış estetik normların ve görsel beklentilerin içselleştirildiği bir temsil alanı olarak değerlendirilebilir. Sosyal medya kullanıcıları, kendi imgelerini üretirken çoğu zaman "ötekinin bakışını" içselleştirerek hareket eder; yani birey, kendini yalnızca olduğu gibi değil, nasıl görünmesi gerektiği üzerinden kurgular. Bu durum, Michel Foucault'nun iktidar ve gözetim kavramlarıyla da ilişkilendirilebilir. Foucault'ya göre modern toplumlarda bireyler, dışsal bir denetim mekanizmasından ziyade, içselleştirilmiş normlar aracılığıyla kendilerini disipline ederler (Foucault, 1977). Sosyal medya ortamında bu disiplin, görünürlük, beğeni ve onaylanma arzusu üzerinden işler; birey kendi bedenini, dolaşımda olan estetik normlara uygun hale getirmek için sürekli olarak düzenler.

Bununla birlikte dijital bedenin görsel kültür içindeki konumu, yalnızca temsil meselesiyle sınırlı kalmayıp, aynı zamanda simülasyon ve gerçeklik ilişkisi bağlamında da ele alınmalıdır. Jean Baudrillard'ın hipergerçeklik kavramı, bu noktada açıklayıcı bir çerçeve sunar. Baudrillard'a göre çağdaş toplumda imgeler, gerçekliğin yerini alarak kendi başına bir gerçeklik üretir (Baudrillard, 1994). Sosyal medyada filtrelenmiş beden imgeleri de bu anlamda, "gerçek" bedenin yerini alan, daha düzenli, daha estetik ve daha kabul edilebilir bir simülasyon üretmektedir. Bu durum, kullanıcıların gerçek beden algısını dönüştürmekte ve zamanla bu simüle edilmiş imgelerin "normal" olarak kabul edilmesine yol açmaktadır.

Öte yandan Pierre Bourdieu'nun habitus ve estetik yargı kavramları da dijital bedenin anlaşılmasında önemli bir katkı sunar. Bourdieu'ye göre estetik tercihler, bireysel seçimler gibi görünse de aslında toplumsal olarak öğrenilmiş ve içselleştirilmiş eğilimlerdir (Bourdieu, 1984). Bu bağlamda sosyal medyada öne çıkan beden temsilleri, yalnızca bireysel tercihler değil; belirli bir kültürel sermayenin ve estetik beğeni sisteminin yansımalarıdır. Filtreler aracılığıyla üretilen beden imgeleri, bu estetik beğeniyi yeniden üretmekte ve dolaşıma sokmaktadır.

Sonuç olarak dijital beden, görsel kültür içinde çok katmanlı bir yapı olarak ortaya çıkmaktadır. Bir yandan bireysel öznenin kendini ifade etme alanı olarak işlev görürken; diğer yandan ideolojik, kültürel ve algoritmik süreçler tarafından şekillendirilen bir temsil formuna dönüşmektedir. Görme rejimleri bağlamında değerlendirildiğinde, dijital bedenin nasıl üretildiği kadar, nasıl görüldüğü ve hangi normlar çerçevesinde anlamlandırıldığı da kritik bir öneme sahiptir. Bu durum, dijital görsel kültürde bedenin yalnızca bir temsil nesnesi değil; aynı

zamanda iktidar, norm ve estetik üretimin kesişim noktasında yer alan dinamik bir yapı olduğunu göstermektedir.

DİJİTAL FİLTRELER, HİPERGERÇEKLİK VE ESTETİK STANDARDİZASYON

Dijital filtreler, çağdaş görsel kültürde yalnızca teknik düzenleme araçları değil; aynı zamanda estetik normların üretildiği, dolaşıma sokulduğu ve meşrulaştırıldığı kültürel mekanizmalar olarak işlev görmektedir. Özellikle Instagram gibi platformlarda yaygın biçimde kullanılan filtreler, bireylerin yüz ve beden temsillerini yeniden düzenleyerek görsel sunum pratiklerini dönüştürmektedir. Bu dönüşüm, yalnızca bireysel tercihler düzeyinde değil; aynı zamanda daha geniş bir estetik rejimin parçası olarak değerlendirilmelidir.

Filtreler aracılığıyla gerçekleştirilen müdahaleler—cilt dokusunun pürüzsüzleştirilmesi, yüz hatlarının inceltilmesi, gözlerin büyütülmesi, renk tonlarının homojenleştirilmesi—belirli bir "ideal yüz" estetiğinin sistematik biçimde yeniden üretildiğini göstermektedir. Bu süreçte bireysel farklılıklar silinmekte, yüz giderek standartlaştırılmış ve tekrarlanabilir bir forma indirgenmektedir. Bu durum, estetik beğeninin çeşitlenmesinden ziyade belirli normlar etrafında yoğunlaşmasına yol açmaktadır.

Bu bağlamda dijital filtreler, Jean Baudrillard'ın hipergerçeklik kavramı üzerinden anlamlandırılabilir. Baudrillard'a göre çağdaş toplumda simülasyonlar, gerçekliğin yerini alarak "gerçek olandan daha gerçek" bir düzlem üretmektedir (Baudrillard, 1994). Filtrelenmiş yüz imgeleri de bu anlamda, gerçek yüzün yerini alan, daha kusursuz, daha genç ve daha estetik bir simülasyon üretmektedir. Bu simülasyonlar zamanla "doğal" ve "olması gereken" görünüm olarak algılanmaya başlamakta; böylece hipergerçek imgeler, gerçekliğin referans noktası haline gelmektedir.

Bu dönüşüm aynı zamanda John Berger'in görme biçimleri yaklaşımıyla da ilişkilidir. Berger'e göre görme, kültürel olarak öğrenilen ve ideolojik olarak şekillenen bir pratiktir (Berger, 1972). Filtreler aracılığıyla sunulan idealize edilmiş yüzler, izleyicinin görme alışkanlıklarını dönüştürmekte ve belirli estetik normların "doğal" olarak kabul edilmesine zemin hazırlamaktadır. Bu bağlamda filtreler, yalnızca görüntüyü değil, aynı zamanda bakışın kendisini de dönüştürmektedir.

Öte yandan bu süreç, estetik standardizasyon kavramı çerçevesinde de ele alınmalıdır. Pierre Bourdieu'nun estetik yargı ve habitus kavramları, bu standardizasyonun toplumsal boyutunu anlamada önemli bir kuramsal araç sunmaktadır. Bourdieu'ye göre bireylerin estetik tercihleri, içinde bulundukları toplumsal yapı tarafından şekillendirilir (Bourdieu, 1984). Sosyal medya filtreleri ise bu estetik tercihleri yönlendiren ve belirli bir güzellik anlayışını yeniden üreten araçlar olarak işlev görmektedir. Bu durum, estetik beğeninin bireysel bir seçim olmaktan çıkarak kültürel olarak kodlanmış bir norm haline geldiğini göstermektedir.

Sonuç olarak dijital filtreler, yalnızca bireysel estetik tercihler değil; aynı zamanda hipergerçeklik üretimi, görme rejimlerinin dönüşümü ve estetik standardizasyon süreçleriyle iç içe geçmiş çok katmanlı bir yapıyı temsil etmektedir. Bu bağlamda dijital beden, gerçeklik ile simülasyon arasındaki sınırların bulanıklaştığı, normatif estetik anlayışların yeniden üretildiği ve kültürel kodların görünmez biçimde içselleştirildiği bir temsil alanı olarak karşımıza çıkmaktadır.

BULGULAR

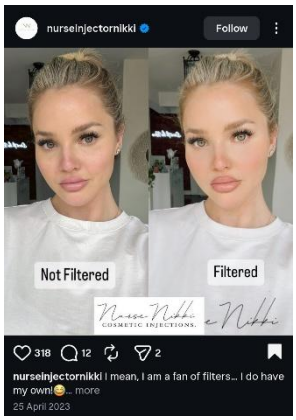
Bu bölümde, Instagram filtrelerinin dijital beden temsili üzerindeki dönüştürücü etkileri, filtre öncesi ve sonrası selfie fotoğrafları üzerinden elde edilen veriler doğrultusunda sunulmaktadır. Karşılaştırmalı görsel analiz sürecinde elde edilen bulgular, yalnızca teknik düzeydeki görsel değişimleri ortaya koymakla sınırlı kalmamakta; aynı zamanda bu değişimlerin hangi estetik

normları ve kültürel kodları yeniden ürettiğine de işaret etmektedir. Bu bağlamda bulgular, cilt dokusu, yüz hatları, renk tonlaması ve duygusal ifade gibi temel görsel parametreler çerçevesinde sistematik olarak sınıflandırılmıştır. Analiz sürecinde ortaya çıkan tekrar eden müdahale biçimleri ve ortak eğilimler, dijital bedenin nasıl standartlaştırıldığını görünür kılarken; değerlendirmeler, John Berger'in "görme biçimleri" yaklaşımı doğrultusunda yorumlanarak eleştirel bir çerçeveye oturtulmuştur. Bu doğrultuda bulgular, dijital görsel kültürde bedenin yeniden inşasına ilişkin çok katmanlı bir okuma sunmaktadır.

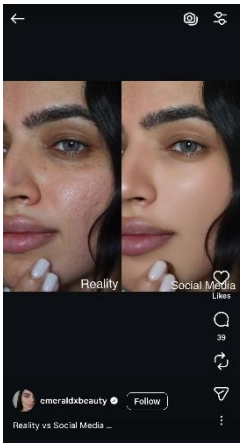
Görsel 1.

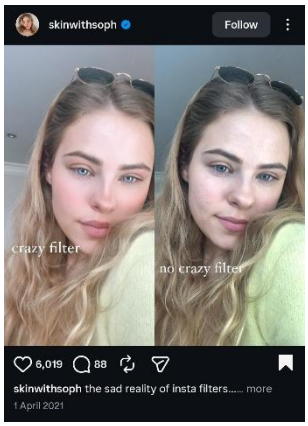


Görsel 2.

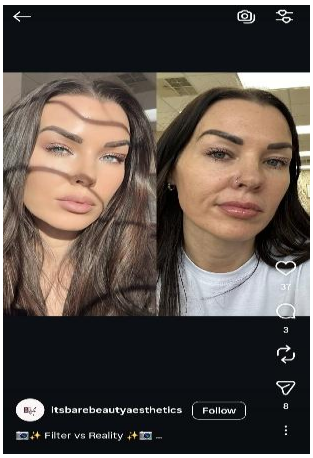


Görsel 3.





Görsel 4.



Görsel 5.

Filtre Öncesi ve Sonrası Görsel Müdahaleler

Görsel Özellik	Fotoğraf 1	Fotoğraf 2	Fotoğraf 3	Fotoğraf 4	Fotoğraf 5	Genel Eğilim
Cilt Dokusu	Pürüzsüzleştirme ve çil eklemek	Pürüzsüzleştirme	Gözenek ve gözaltı morluk azaltma	Pürüzsüzleştirme	Pürüzsüzleştirme	Cilt kusurlarının silinmesi
Yüz Hatları	Elmacık kemik belirginliği	Doğal	Doğa	Elmacık kemik belirginliği	Yüz daraltma	İdeal yüz formu üretimi
Göz Büyüklüğü	Büyütülmüş	Hafif büyütülmüş	Doğa	Hafif çekikleşmiş	Büyütülmüş	Çocuksu yüz estetiği
Burun	İnceltilmiş	Hafif İnceltilmiş	Doğal	Hafif İnceltilmiş	İnceltilmiş	Estetik normlara yaklaşma
Ten Rengi	Bronzlaşmış	Beyazlatılmış	Aydınlatılmış	Aydınlatılmış ve renk almış	Beyazlatılmış	Aydınlık ve homojen cilt

İlk tabloda ortaya çıkan bulgular, yüzeyde teknik bir iyileştirme pratiği gibi görünse de, daha yakından bakıldığında dijital bedenin belirli estetik normlara göre yeniden kurgulandığını açık biçimde göstermektedir. Bu dönüşümü anlamlandırmak için John Berger'in görme biçimlerine ilişkin yaklaşımı oldukça işlevsel bir çerçeve sunar. Berger'e göre görsel temsiller, yalnızca gerçekliğin yansıtılması değil, aynı zamanda belirli ideolojik kodlar doğrultusunda yeniden üretilmesidir. Bu bağlamda tabloda yer alan görsel müdahaleler, nasıl görünmemiz gerektiğine dair normatif bir bakışın izlerini taşımaktadır.

Öncelikle cilt dokusuna yönelik müdahaleler dikkat çekicidir. Tüm fotoğraflarda gözlenen pürüzsüzleştirme eğilimi, bireysel farklılıkları silerek homojen bir yüzey estetiği üretmektedir. Berger'in perspektifinden bakıldığında bu durum, doğal olanın değersizleştirilmesi ve "kusursuzluk" ideolojisinin görsel olarak yeniden dolaşıma sokulması anlamına gelir. Ciltteki gözeneklerin, lekelerin ya da yaşanmışlık izlerinin ortadan kaldırılması, yalnızca estetik bir tercih değil; aynı zamanda zamansız, hatasız ve müdahale edilmiş bir beden idealinin inşasıdır.

Yüz hatları ve oranlarındaki değişimler de benzer şekilde standartlaştırıcı bir yönelim göstermektedir. Elmacık kemiklerinin belirginleştirilmesi, yüzün inceltilmesi gibi müdahaleler, farklı yüz tiplerini tekil bir "ideal form" etrafında toplama eğilimindedir. Bu noktada Berger'in "bakış" kavramı devreye girer: Görüntü, artık bireyin kendine ait bir temsili olmaktan çıkar; toplumsal olarak içselleştirilmiş estetik beklentilere göre düzenlenmiş bir nesneye dönüşür. Yani kişi, kendine bakarken aslında başkalarının bakışını yeniden üretmektedir.

Göz ve burun gibi yüzün karakteristik unsurlarında yapılan müdahaleler ise daha spesifik bir estetik ideolojiyi işaret eder. Gözlerin büyütülmesi ya da çekikleştirilmesi, burunun inceltilmesi gibi uygulamalar, küresel ölçekte dolaşımda olan güzellik normlarının dijital ortamdaki yansımalarıdır. Bu durum, Berger'in görmenin kültürel olarak öğrenildiği yönündeki tespitiyle örtüşmektedir: Kullanıcı, filtre aracılığıyla yalnızca kendini dönüştürmez; aynı zamanda belirli bir estetik kültüre uyum sağlar.

Ten rengi ve ışık kullanımı da tablonun önemli bir diğer boyutunu oluşturmaktadır. Beyazlatma, aydınlatma ve sıcak tonlama gibi müdahaleler, sağlıklı, canlı ve "çekici" bir görünüm üretme amacını taşırken, aynı zamanda belirli renk estetiklerini norm haline getirmektedir. Bu durum,

görsel kültürde "ideal görünürlük"ün nasıl kodlandığını göstermesi açısından önemlidir. Berger'in yaklaşımıyla ifade edersek, burada mesele yalnızca görünmek değil; nasıl görünmenin değerli sayıldığıdır.

Genel olarak tablo, filtrelerin rastlantısal ya da yalnızca estetik kaygılarla yapılan müdahaleler olmadığını; aksine belirli bir güzellik rejimini sistematik biçimde yeniden ürettiğini ortaya koymaktadır. Bu rejim, bireysel farklılıkları törpüleyen, yaş izlerini silen, yüz hatlarını standartlaştıran ve duygusal ifadeyi dahi belirli bir norm içine çeken bir görsel düzen üretmektedir. Dolayısıyla dijital beden, Berger'in ifade ettiği anlamda, artık yalnızca görülen değil; belirli bir bakışın ürünü olarak inşa edilen bir temsile dönüşmektedir.

1. Fotoğraflarda Filtre Uygulama Stratejileri

Analiz Kriteri	Fotoğraf 1	Fotoğraf 2	Fotoğraf 3	Fotoğraf 4	Fotoğraf 5	Yorumsal Açıklama
Cilt yumuşatma	Var	Var	Var	Var	Var	Dijital kusursuzluk estetiği
Yüz inceltme	Var	Var	Yok	Var	Var	İnce yüz idealinin üretimi
Işık artırma	Var	Var	Var	Var	Var	Parlak ve sağlıklı görünüm
Renk tonlama	Sıcak ton	Sıcak ton	Sıcak ton	Sıcak ton	Sıcak ton	Estetik atmosfer yaratımı
Duygusal ifade	Nötr Gülümseme	Nötr Gülümseme	Nötr	Nötr	Nötr	normal görünüm

Ortaya çıkan bulgular, görsel müdahalelerin belirli estetik stratejiler etrafında tutarlı ve tekrarlayan bir biçimde uygulandığını göstermektedir. Özellikle "cilt yumuşatma" ve "ışık artırma" gibi müdahalelerin tüm görsellerde yer alması, yüzün daha pürüzsüz, parlak ve kusursuz bir yüzey olarak yeniden inşa edildiğini ortaya koymaktadır. Bu durum, doğal cilt dokusunun geri plana itilerek dijital olarak üretilmiş bir "kusursuzluk estetiği"nin öne çıkarıldığını göstermektedir.

Buna paralel olarak "yüz inceltme" uygulamasının büyük ölçüde tekrar etmesi, belirli bir yüz formunun ideal olarak kabul edildiğini ve bu idealin sistematik biçimde yeniden üretildiğini düşündürmektedir. Yüz hatlarının daraltılması ve şekillendirilmesi, yalnızca estetik bir düzenleme değil; aynı zamanda hangi yüz tiplerinin daha "makbul" olduğuna dair örtük bir normun varlığına işaret etmektedir. Bu süreçte bireysel yüz özellikleri standart bir kalıba yaklaştırılmakta ve farklılıklar minimize edilmektedir.

"Işık artırma" ve "renk tonlama" müdahalelerinin birlikte kullanımı ise, yalnızca fiziksel özelliklerin değil, aynı zamanda görsel atmosferin de kurgulandığını göstermektedir. Sıcak tonların tüm görsellerde tercih edilmesi, izleyicide daha sağlıklı, canlı ve estetik olarak çekici bir izlenim oluşturmayı amaçlamaktadır. Böylece görüntü, yalnızca bir yüz temsili olmaktan çıkarak belirli bir duygu ve algı üretmeye yönelik bir görsel kompozisyona dönüşmektedir.

Duygusal ifadenin çoğunlukla nötr ya da hafif gülümseme ile sınırlı kalması da dikkat çekicidir. Bu durum, aşırı mimiklerden arındırılmış, kontrollü ve "dengeli" bir yüz sunumunun tercih edildiğini göstermektedir. Yüz ifadesinin bu şekilde sınırlandırılması, görseldeki estetik bütünlüğü koruma ve dikkat dağıtıcı unsurları azaltma amacıyla ilişkilendirilebilir.

Genel olarak değerlendirildiğinde, bu yapı görsellerin rastlantısal düzenlemelerden ziyade belirli estetik kodlara göre üretildiğini ortaya koymaktadır. Yüz, burada yalnızca olduğu gibi

temsil edilen bir varlık değil; dijital araçlar aracılığıyla düzenlenen, idealize edilen ve belirli normlara uyum sağlayacak şekilde yeniden kurgulanan bir görsel nesne haline gelmektedir.

2. Dijital Beden Algısının Dönüşümü

Dönüşüm Alanı	Filtre Öncesi Temsil	Filtre Sonrası Temsil	Fotoğraf Analizi Bulgusu	Dijital Beden Yorumu
Gerçeklik	Doğal yüz dokusu	Pürüzsüz cilt	3 fotoğrafın tamamında	Simüle edilmiş beden
Yaş Algısı	Yetişkin yüz	Gençleştirilmiş görünüm	5 fotoğrafta belirgin	Zamansız gençlik ideali
Estetik Norm	Doğal yüz oranı	İnceltilmiş yüz	1 fotoğrafta	Standartlaştırılmış güzellik
Duygusal Ton	Nötr ifade	Gülümseyen yüz	3 fotoğrafta	Pozitif görünüm normu
Görünürlük	Sıradan selfie	Paylaşılabilir selfie	Tüm fotoğraflarda	Algoritmik görünürlük stratejisi

Ortaya çıkan genel eğilim, “doğal” görünümden giderek “inceltilmiş” ve nihayetinde “standartlaştırılmış” bir yüz estetiğine doğru yönelen bir dönüşümü göstermektedir. İlk bakışta bu müdahaleler basit estetik düzenlemeler gibi algılanabilir; ancak daha yakından incelendiğinde, yüzün belirli normlar doğrultusunda yeniden kurgulandığı görülmektedir. Bu bağlamda “doğal” olarak sunulan görünümün bile aslında seçme, eleme ve yeniden üretme süreçlerinden geçtiği anlaşılmaktadır.

Dikkat çeken bir diğer unsur, yüzün bütüncül bir yapı olarak değil, müdahale edilebilir parçalardan oluşan bir alan gibi ele alınmasıdır. “İnceltilmiş” ifadeler, yüz hatlarının daraltılması, belirginleştirilmesi ve pürüzsüzleştirilmesi yoluyla elde edilen ideal bir formu işaret eder. Bu süreçte bireysel farklılıklar giderek silinmekte; özgünlük yerini tekrarlanabilir ve tanınabilir bir estetik kalıba bırakmaktadır. Böylece yüz, kendine özgü bir temsil olmaktan çıkarak belirli bir idealin taşıyıcısına dönüşmektedir.

Öne çıkan “gençlik ideali”, bu dönüşümün yalnızca estetik bir tercih olmadığını, aynı zamanda kültürel olarak değer verilen bir görünümün yeniden üretildiğini göstermektedir. Gençlik burada biyolojik bir durumdan ziyade, görsel olarak inşa edilmesi gereken bir norm haline gelir. Bu da yüz üzerindeki müdahalelerin, yalnızca güzelleştirme değil, aynı zamanda zamansız ve yaşsız bir görünüm üretme amacı taşıdığını ortaya koymaktadır.

Genel olarak değerlendirildiğinde, bu yapı dijital müdahalelerin rastlantısal ya da bireysel tercihlere dayalı olmadığını; aksine belirli estetik normları sistematik biçimde yeniden ürettiğini göstermektedir. Bu süreçte yüz, olduğu haliyle temsil edilmekten ziyade, idealize edilmiş bir görünüme doğru dönüştürülmekte ve böylece görsel kültür içinde standartlaşmış bir estetik anlayışın parçası haline gelmektedir.

SONUÇ

Bu çalışma, Instagram filtrelerinin dijital beden algısını nasıl dönüştürdüğünü karşılaştırmalı görsel analiz yöntemiyle inceleyerek, dijital görsel kültürde bedenin giderek standardize edilen estetik normlar doğrultusunda yeniden inşa edildiğini ortaya koymuştur. Bulgular, filtrelerin yalnızca yüzeysel bir görsel iyileştirme aracı olmadığını; aksine cilt dokusunun pürüzsüzleştirilmesi, yüz hatlarının inceltilmesi, göz ve burun gibi karakteristik unsurların yeniden biçimlendirilmesi, renk tonlarının homojenleştirilmesi ve duygusal ifadenin sınırlandırılması yoluyla belirli bir “ideal yüz” estetiğini sistematik biçimde yeniden ürettiğini

göstermektedir. Bu bağlamda dijital beden, özgün ve bireysel bir temsilden ziyade, tekrarlanabilir ve algoritmik olarak dolaşıma uygun bir görsel forma indirgenmektedir.

Kuramsal düzlemde bu dönüşüm, John Berger'in "görme biçimleri" yaklaşımı çerçevesinde değerlendirildiğinde, görsel temsillerin tarafsız olmadığı; aksine belirli iktidar ilişkileri, estetik ideolojiler ve kültürel kodlar doğrultusunda üretildiği yönündeki savı doğrulamaktadır. Filtreler aracılığıyla üretilen dijital beden, yalnızca bireyin kendini nasıl görmek istediğini değil; aynı zamanda nasıl görünmesi gerektiğine dair içselleştirilmiş toplumsal beklentileri de yansıtmaktadır. Bu noktada birey, kendi imgesini üretirken dahi "ötekinin bakışını" yeniden üretmekte; böylece dijital temsil, öznenin değil, normatif estetik düzenin bir uzantısına dönüşmektedir.

Bu durum, dijital bedenin bir tür "hipergerçeklik" düzleminde yeniden üretildiğini düşündürmektedir. Gerçeklikten kopuk ancak daha çekici, daha düzenli ve daha kabul edilebilir olan bu temsiller, kullanıcılar tarafından "doğal" olarak algılanmaya başlamakta; böylece estetik normlar görünmez biçimde içselleştirilmektedir. Filtrelerin sunduğu bu idealize edilmiş beden formu, yalnızca bireysel özsaygı ve beden algısını değil; aynı zamanda toplumsal düzeyde güzellik, gençlik ve normallik kavrayışlarını da dönüştürmektedir. Bu bağlamda çalışma, dijital görsel kültürde bedenin metalaşması, nesneleşmesi ve standardizasyonu süreçlerine eleştirel bir perspektif sunmaktadır.

Akademik katkı açısından bu araştırma, üç temel noktada literatüre özgün bir açılım sağlamaktadır. İlk olarak, filtre öncesi ve sonrası görseller üzerinden yürütülen karşılaştırmalı analiz, dijital müdahalelerin somut ve ölçülebilir etkilerini görünür kılmaktadır. İkinci olarak, çalışma teknik bir görsel analizle sınırlı kalmayarak, bu müdahaleleri kültürel ve ideolojik bağlam içinde yorumlayarak disiplinlerarası bir yaklaşım sunmaktadır. Üçüncü olarak ise, dijital bedenin yalnızca bireysel bir temsil değil, aynı zamanda algoritmik görünürlük ve beğeni ekonomisi tarafından şekillenen bir yapı olduğunu ortaya koyarak yeni medya çalışmalarına eleştirel bir katkı sağlamaktadır.

Dijital medya okuryazarlığı programlarında, filtre kullanımının yalnızca teknik değil, ideolojik ve kültürel boyutları da ele alınmalı; kullanıcıların görsel manipülasyonlara karşı eleştirel farkındalık geliştirmesi sağlanmalıdır.

Sosyal medya platformları, kullanıcıları filtre kullanımının etkileri konusunda bilgilendiren etik tasarım yaklaşımları geliştirmelidir.

Gelecek araştırmalarda, farklı kültürel bağlamlarda filtre kullanımının nasıl değiştiği incelenerek estetik normların küresel ve yerel dinamikleri karşılaştırılmalıdır.

Nicel verilerle desteklenen karma yöntemli çalışmalar aracılığıyla, filtrelerin bireylerin beden algısı, özsaygı ve sosyal karşılaştırma süreçleri üzerindeki etkileri daha kapsamlı biçimde analiz edilmelidir.

Farklı platformlar (örneğin video tabanlı uygulamalar veya artırılmış gerçeklik araçları) üzerinden yapılacak karşılaştırmalı çalışmalarla, dijital bedenin dönüşümüne ilişkin daha geniş bir kuramsal çerçeve oluşturulabilir.

Sonuç olarak bu çalışma, dijital bedenin günümüz görsel kültüründe nasıl yeniden üretildiğini, bu üretim sürecinin hangi estetik ve ideolojik kodlara dayandığını ve birey-toplum ilişkisi bağlamında nasıl anlamlandırılması gerektiğini ortaya koymaktadır. Bu yönüyle çalışma, yeni medya, görsel kültür ve iletişim alanlarında dijital beden tartışmalarına eleştirel ve kuramsal derinliği olan bir katkı sunmaktadır.

KAYNAKÇA

Berger, J., & Salman, Y. (1986). *Görme biçimleri*. Metis.

Bourdieu, P. (2019). Distinction: A social critique of the judgement of taste. In *Social Stratification, Class, Race, and Gender in Sociological Perspective, Second Edition* (pp. 499-525). Routledge.

Foucault, M. (1977). Discipline and punish: The birth of the prison, trans. *Alan Sheridan (New York: Vintage, 1979)*, *227*.

Baudrillard, J. (1981). Simulacra and Simulation.

IS THE PATIENT'S ROLE A DETERMINING FACTOR FOR ERAS SUCCESS?

HASTANIN ROLÜ ERAS BAŞARISINDA BELİRLEYİCİ BİR FAKTÖR MÜDÜR?

İlker COŞKUN

Ordu University, Faculty of Medicine, Department of Anesthesiology and Reanimation, Ordu, Turkey

ORCID ID: https://orcid.org/0000-0001-6781-3522

Anıl KILINÇ

Ordu University, Faculty of Medicine, Department of Anesthesiology and Reanimation, Ordu, Turkey

ORCID ID: https://orcid.org/0000-0003-4239-6448

Ebru ÇANAKÇI

Ordu University, Faculty of Medicine, Department of Anesthesiology and Reanimation, Ordu, Turkey

ORCID ID: https://orcid.org/0000-0001-5331-7325

Dehan Nur ORHAN

Ordu University, Faculty of Medicine, Department of Anesthesiology and Reanimation, Ordu, Turkey

ORCID ID: https://orcid.org/0009-0007-7665-8510

ABSTRACT

Introduction: Enhanced Recovery After Surgery (ERAS) protocols are multimodal approaches aimed at reducing complications and accelerating recovery in surgical patients. Although these protocols are based on a multidisciplinary framework, patient participation has emerged as a critical component influencing their effectiveness.

Objective: This review aims to define the role of the patient in ERAS protocols and to evaluate the impact of patient participation on perioperative outcomes.

Content: The fundamental philosophy of ERAS is to reduce the metabolic stress associated with surgical trauma, support the early restoration of physiological functions, and enable a rapid return to normal activity. In ERAS protocols, patients actively participate throughout the preoperative, intraoperative, and postoperative phases. Preoperative education helps patients understand the process and manage expectations. Smoking and alcohol cessation, lifestyle modifications, appropriate nutrition, carbohydrate loading, and physical preparation

(prehabilitation) are key components of the process and largely depend on patient compliance. In the postoperative period, early mobilization, early oral intake, respiratory exercises, and active participation in pain management directly influence recovery. Adherence to post-discharge care plays a crucial role in the early detection of complications. Evidence suggests that increased patient engagement is associated with shorter hospital stays, reduced complication rates, and improved patient satisfaction.

Conclusion: ERAS success is the result of a multidisciplinary process. In ERAS protocols, the patient is not a passive recipient of care but an active component of the process. Active patient participation has become one of the most determining factors in achieving successful outcomes. When patient compliance is inadequate, the effectiveness of ERAS protocols is significantly reduced. Therefore, patient education, effective communication, and patient-centered approaches are essential for the success of ERAS implementation.

Keywords: ERAS, Patient Education, Patient Participation, Multidisciplinary Approach, Recovery

GİRİŞ

Cerrahi sonrası iyileşme süreçlerinin optimize edilmesi, modern perioperatif bakımın temel hedeflerinden biridir. Bu hedef için geliştirilen ERAS (Enhanced Recovery After Surgery, Ameliyat Sonrası İyileşmenin Geliştirilmesi), cerrahi stres yanıtını azaltmayı, komplikasyonları en aza indirmeyi ve hastanede kalış süresini kısaltmayı amaçlayan multimodal yaklaşımlar olarak tanımlanmaktadır (Ljungqvist ve ark., 2017).

ERAS başlangıçta cerrahi teknikler ve anestezi uygulamalarına odaklanmış olsa da güncel yaklaşım bu protokollerin başarısının yalnızca sağlık profesyonellerine bağlı olmadığını, aynı zamanda hastanın aktif katılımının da belirleyici olduğunu ortaya koymaktadır (Carli & Scheede-Bergdahl, 2015).

Son yıllarda yapılan çalışmalar, hasta uyumunun düşük olduğu durumlarda ERAS protokollerinin etkinliğinin belirgin şekilde azaldığını göstermektedir. Bu nedenle hasta, pasif bir bakım alıcısı olmaktan çıkmış, sürecin aktif bir bileşeni haline gelmiştir (Kehlet, 2008).

Bu çalışmanın amacı, ERAS protokollerinde hastanın rolünü analiz etmek ve hasta katılımının klinik sonuçlar üzerindeki etkisini değerlendirmektir.

TARTIŞMA

İlk olarak 1990'lı yıllarda Henrik Kehlet tarafından tanımlanan ve fast-track surgery konsepti üzerine inşa edilen ERAS, günümüzde iyileşmeyi geciktiren uygulamaları ortadan kaldırmayı hedefleyen standartlaştırılmış perioperatif bakım protokolleri haline gelmiştir (Kehlet, 1997; Ljungqvist et al., 2017). ERAS protokolleri multidisipliner bir yaklaşım gerektirir ve cerrah, anestezist, hemşire ve diğer sağlık profesyonellerinin koordinasyonunu içerir. Ancak son yıllarda dikkat çeken önemli bir nokta, hasta katılımının bu sürecin merkezine yerleşmiş olmasıdır. ERAS cerrahi süreçte hasta merkezli, kanıta dayalı, multimodal bir bakım yaklaşımdır. Geleneksel yaklaşımların aksine, ERAS protokollerinde hasta pasif bir alıcı değil, iyileşme sürecinin aktif bir katılımcısı ve ortağıdır.

ERAS'ın Fizyolojik Temelleri

ERAS protokollerinin bilimsel dayanağı, cerrahi stres yanıtının azaltılması yoluyla postoperatif iyileşmenin hızlandırılabileceği görüşüne dayanmaktadır. Cerrahi travma, katekolamin salınımında artış, inflamatuar sitokin yanıtının aktivasyonu, insülin direncinde yükselme, hiperkatabolik durum ve sıvı-elektrolit dengesizlikleri gibi çok yönlü fizyolojik değişikliklere yol açmaktadır (Fearon ve ark., 2010). Bu fizyolojik yanıtlar, postoperatif komplikasyon riskini artırmakta ve fonksiyonel iyileşme sürecini geciktirmektedir. ERAS, cerrahiye verilen metabolik yanıtı azaltmayı ve stres yanıtı zincirinin mümkün olan her basamağını hedefleyen uygulamaların sistematik biçimde bir araya getirilmesiyle oluşturulmuştur.

ERAS protokollerinin temel amacı cerrahi stres yanıtını azaltmak, organ fonksiyonlarını korumak ve iyileşmeyi hızlandırmaktır (Lassen et al., 2012). Bu fizyolojik prensipler, perioperatif sürecin her aşamasına özgü uygulamalara dönüştürülmüştür (Tablo 1). Preoperatif dönem hasta optimizasyonunu ve hazırlığını, hastanın cerrahiye en iyi fizyolojik durumda girmesini amaçlarken; intraoperatif yönetim fizyolojik stabilitenin korunmasına odaklanmakta, postoperatif bakım ise erken fonksiyonel iyileşmeyi teşvik etmektedir. Bu hedeflere ulaşmak için multidisipliner ekip çalışması ve her aşamada hasta uyumu gereklidir.

Tablo 1. ERAS'ın perioperatif süreçte dönemsel hedefleri

Dönem	Amaç	Uygulama
Preoperatif	Stres yanıtını azaltmak	Hasta eğitimi, prehabilitasyon, sigara-alkol kesilmesi, karbonhidrat yükleme, açlık süresinin kısaltılması vb.
İntraoperatif	Organ fonksiyonlarını korumak	Hedefe yönelik sıvı tedavisi, normotermi, minimal invaziv teknik, opioid-sparing analjezi vb.
Postoperatif	İyileşmeyi hızlandırmak, komplikasyonları azaltmak	Erken oral alım, erken mobilizasyon, tüm drenlerin minimal kullanımı vb.

ERAS'ın Temel Prensipleri

ERAS protokolleri, bu fizyolojik çerçeveyi hedefleyerek, perioperatif bakımda kanıta dayalı uygulamaların standardize edilmesini amaçlamaktadır. Perioperatif bakımın her aşamasına rehberlik eden temel prensipler şunlardır:

- **Cerrahi stres yanıtının azaltılması:** Cerrahi travma, hormonal ve inflamatuvar yanıtları tetikleyerek katabolizmayı artırır ve organ fonksiyonlarını olumsuz etkiler. ERAS protokolleri, bu yanıtı sınırlamak amacıyla minimal invaziv cerrahi tekniklerin tercih edilmesini, normoterminin korunmasını ve aşırı sıvı yüklenmesinden kaçınılmasını önerir (Thiele ve ark., 2015).
- **Fizyolojik fonksiyonların korunması:** ERAS yaklaşımı, hastanın fizyolojik dengesinin korunmasını merkezine alır. Uzamış açlık sürelerinden kaçınılması, karbonhidrat yüklemesi, erken mobilizasyon ve erken oral alım gibi uygulamalar; insülin direncini azaltarak iyileşmeyi hızlandırır (Ljungqvist ve ark., 2017).
- **Kanıta dayalı ve standardize bakım:** ERAS protokollerinin temel dayanağı, yüksek düzeyde kanıta sahip klinik uygulamaların standardize edilmesidir. Bu sayede bakım

kalitesinde bireyler arası değişkenlik azaltılır ve öngörülebilir klinik sonuçlar elde edilir (Gustafsson ve ark., 2019).

- **Hasta Merkezli Yaklaşım:** ERAS, hastayı bakım sürecinin pasif bir alıcısı olarak değil, aktif bir paydaşı olarak konumlandırır. Preoperatif eğitim ve bilgilendirme, hastanın beklentilerini yönetir ve protokole uyumu artırır. Hasta katılımının artması, postoperatif sonuçlar üzerinde olumlu etki gösterir (ERAS Society, 2019).
- **Multidisipliner Ekip Çalışması:** ERAS protokollerinin başarısı, cerrah, anestezist, hemşire, diyetisyen ve fizyoterapistin koordineli çalışmasına bağlıdır.

Perioperatif ERAS Uygulamaları ve Hastanın Rolü

ERAS, perioperatif sürecin tüm aşamalarında kanıta dayalı uygulamaların bir araya getirildiği, multidisipliner bir çerçeve sunar. Ameliyat kararı sonrası hastanın evinde başlayıp, taburcu olmasıyla evinde sonlanan yolculuğun tamamıyla ilgili değişiklikler önerir. Pek çok alana özel ERAS rehberleri geliştirilmiştir fakat hepsinde ortak olan temel ögeler Tablo 2'de sunulmuştur.

Tablo 2. ERAS protokollerinin temel ögeleri

Preoperatif	**İntraoperatif**	**Postoperatif**
Hastanın bilgilendirilmesi	Anestezi protokolü	Erken mobilizasyon
Prehebilitasyon ve preoperatif optimizasyon	Sıvı yönetimi	Gastrointestinal motilitenin uyarılması
Beslenme durumunun değerlendirilmesi	Cerrahi kesilerin seçimi	Nazogastrik ve idrar sondasının durumu
Preoperatif barsak temizliği	Hipoterminin önlenmesi	Kan şekeri yönetimi
Tromboemboli ve antibiyotik profilaksisi	Postoperatif bulantı ve kusmanın önlenmesi	Postoperatif analjezi
Preoperatif açlık ve oral karbonhidrat verilmesi	Dren ve kateterlerin kullanımı	Postoperatif beslenme
Alkol ve sigaranın bırakılması		Taburculuk, takip ve sonuçların denetimi

Hasta katılımı, bireyin kendi sağlık sürecine aktif olarak dahil olması olarak tanımlanır. ERAS bağlamında bilgilendirilmiş onam verme, tedaviye uyum, davranış değişikliği, rehabilitasyona aktif katılım gibi bileşenleri içerir (Carli & Scheede-Bergdahl, 2015). Hasta katılımı üç düzeyde değerlendirilir:

- Bilişsel katılım → bilgi ve farkındalık
- Davranışsal katılım → önerilere uyum
- Motivasyonel katılım → sürece aktif istek

Preoperatif ERAS ve Hasta

Preoperatif dönem, ERAS protokollerinin başarısını belirleyen en kritik aşamalardan biridir. Hasta katılımı ve uyumuna en çok ihtiyaç duyulan dönemdir. Bu dönemdeki hedef, hastanın cerrahiye mümkün olan en iyi fizyolojik ve psikolojik durumda girmesini sağlamaktır. Bu aşamadaki uygulamalar, cerrahi sonrası komplikasyon risklerinin büyük bölümünü belirler.

1. Risk değerlendirmesi

Hastanın komorbiditeleri, performans durumu, frajilite düzeyi, beslenme durumu ve hematolojik parametreleri ayrıntılı biçimde değerlendirilmelidir (Carli ve Scheede-Bergdahl, 2015).

2. Hasta eğitimi ve bilgilendirme

Preoperatif hasta eğitimi, ERAS protokollerine uyumu artıran temel unsurlardan biridir. ERAS ekibi hastaya tüm süreç, cerrahi ve anestezi prosedürleri, ağrı yönetimi, erken mobilizasyon ve beslenme hedefleri gibi konularda bilgi verilir. Egzersiz, solunum terapisi gibi bizzat hasta tarafından yapılması gerekli durumlar için eğitim verilir. Onamlar alınır.

Ayrıca "prehabilitation" kavramı, fiziksel kapasitenin artırılmasını hedefler ve hasta iş birliği gerektirir. Bilgi-eğitim ve soru-cevap görüşmeleri anksiyeteyi azaltır, sürece güveni artırır ve postoperatif iyileşmeyi olumlu etkiler (Gustafsson ve ark., 2019). Böylece hastanın sürece uyumu ve aktif katılımı sağlanmış olur. Motivasyonu yüksek hastalarda mobilizasyon daha erken başlar, ağrı toleransı daha iyi olur. Bu nedenle preoperatif eğitim ERAS'ın temel bileşenlerinden biridir (Greco ve ark., 2014).

3. Komorbidite optimizasyonu

KOAH, kalp yetmezliği, diyabet gibi hastalıkların ameliyat öncesi optimize edilmesi, pulmoner ve kardiyak komplikasyonları azaltır. Özellikle diyabet kontrolü, insülin direncinin azaltılması açısından büyük önem taşır. Hastanın diyet, ilaçların kullanımı, kesilmesi ereken ilaçların bırakılması gibi sunulan önerilere dikkat etmesi önemlidir.

4. Sigara ve alkol kullanımının azaltılması

Sigara ve alkol kullanımı, postoperatif komplikasyon riskini artıran önemli faktörlerdir. ERAS kılavuzları, cerrahiden en az 4 hafta önce bu alışkanlıkların bırakılmasını önermektedir (Thiele ve ark., 2015). Özellikle sigara ve alkol kullanımının kontrolü hastanın elinde olan bir durumdur. Yoksunluk sendromu, bağımlılık gibi risklerin varlığında hastanın profesyonel yardım alması sağlanmalıdır.

5.Beslenme ve anemi yönetimi

Oral beslenme destekleri, protein takviyeleri ve demir/eritropoietin tedavisi ERAS protokollerinde güçlü şekilde vurgulanır (Weimann ve ark., 2021). Malnütrisyon, yara iyileşmesi ve immün fonksiyonlar üzerinde olumsuz etkiler yaratır. Elektif büyük bir ameliyat geçirecek her hastanın beslenme durumu sübjektif global değerlendirme (SGD) ve NRS-2002 gibi ölçeklerle mutlaka değerlendirilmelidir. SGD-C veya NRS-2002 skoru 3'ün üzerinde çıkan hastalara preoperatif nütrisyon destek planlanmalı, ameliyat belirli süre (genellikle 7-10 gün yeterli olur) ötelenmelidir.

6. Mekanik bağırsak hazırlığı

Kolon cerrahisi ve kolonoskopi dışında rutin mekanik bağırsak hazırlığından kaçınılması önerilmektedir. Özellikle yaşlı hastada dehidratasyon, sıvı-elektrolit bozukluklarına gelişebilir ve ek sıvı tedavisini gerektiren, hastane yatış süresini uzatan bir duruma yol açabilir (ERAS Society, 2019).

7. Tromboemboli ve antimikrobiyal profilaksi

Tromboemboli ve enfeksiyon profilaksisi, cerrahi risk düzeyine göre standardize edilmelidir. Tromboemboli profilaksisi hastaya göre seçilmeli, düşük molekül ağırlıklı heparin (LMWH), unfraksiyone heparin veya alternatif tromboprofilaksi yöntemleri (tromboemboli önleyici çoraplar, vb) ile sağlanmalıdır. Hasta önerilen profilaksi seçeneğini uygulamalıdır.

8. Açlık süresi ve karbonhidrat yüklemesi

İnsülin direncini artıran geleneksel uzun süreli açlık uygulamalarının aksine güncel kanıtlar; katı gıdaların 6 saat, berrak sıvıların ameliyattan 2 saat öncesine kadar alınabileceğini ve karbonhidrat içeceklerinin metabolik stresi azalttığını göstermektedir (Smith ve ark., 2014). Metabolik tokluk hali sağlanması için ameliyattan önceki gece yarısına kadar 800 ml, ameliyattan 2 saat öncesinde de 400 ml karbonhidrattan zengin sıvı gıda verilmelidir. Bu uygulamanın ameliyat sonrası iyilik halini arttırdığı, insülin direncini azalttığı ve hastanede kalış süresinde anlamlı kısalma yaptığı gösterilmiştir. Hastanın bu sürelere uyumu önemlidir.

İntraoperatif ERAS ve Hasta

İntraoperatif süreç daha çok klinisyen kontrolünde olsa da hastanın preoperatif hazırlığı intraoperatif stabiliteyi doğrudan etkiler. İntraoperatif dönemde ERAS, fizyolojik stabilitenin korunmasına odaklanır, cerrahi stres yanıtının doğrudan yönetildiği aşamadır. Minimal invaziv cerrahi uygulamalar, uygun anestezi tekniklerinin seçimi, hedefe yönelik sıvı yönetimi (normovolemi), normotermi ve multimodal analjezi bu sürecin temel unsurlarıdır. Hasta katılımına en az ihtiyaç duyulan bölümdür.

Postoperatif ERAS ve Hasta

Postoperatif dönem, ERAS protokollerinin klinik çıktılara dönüştüğü aşamadır. Bu dönemde amaç, komplikasyonları önlemek ve fonksiyonel iyileşmeyi hızlandırmaktır. Postoperatif dönemde erken mobilizasyon ve erken oral alım, ERAS protokollerinin en ayırt edici özelliklerindendir. Solunum egzersizleri ve ağrı yönetimine aktif katılım komplikasyonları azaltır. Multimodal analjezi sayesinde yeterli ağrı kontrolü sağlanarak hastanın erken mobilizasyonu teşvik edilir. Postoperatif sıvı kısıtlaması, bulantı-kusma kontrolü ve fonksiyonel iyileşmenin izlenmesi, bakımın standardize edilmesini sağlar. Bu uygulamalar, hastanede kalış süresinin kısalmasına ve hasta memnuniyetinin artmasına katkıda bulunur. Hasta uyumu düşük olduğunda mobilizasyon gecikir, tromboemboli riski artar, iyileşme uzar ve taburculuk gecikir.

1. Erken oral beslenme ve glukoz düzeyi yönetimi

Geleneksel barsak seslerini bekleme yaklaşımı terk edilmiştir. ERAS kapsamında erken oral beslenme, gastrointestinal fonksiyonların daha hızlı geri kazanılmasını sağlar ve katabolizmayı azaltır (Herbert ve ark., 2019). Postoperatif 2. saatte oral su, 4. saatten sonra oral gıda başlanabilir. Ameliyat günü en az 800 ml alması sağlanmalıdır. Oral sıvı alımı arttıkça parenteral sıvı miktarı azaltılmalıdır. Kan şekeri düzeyini 140-180 mg/dL dolaylarında tutmak hedeflenmelidir.

2. Mobilizasyon

Erken mobilizasyon, pulmoner komplikasyonları ve tromboembolik olayları azaltır. ERAS protokolleri, cerrahiden sonraki ilk 24 saat içinde mobilizasyonu teşvik eder (Ljungqvist ve ark., 2017). ERAS protokolüne göre, hastanın ameliyat günü 2 saat, takip eden günlerde ise taburcu olana kadar günde 6 saat yatak dışında kalması sağlanmalıdır.

3. Gastrointestinal motilitenin uyarılması

Postoperatif ileusun önlenmesi ERAS protokollerinin esas amacıdır. Midtorasik epidural analjezi, opioid-free analjezi, normovolemi, erken oral beslenme, erken mobilizasyon, nazogastrik sonda yokluğu barsak fonksiyonlarını iyileştiren uygulamalardır.

4. **Bulantı-Kusma ve sıvı yönetimi**

Postoperatif bulantı ve kusmanın (POBK) önlenmesi, oral alımı kolaylaştırır, nazogastrik sonda ihtiyacını ortadan kaldırır. POBK riski olan hastalar belirlenip profilaksi yapılmalıdır (Schwartz ve Gan, 2020). Gereksiz intravenöz sıvı kullanımından kaçınılarak sıvı dengesi korunmalıdır.

5. Multimodal analjezi

Multimodal analjezi postoperatif dönemde de sürdürülmelidir. Etkili ağrı kontrolü, mobilizasyonu ve solunum fonksiyonlarını doğrudan etkiler (Kehlet ve Dahl, 2003). Opioid kullanımının azaltılması, sedasyon, ileus ve POBK gibi istenmeyen etkilerin önüne geçer.

6. Dren, sonda ve kateterlerin erken çıkarılması

Gereksiz kateter ve drenlerin erken çıkarılması, enfeksiyon riskini azaltır, mobilizasyonu kolaylaştırır ve hasta konforunu artırır (ERAS Society, 2019).

Taburculuk kriterleri ve izlem

ERAS protokollerinde taburculuk, takvim gününe değil fonksiyonel iyileşmeye göre planlanır. Standart taburculuk kriterleri, güvenli ve erken taburculuğu mümkün kılar. Protokol gereği hastaneden çıkış için şu ölçütler sağlanmalıdır:

- Yeterli ağrı kontrolünün sağlanması,
- İntravenöz sıvı ihtiyacının ortadan kalkmış olması,
- Hastanın tek başına, ameliyat öncesindeki kadar mobilize olabilmesi,
- Hastanın eve dönmek için istekli olması

Standardize izlem algoritmaları, komplikasyonların erken tanınmasını sağlar ve mortaliteyi azaltır. Hasta taburculuk sonrası ilk 24-48 telefonla, 7-10.gün hastanede ve 30. gün telefon/hastanede değerlendirilir.

SONUÇ

ERAS protokollerinin başarısı yalnızca tıbbi uygulamalara değil, aynı zamanda hasta katılımına bağlıdır. Hasta, sürecin pasif bir unsuru değil, aktif bir belirleyicisidir. Hasta eğitimi, motivasyon ve multidisipliner yaklaşımın güçlendirilmesi, ERAS başarısını artırmak için kritik öneme sahiptir.

KAYNAKLAR

Carli, F., & Scheede-Bergdahl, C. (2015). Prehabilitation to enhance perioperative care. *Anesthesiology Clinics, 33*(1), 17–33. https://doi.org/10.1016/j.anclin.2014.11.002

ERAS Society. (2019). *ERAS® guidelines*. https://erassociety.org

Fearon, K. C. H., Ljungqvist, O., Von Meyenfeldt, M., Revhaug, A., Dejong, C. H. C., Lassen, K., et al. (2010). Enhanced recovery after surgery: A consensus review of clinical care for patients undergoing colonic resection. *Clinical Nutrition, 29*(4), 466–477.

Greco, M., Capretti, G., Beretta, L., Gemma, M., Pecorelli, N., & Braga, M. (2014). Enhanced recovery program in colorectal surgery: A meta-analysis of randomized controlled trials. *World Journal of Surgery, 38*(6), 15311541. https://doi.org/10.1007/s00268-013-2416-8

Gustafsson, U. O., Scott, M. J., Hubner, M., Nygren, J., Demartines, N., & Ljungqvist, O. (2019). Guidelines for perioperative care in elective colorectal surgery: Enhanced Recovery After Surgery (ERAS®) Society recommendations. *World Journal of Surgery, 43*(3), 659–695.

Herbert, G., Perry, R., Andersen, H. K., Atkinson, C., Penfold, C., Lewis, S. J., et al. (2019). Early enteral nutrition within 24 hours of lower gastrointestinal surgery versus later commencement for length of hospital stay and postoperative complications. *Cochrane Database of Systematic Reviews*, (7), CD004080. https://doi.org/10.1002/14651858.CD004080.pub4

Kehlet, H. (1997). Multimodal approach to control postoperative pathophysiology and rehabilitation. *British Journal of Anaesthesia, 78*(5), 606–617.

Kehlet, H., & Dahl, J. B. (2003). Anaesthesia, surgery, and challenges in postoperative recovery. *The Lancet, 362*(9399), 1921–1928. https://doi.org/10.1016/S0140-6736(03)14966-5

Kehlet, H., & Wilmore, D. W. (2008). Evidence-based surgical care and the evolution of fast-track surgery. *Annals of Surgery, 248*(2), 189–198.

Lassen, K., Coolsen, M. M. E., Slim, K., Carli, F., de Aguilar-Nascimento, J. E., Schäfer, M., et al. (2012). Guidelines for perioperative care for elective colonic surgery: Enhanced Recovery After Surgery (ERAS) Society recommendations. *Clinical Nutrition, 31*(6), 817–830.

Ljungqvist, O., Scott, M., & Fearon, K. C. H. (2017). Enhanced recovery after surgery: A review. *JAMA Surgery, 152*(3), 292–298.

Schwartz, J., & Gan, T. J. (2020). Management of postoperative nausea and vomiting in the context of an enhanced recovery after surgery program. *Best Practice & Research Clinical Anaesthesiology, 34*(4), 687–700. https://doi.org/10.1016/j.bpa.2020.07.011

Smith, M. D., McCall, J., Plank, L., Herbison, G. P., & Soop, M. (2014). Preoperative carbohydrate treatment for enhancing recovery after elective surgery. *Cochrane Database of Systematic Reviews*, (8), CD009161. https://doi.org/10.1002/14651858.CD009161.pub2

Thiele, R. H., Raghunathan, K., Brudney, C. S., Lobo, D. N., Martin, D., Senagore, A., et al. (2015). American Society for Enhanced Recovery and Perioperative Quality Initiative joint consensus statement on perioperative fluid management within an enhanced recovery pathway for colorectal surgery. *Perioperative Medicine, 5*, 24. https://doi.org/10.1186/s13741-016-0049-9

Weimann, A., Braga, M., Carli, F., Higashiguchi, T., Hübner, M., Klek, S., et al. (2021). ESPEN practical guideline: Clinical nutrition in surgery. *Clinical Nutrition, 40*(7), 4745–4761. https://doi.org/10.1016/j.clnu.2021.03.031

NEW APPROACHES AND PRECISION THERAPIES IN EPILEPSY: THE ROLE OF THE PI3K/AKT/mTOR PATHWAY

Elif DOĞAN

Ordu University, Faculty of Medicine, Department of Physiology, Ordu, Türkiye

ORCID ID: https://orcid.org/0000-0001-6063-5583

ABSTRACT

Epilepsy is a chronic neurological disorder that affects approximately 70 million individuals worldwide, with nearly 30% of patients remaining resistant to currently available antiseizure medications. Despite significant pharmacological advances, the etiology and molecular mechanisms underlying epileptogenesis remain to be fully elucidated. The present review aimed to evaluate the role of PI3K/AKT/mTOR pathway dysregulation, neuroinflammatory processes, and their interactions in the pathogenesis of epilepsy, and to explore emerging targeted therapeutic strategies based on these molecular mechanisms.

This review was conducted in accordance with PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses) guidelines. A systematic search of PubMed, Web of Science, and Scopus was performed to identify studies published between 2020 and 2025 using the keywords epilepsy etiology, mTOR pathway, neuroinflammation, epigenetic regulation, and precision therapy. High-impact review articles and original studies from Q1–Q2 journals were included.

The findings highlight that mTOR dysregulation and neuroinflammatory processes, including microglial activation, cytokine signaling, and blood–brain barrier (BBB) dysfunction, act as key drivers of epileptogenesis. Emerging therapeutic strategies targeting these pathways, such as mTOR inhibitors, anti-inflammatory agents, and drug repurposing approaches, demonstrate promising preclinical and clinical outcomes. Additionally, advances in biomarker discovery and gene regulatory network analysis provide new insights into disease heterogeneity and precision medicine approaches.

The convergence of mTOR signalling, neuroinflammation, and epigenetic dysregulation signifies a paradigm shift from channelopathy-based models towards a multi-pathway understanding of epileptogenesis, offering promising targets for disease-modifying and precision medicine-based therapeutic approaches that may address the unmet need of pharmacoresistant epilepsy.

Keywords: Epilepsy, Epigenetics, mTOR, Neuroinflammation, Precision, Therapy

INTRODUCTION

Epilepsy is a prevalent chronic neurological disorder, characterised by an enduring predisposition to generate epileptic seizures, in addition to the neurobiological, cognitive, psychological and social consequences of this condition, as defined by the International League Against Epilepsy (ILAE) (Falco-Walter, 2020). Globally, epilepsy affects approximately 70 million individuals, with incidence rates showing a bimodal distribution, peaking in early

childhood and late adulthood (Falco-Walter, 2020). Despite the widespread availability of over 30 antiseizure medications (ASMs) that act primarily on ion channels and neurotransmitter systems, approximately one-third of patients remain refractory to pharmacological treatment and continue to experience disabling epilepsy, with a substantial burden of comorbidities and increased mortality (Klein et al., 2024).

The persistence of pharmacoresistance despite decades of drug development highlights a fundamental limitation of the traditional channelopathy-based paradigm of epilepsy. There is mounting evidence that epileptogenesis is driven not only by ion channel dysfunction but also by converging abnormalities in intracellular signalling cascades, neuroinflammatory circuits and epigenetic regulatory networks. Among these, the phosphoinositide 3-kinase (PI3K)/protein kinase B (AKT)/mechanistic target of rapamycin (mTOR) pathway has emerged as a central molecular hub linking genetic and acquired forms of structural epilepsy (Ravizza et al., 2024). Pathogenic variants in numerous genes encoding components or regulators of this pathway have been found to be causally associated with a growing group of so-called "mTORopathies", which include tuberous sclerosis complex (TSC), hemimegalencephaly, and focal cortical dysplasia type II (Ravizza et al., 2024). Concurrently, neuroinflammation has transitioned from being regarded as a reactive epiphenomenon to being acknowledged as a recognised driver of epileptogenesis.

The activation of microglia and astrocytes, in conjunction with elevated levels of pro-inflammatory mediators such as interleukin-1β (IL-1β), tumour necrosis factor-alpha (TNF-α), and high-mobility group box 1 (HMGB1), has been demonstrated to contribute to neuronal injury and enhanced network excitability (Kagitani-Shimono et al., 2023; Khatoon et al., 2021). Furthermore, the dysregulation of inflammatory signalling pathways, including the IL-1 receptor/Toll-like receptor axis and the disruption of the BBB, serves to further amplify epileptic processes and disease progression (Yazdi et al., 2025). The bidirectional interaction between mTOR signalling and neuroinflammatory pathways has been demonstrated by numerous studies. mTOR activation has been shown to promote inflammatory responses, while inflammatory mediators have been found to further stimulate mTOR signalling, creating a pathological feedback loop that accelerates epileptogenesis (Ravizza et al., 2024; Zeng et al., 2022). Epigenetic and transcriptomic alterations, encompassing changes in non-coding RNA expression and gene regulatory networks, have been demonstrated to modulate both mTOR activity and inflammatory signaling, thereby contributing to disease heterogeneity and progression (Francois et al., 2024; Zeng et al., 2022).

This evolving understanding has driven a paradigm shift in epilepsy research, moving from symptomatic seizure suppression towards the development of disease-modifying and precision-based therapeutic strategies. Emerging approaches include mTOR inhibitors, anti-inflammatory agents, drug re-purposing strategies, and molecular targeted interventions aimed at correcting underlying pathogenic mechanisms (Bojja et al., 2021; Lu et al., 2024; Pottoo et al., 2021).

Therefore, this study aimed to evaluate the role of PI3K/AKT/mTOR pathway dysregulation, neuroinflammatory processes and their interactions in the pathogenesis of epilepsy in a structured and PRISMA-oriented manner. The study also aimed to explore emerging targeted therapeutic strategies based on this integrated mechanistic framework.

METHODS

This work was designed as a structured narrative review, conducted in accordance with the PRISMA guidelines. A systematic literature search was performed across three major biomedical databases: PubMed/MEDLINE, Web of Science and Scopus. To focus on the most

recent mechanistic and therapeutic advances, the search was restricted to studies published between January 2020 and July 2025. The following search terms were used, both individually and in Boolean combinations: “epilepsy etiology”, “mTOR pathway”, “neuroinflammation”,”epigenetic regulation” and “precision therapy”.

The titles and abstracts of the identified records were screened for relevance. The full-text versions of potentially suitable articles were then evaluated in detail. Studies were included if they were original research articles or high-impact narrative or systematic reviews; if they had been published in Q1–Q2 indexed journals; and if they were written in English. Particular attention was paid to studies that addressed the molecular mechanisms of epileptogenesis, neuroinflammation, epigenetic regulation, or emerging treatment strategies. Case reports, editorial articles lacking primary data, conference abstracts and non-peer-reviewed sources were excluded. All selected studies underwent critical evaluation in terms of their methodological rigour, translational relevance, and contribution to a comprehensive and holistic understanding of epilepsy pathophysiology and precise therapeutic approaches.

RESULTS

This analysis of the reviewed studies consistently demonstrates that the dysregulation of the mTOR signalling pathway and associated molecular mechanisms, as well as neuroinflammation, play a central role in epileptogenesis (Hodges & Lugo, 2020; Ravizza et al., 2024).

Firstly, numerous studies indicate that hyperactivation of the PI3K/AKT/mTOR pathway is a key factor in epileptic processes, with mTOR activation being associated with neuronal hyperexcitability, impaired synaptic plasticity, suppression of autophagy and abnormal cellular growth (Chen et al., 2023; Zhao et al., 2023). The PI3K/AKT/mTOR pathway plays a critical role in both genetic and acquired forms of epilepsy, particularly in conditions such as tuberous sclerosis complex (TSC), focal cortical dysplasia and temporal lobe epilepsy(Balthazard et al., 2025; Shakerzadeh et al., 2025).

Neuroinflammation has emerged as a second major mechanism in epileptogenesis. The activation of microglia and astrocytes leads to an increased production of pro-inflammatory cytokines, such as IL-1β, IL-6 and TNF-α. These cytokines contribute to neuronal damage and a lowered seizure threshold (Kagitani-Shimono et al., 2023; Khatoon et al., 2021). Further clinical and experimental evidence indicates that the extent of microglial activation is directly associated with the severity of epilepsy and cognitive impairment (Kagitani-Shimono et al., 2023). Furthermore, chronic inflammation and BBB dysfunction are significant factors in post-traumatic epilepsy (Yazdi et al., 2025).

Crucially, these two mechanisms are not independent of each other, but instead form a mutually reinforcing pathological loop. Activation of the mTOR signalling pathway enhances inflammatory processes, and inflammatory mediators then stimulate further activation of mTOR, accelerating the progression of epileptogenesis (Ravizza et al., 2024; Zeng et al., 2022). This bidirectional interaction is a key “molecular convergence point” in epilepsy.

The examined studies indicate that epilepsy is not confined to these two pathways and that the mTOR pathway is also a complex molecular network. Oxidative stress and mitochondrial dysfunction, in particular, play critical roles in epileptic processes (Ildarabadi et al., 2024), while disturbances in calcium signalling and intracellular ion homeostasis further contribute to neuronal damage (Tapella et al., 2021). Additionally, alterations in synaptic plasticity mechanisms, particularly an imbalance between long-term potentiation (LTP) and long-term depression (LTD), can enhance neuronal hyperexcitability (Marin-Castaneda et al., 2024).

Furthermore, transcriptomic and gene expression studies have revealed widespread molecular alterations related to neuroinflammation, metabolism and synaptic function in epilepsy (Francois et al., 2024).

Pharmacological studies have indicated that these molecular mechanisms can be effectively targeted for therapeutic intervention. mTOR inhibitors like rapamycin and everolimus and anti-inflammatory agents have demonstrated efficacy in reducing epileptic activity (Pottoo et al., 2021; Zhao et al., 2023). In addition, natural compounds, including luteolin, fisetin and sinomenine, have been demonstrated to suppress neuroinflammation and reduce seizure severity (Hong et al., 2022; Khatoon et al., 2021; Schneider et al., 2025). Furthermore, drug repurposing strategies have attracted significant attention, with agents such as metformin and vitamin D exhibiting modulatory effects on mTOR signalling and inflammatory pathways (Bojja et al., 2021; Lu et al., 2024). Furthermore, the ketogenic diet has been emphasised for its neuroprotective effects through the reduction of oxidative stress and inflammation (Ildarabadi et al., 2024).

Studies of biomarkers have emphasised the heterogeneous nature of epilepsy and shown that cytokine profiles, patterns of gene expression, imaging results and microRNAs could be valuable in predicting disease progression and how patients will respond to treatment (Balthazard et al., 2025; Francois et al., 2024).

DISCUSSION

The articles examined for this study support a fundamental reconceptualisation of epilepsy. Epilepsy is increasingly recognised not merely as a channel disorder, but as the clinical manifestation of a multidimensional network dysfunction in which PI3K/AKT/mTOR dysregulation, neuroinflammation, BBB dysfunction and epigenetic reprogramming converge to shape epileptogenesis and drug resistance. This holistic perspective elucidates, at least in part, the reasons why treatments that are purely symptomatic and focused on ion channels have been unsuccessful in curing or preventing epilepsy in a significant proportion of patients, and why the latest treatment candidates are increasingly targeting upstream signalling centres rather than merely downstream excitability.

The dysregulation of mTOR has been demonstrated to promote abnormal neuronal growth, synaptic remodelling and excitability (Zhao et al., 2023). Concurrently, neuroinflammation has been shown to engender a pro-epileptogenic microenvironment (Kagitani-Shimono et al., 2023) . The bidirectional interaction between these factors has been demonstrated to be a significant factor in the persistence and progression of the disease (Zeng et al., 2022)

Additional factors, including oxidative stress, calcium signalling, and gene regulatory networks, further contribute to the complexity of the disease (Francois et al., 2024; Ildarabadi et al., 2024). These findings underscore the necessity for multi-target therapeutic strategies.

Despite the initial promise of preclinical findings, translation to clinical practice remains limited due to the heterogeneity of the disease and the lack of validated biomarkers.

CONCLUSION

The convergence of PI3K/AKT/mTOR signalling, neuroinflammation and epigenetic dysregulation challenges the traditional understanding of epileptogenesis. Moving beyond classical channelopathy models, it suggests a multi-pathway mechanism. These interconnected molecular cascades may explain why a significant proportion of patients remain drug-resistant

despite the use of modern antiepileptic drugs and present new opportunities for treatment. Emerging precision therapies, such as mTOR inhibitors, anti-inflammatory biologics, antisense oligonucleotides, gene therapies and epigenome regulation strategies, together with over 200 new agents currently in the preclinical and clinical stages, have the potential to transform the treatment of epilepsy from the suppression of symptoms to the modification of the disease itself. However, to realise this potential, advanced molecular diagnostics, biomarker-driven patient stratification and carefully designed, mechanism-based clinical trials will need to be integrated in a coordinated manner. This will enable each patient to be directed towards the treatment best suited to their epilepsy's specific molecular profile. Future research should therefore focus on biomarker validation and personalised treatment strategies.

REFERENCES

Balthazard, R., Drouin-Engler, R. M., Bertrand, S., Zine-Eddine, F., Li, J., Tastet, O., Daigneault, A., Mamane, V. H., Ortega-Delgado, G. G., Sreng Flores, A. M., Kaufmann, D. E., Major, P., House, A. A., Letourneau-Guillon, L., Arbour, N., Keezer, M. R., & Larochelle, C. (2025). Distinct peripheral pro-inflammatory profile associated with tuberous sclerosis complex and epilepsy. *Epilepsia*, *66*(4), 1288-1303. https://doi.org/10.1111/epi.18261

Bojja, S. L., Medhi, B., Anand, S., Bhatia, A., Joshi, R., & Minz, R. W. (2021). Metformin ameliorates the status epilepticus- induced hippocampal pathology through possible mTOR modulation. *Inflammopharmacology*, *29*(1), 137-151. https://doi.org/10.1007/s10787-020-00782-8

Chen, C., Zhu, T., Gong, L., Hu, Z., Wei, H., Fan, J., Lin, D., Wang, X., Xu, J., Dong, X., Wang, Y., Xia, N., Zeng, L., Jiang, P., & Xie, Y. (2023). Trpm2 deficiency in microglia attenuates neuroinflammation during epileptogenesis by upregulating autophagy via the AMPK/mTOR pathway. *Neurobiol Dis*, *186*, 106273. https://doi.org/10.1016/j.nbd.2023.106273

Falco-Walter, J. (2020). Epilepsy-Definition, Classification, Pathophysiology, and Epidemiology. *Semin Neurol*, *40*(6), 617-623. https://doi.org/10.1055/s-0040-1718719

Francois, L., Romagnolo, A., Luinenburg, M. J., Anink, J. J., Godard, P., Rajman, M., van Eyll, J., Muhlebner, A., Skelton, A., Mills, J. D., Dedeurwaerdere, S., & Aronica, E. (2024). Identification of gene regulatory networks affected across drug-resistant epilepsies. *Nat Commun*, *15*(1), 2180. https://doi.org/10.1038/s41467-024-46592-2

Hodges, S. L., & Lugo, J. N. (2020). Therapeutic role of targeting mTOR signaling and neuroinflammation in epilepsy. *Epilepsy Res*, *161*, 106282. https://doi.org/10.1016/j.eplepsyres.2020.106282

Hong, H., Lu, X., Lu, Q., Huang, C., & Cui, Z. (2022). Potential therapeutic effects and pharmacological evidence of sinomenine in central nervous system disorders. *Front Pharmacol*, *13*, 1015035. https://doi.org/10.3389/fphar.2022.1015035

Ildarabadi, A., Mir Mohammad Ali, S. N., Rahmani, F., Mosavari, N., Pourbakhtyaran, E., & Rezaei, N. (2024). Inflammation and oxidative stress in epileptic children: from molecular mechanisms to clinical application of ketogenic diet. *Rev Neurosci*, *35*(4), 473-488. https://doi.org/10.1515/revneuro-2023-0128

Kagitani-Shimono, K., Kato, H., Soeda, F., Iwatani, Y., Mukai, M., Ogawa, K., Tominaga, K., Nabatame, S., & Taniike, M. (2023). Extension of microglial activation is associated with epilepsy and cognitive dysfunction in Tuberous sclerosis complex: A TSPO-PET study. *Neuroimage Clin*, *37*, 103288. https://doi.org/10.1016/j.nicl.2022.103288

Khatoon, S., Agarwal, N. B., Samim, M., & Alam, O. (2021). Neuroprotective Effect of Fisetin Through Suppression of IL-1R/TLR Axis and Apoptosis in Pentylenetetrazole-Induced Kindling in Mice. *Front Neurol*, *12*, 689069. https://doi.org/10.3389/fneur.2021.689069

Klein, P., Kaminski, R. M., Koepp, M., & Loscher, W. (2024). New epilepsy therapies in development. *Nat Rev Drug Discov*, *23*(9), 682-708. https://doi.org/10.1038/s41573-024-00981-w

Lu, T., Chen, X., Zhang, Q., Shang, K., Yang, X., & Xiang, W. (2024). Vitamin D Relieves Epilepsy Symptoms and Neuroinflammation in Juvenile Mice by Activating the mTOR Signaling Pathway via RAF1: Insights from Network Pharmacology and Molecular Docking Studies. *Neurochem Res*, *49*(9), 2379-2392. https://doi.org/10.1007/s11064-024-04176-y

Marin-Castaneda, L. A., Pacheco Aispuro, G., Gonzalez-Garibay, G., Martinez Zamora, C. A., Romo-Parra, H., Rubio-Osornio, M., & Rubio, C. (2024). Interplay of epilepsy and long-term potentiation: implications for memory. *Front Neurosci*, *18*, 1451740. https://doi.org/10.3389/fnins.2024.1451740

Pottoo, F. H., Salahuddin, M., Khan, F. A., Alomar, F., Al Dhamen, M. A., Alhashim, A. F., Alqattan, H. H., Gomaa, M. S., & Alomary, M. N. (2021). Thymoquinone Potentiates the Effect of Phenytoin against Electroshock-Induced Convulsions in Rats by Reducing the Hyperactivation of m-TOR Pathway and Neuroinflammation: Evidence from In Vivo, In Vitro and Computational Studies. *Pharmaceuticals (Basel)*, *14*(11). https://doi.org/10.3390/ph14111132

Ravizza, T., Scheper, M., Di Sapia, R., Gorter, J., Aronica, E., & Vezzani, A. (2024). mTOR and neuroinflammation in epilepsy: implications for disease progression and treatment. *Nat Rev Neurosci*, *25*(5), 334-350. https://doi.org/10.1038/s41583-024-00805-1

Schneider, S. E., Pedroso, J., Lima-Rezende, C. A., Mazon, S. C., Dos Santos, A. E., Aguiar, G. P. S., Lanza, M., Hort, M. A., Oliveira, J. V., Piato, A., Muller, L. G., & Siebel, A. M. (2025). Zebrafish-based assessment of luteolin's potential in modulating seizure responses. *Front Pharmacol*, *16*, 1656301. https://doi.org/10.3389/fphar.2025.1656301

Shakerzadeh, J., Jarousek, R., Goliasova, Z., & Brazdil, M. (2025). Molecular Signature in Focal Cortical Dysplasia: A Systematic Review of RNA and Protein Data. *Int J Mol Sci*, *26*(20). https://doi.org/10.3390/ijms26209909

Tapella, L., Dematteis, G., Ruffinatti, F. A., Ponzoni, L., Fiordaliso, F., Corbelli, A., Albanese, E., Pistolato, B., Pagano, J., Barberis, E., Marengo, E., Balducci, C., Forloni, G., Verpelli, C., Sala, C., Distasi, C., Sala, M., Manfredi, M., Genazzani, A. A., & Lim, D. (2021). Deletion of calcineurin from astrocytes reproduces proteome signature of Alzheimer's disease and epilepsy and predisposes to seizures. *Cell Calcium*, *100*, 102480. https://doi.org/10.1016/j.ceca.2021.102480

Yazdi, S. M., Gomez, A. J., Goldman, A., & Tsetsou, S. (2025). The path to post-traumatic epilepsy: A review of emerging biomarkers and therapeutic targets. *Seizure*, *133*, 195-201. https://doi.org/10.1016/j.seizure.2025.10.021

Zeng, C., Hu, J., Chen, F., Huang, T., & Zhang, L. (2022). The Coordination of mTOR Signaling and Non-Coding RNA in Regulating Epileptic Neuroinflammation. *Front Immunol*, *13*, 924642. https://doi.org/10.3389/fimmu.2022.924642

Zhao, W., Xie, C., Zhang, X., Liu, J., Liu, J., & Xia, Z. (2023). Advances in the mTOR signaling pathway and its inhibitor rapamycin in epilepsy. *Brain Behav*, *13*(6), e2995. https://doi.org/10.1002/brb3.2995

ECO-FRIENDLY SYNTHESIS OF ZnO NANOPARTICLES USING MOUNTAIN TEA (*Sideritis spp*.) EXTRACT AND THEIR APPLICATION IN Ni (II) REMOVAL FROM WASTEWATER

Dr. Öğretim Üyesi Pınar BOZBEYOĞLU

Gumushane University, Gumushane Vocational School, Department of Electronics and Automation, Biomedical Device Technology Program, Gumushane, Turkey

ORCID ID: https://orcid.org/0000-0002-3704-2701

ABSTRACT

Heavy metal pollution resulting from industrial activities constitutes a significant environmental problem, particularly in aqueous environments, due to its persistent and toxic effects. In this study, ZnO nanoparticles (ZnO NPs) were produced from zinc acetate precursor using mountain tea extract as an environmentally friendly and sustainable approach, and their performance in removing Ni(II) ions from industrial wastewater using an ICP-MS device was investigated. A literature review revealed no similar studies on Ni(II) removal using ZnO nanoparticles synthesized from mountain tea extract, making this study unique.

The synthesized nanoparticles were comprehensively characterized using transmission electron microscopy (TEM), dynamic light scattering (DLS) Particle Size Analysis, and X-ray diffraction (XRD) techniques to determine their morphological, structural and dimensional properties. Adsorption experiments were conducted; The pH (2.0–6.0), contact time (5–150 min), initial Ni(II) concentration (10–100 mg/L), and adsorbent dose (0.25–1.0 g/L) parameters were individually investigated and optimized.

According to the findings, the optimum adsorption pH range for ZnO NPs was determined to be 5–6. It was observed that the adsorption capacity increased with increasing contact time, and the system stabilized after approximately 120 minutes. Adsorption isotherm analyses revealed that the system showed a high fit to the Langmuir isotherm model, with a maximum adsorption capacity (Q_{max}) of 34.1 mg/g. This indicates that adsorption occurs on monolayer and homogeneous surfaces. Kinetic modeling results showed that the experimental data fit the pseudo-second-order kinetic model better. This finding indicates that the adsorption process is controlled by a mechanism dominated by chemical interactions.

Consequently, ZnO nanoparticles obtained by green synthesis using mountain tea (Sideritis spp) extract offer significant potential as an effective, environmentally friendly, and sustainable adsorbent for the removal of Ni(II) ions.

Key Words: ZnO nanoparticles, Ni(II) removal, green synthesis, ICP-MS, wastewater, environmetal chemistry

1. INTRODUCTION

Pure water is an indispensable resource for a healthy life (Chang et al., 2011). While water plays a vital role for humanity, water quality is also important for protecting and improving human health. Advances in industry and technology are driving activities towards the use of clean water

in both local and industrial areas (Amalina et al., 2022). Human-made technological errors are reducing the cleanliness and quality of water. Due to rapid population growth, living standards are increasing water supply. Today, the world faces a major challenge in environmental degradation, particularly due to water pollution (Wang et al., 2023). Heavy metals are particularly important for humanity, especially in the production of thermometers and kitchenware (Arab et al., 2022). Heavy metals are toxic and dangerous to the environment. It is known that heavy metals have neurotoxic and carcinogenic effects even at low concentrations (Wang et al., 2013).

The concentrations of numerous trace metals in aquatic environments have been significantly reduced through the implementation of Environmental Quality Standards. Filtration, reverse osmosis, chemical precipitation, ion exchange, electroprecipitation, and adsorption methods have been widely employed for the removal of toxic metals from water systems (Gündoğdu et al., 2018; Arab et al., 2022).

1.1. Aim and Scope of the Study

This research investigates the production of zinc oxide nanoparticles (ZnO NPs) using the extract of the Mountain Tea (*Sideritis spp*.), commonly found in the flora of Turkey, according to an environmentally friendly "green synthesis" method, and the potential of this biotechnological product in the treatment of Nickel (Ni) ions in industrial wastewater. Within the scope of the study, the synthesized nanoparticles were characterized, and their effectiveness in removing Ni(II) ions, which have a critical place in heavy metal pollution, was comprehensively tested with adsorption experiments.

1.2. Methods of Removing Heavy Metals from Wastewater

This classifies the main methods used to remove heavy metals (lead, mercury, cadmium, etc.) that are harmful to the environment and found in industrial or domestic wastewater.

Precipitation Methods: This is the process of converting metal ions into water-insoluble solid particles (usually in the form of hydroxide or sulfide) by adding chemical substances, and separating these precipitated solids from the water.

Membrane Techniques: This is the process of physically filtering heavy metals by passing water through membranes with a specific pore diameter. The diagram lists three sub-techniques under this heading:

- Nanofiltration: Used for the separation of very small molecules and multivalent ions. - Reverse Osmosis: A method that uses high pressure to pass water through a semi-permeable membrane, providing the finest level of purification.

- Micelle Ultrafiltration: The trapping of metal ions in micelles using surfactants and then their removal by ultrafiltration.

Ion Exchange: Based on the principle of exchanging harmful metals in water with harmless ions (e.g., hydrogen or sodium) on a resin.

Extraction: The separation of heavy metals by transferring them from the water phase to an organic phase with the help of a solvent that does not mix with water.

Adsorption: This is the focus of this diagram. It is the process of separating metal ions in a liquid from water by attaching them to a solid surface (adsorbent) (Şen, 2015).

1.2.1.Adsorption and Types of Adsorbents

Synthetic Adsorbents

These man-made materials are developed in a laboratory environment for high efficiency:

Organic (Polymers): Synthetic plastic or resin-based structures with a high capacity to bind metal ions.

Inorganic (Metal Oxides): Structures that can attract metal ions to their surface, such as iron oxide or aluminum oxide.

Hybrids (Organic/Inorganic): Composite materials that combine the advantages of both organic and inorganic components.

Natural Adsorbents

These are more economical alternatives found in nature or obtained from natural waste:

Lignin: A polymer found in the structure of woody plants that can hold metals.

Biomass: Living/dead organic matter such as agricultural waste or microorganisms. Cotton: Can hold metal ions with its natural cellulose structure.

Zeolites: Natural minerals with a high ion exchange capacity thanks to their porous structure.

Nanoparticles: Nano-sized structures synthesized from naturally occurring or naturally occurring waste using green synthesis methods.

Nickel pollution is a toxic element that can leave irreversible damage on aquatic ecosystems and human health. It is frequently found in the discharge waters of industrial processes such as mining activities, oil refineries, electroplating processes, and battery production. Ni(II) ions exhibit high toxicity and tend to bioaccumulate in living organisms through the food chain. The limit values for nickel ions have been determined as 0,02-0,07 mg/L in drinking water and 0,02 mg/L in wastewater (WHO, 2023). Concentrations above these limits necessitate an urgent and effective treatment process. Therefore, basic treatment techniques, and especially adsorption techniques, are frequently preferred.

1.3. Advantages of the Adsorption Method

High Removal Efficiency: It allows for the removal of pollutants at rates up to 99%. Cost-Effectiveness: Requires lower operating costs and energy needs compared to other methods.

Operational Ease: Easily applicable with simple design parameters.

Environmentally Friendly and Renewable: Minimizing chemical sludge formation and the ability to recover and reuse adsorbents (regeneration) are critical for sustainability.

Versatility: Shows high effectiveness on heavy metals, dyes, and organic compounds even at low concentrations.

Although studies on ZnO NPs with different plants exist in the literature, these studies generally focus on the biological activities of the material, such as antioxidant or antibacterial. When the current literature is examined, it is seen that studies on the use of ZnO nanoparticles synthesized using Sideritis spp. plant extract in Ni(II) removal are quite limited.

2. MATERIALS AND METHODS

2.1. Preparation of Plant Extract (*Sideritis spp*.)

Naturally harvested mountain tea (*Sideritis spp*.) from Ekinözü district of Kahramanmaraş was chosen for use in nanoparticle synthesis. The reason for choosing this plant is its low cost and accessibility, as well as its rich bioactive component content, which improves pore structure and plays a biological reducing role in synthesis. To prepare the extract of mountain tea leaves, fresh leaves were thoroughly washed first with tap water and then with distilled water to remove any possible impurities. The leaves were air-dried at room temperature (37°C) for one week.

The dried leaves were ground into a fine powder using a grinder. This powder was mixed with 500 mL of pure water. After heating at 70°C for 30 min the mixture was filtered using Whatman No. 1 filter paper. As a result, mountain tea extracts were obtained and stored at 4°C.

2.2. Green Synthesis of ZnO Nanoparticles

0.01 M zinc acetate dihydrate [$Zn(CH_3COO)_2 \cdot 2H_2O$] solution was prepared in distilled water. Firstly 95 mL of 0.01 M zinc acetate dihydrate solution was mixed with 5 mL of plant extract obtained from *Sideritis spp.* The resulting mixture was incubated at 70 °C for 1 hour at 150 rpm under continuous shaking. The reaction process was continued until the formation of a white precipitate at the bottom of the tube was observed. The supernatant above the precipitate was decanted and removed, and the colloidal precipitate was transferred to centrifuge tubes. The samples were centrifuged at 3000 rpm for 30 minutes and then washed with distilled water. The washing process was repeated three times to remove possible impurities and unreacted components (Naseer, 2020).

The precipitate obtained after washing was dried at 50 °C. To remove organic residues from the plant extract and to support the formation of the ZnO crystal structure, the dried precipitate was calcined at 400 °C for 2 hours. In the literature, it has been reported that calcination temperatures in the range of 300–500 °C are generally preferred for obtaining ZnO nanoparticles in the crystalline phase (Rajiv, 2013). The temperature value of 400 °C selected in this study was considered to be a suitable temperature in terms of both effectively removing organic residues and keeping particle growth under control. The selection of a calcination time of 2 hours is consistent with the times commonly used in the literature for ensuring sufficient crystallization and completion of phase transformation. ZnO nanoparticles were obtained as a result of the calcination process (Kalpana, 2018; Rajiv, 2013).

-ZnO NP Sentez Mekanizması

In the first stage, Zn^{2+} ions interact with hydroxyl (-OH) and carbonyl (C=O) groups in the plant extract to form organic Zn complexes. This complexation process promotes homogeneous nucleation by preventing the uncontrolled precipitation of free Zn^{2+} ions in the solution.

$$Zn^{2+} + 2OH^- \rightarrow Zn(OH)_2$$

In the second stage, Zn^{2+} ions undergo hydrolysis under the influence of temperature and pH in the reaction medium, forming the $Zn(OH)_2$ intermediate phase.

$$Zn(OH)_2 \rightarrow ZnO + H_2O$$

The resulting $Zn(OH)_2$ structures transform into nanoparticle form over time through nucleation and growth mechanisms. In the final stage, during the applied calcination process, $Zn(OH)_2$ thermally decomposes, transforming into a crystalline ZnO structure. Calcination also removes organic residues originating from the plant extract, increasing the crystallinity and purity of the ZnO nanoparticles.

2.3. Characterization Techniques

XRD: For crystal structure analysis and phase determination (confirmation of hexagonal wurtzite), the standard reference JCPDS card number 36-1451 (Wurtzite structure) is generally used for ZnO NPs. The XRD graph was compared with standard reference card numbers.

DLS : The size distribution of the ZnO nanoparticle was obtained using a Zetasizer (Malvern). Liquid samples of ZnO nanoparticles were diluted tenfold using ultrapure water.

TEM: Performed for imaging particle morphology and monodispersion analysis.

2.4. Adsorption Experiment Design

Adsorption experiments were conducted at 25°C with 10 mL metal solutions prepared using nickel sulfate hydrate ($NiSO_4 \cdot H_2O$): The concentration of Ni(II) remaining in the solution after adsorption was determined using ICP-MS (Agilent 7700 series). The adsorption capacities of the remaining Ni(II) ions were interpreted using isotherm and kinetic models and plotted.

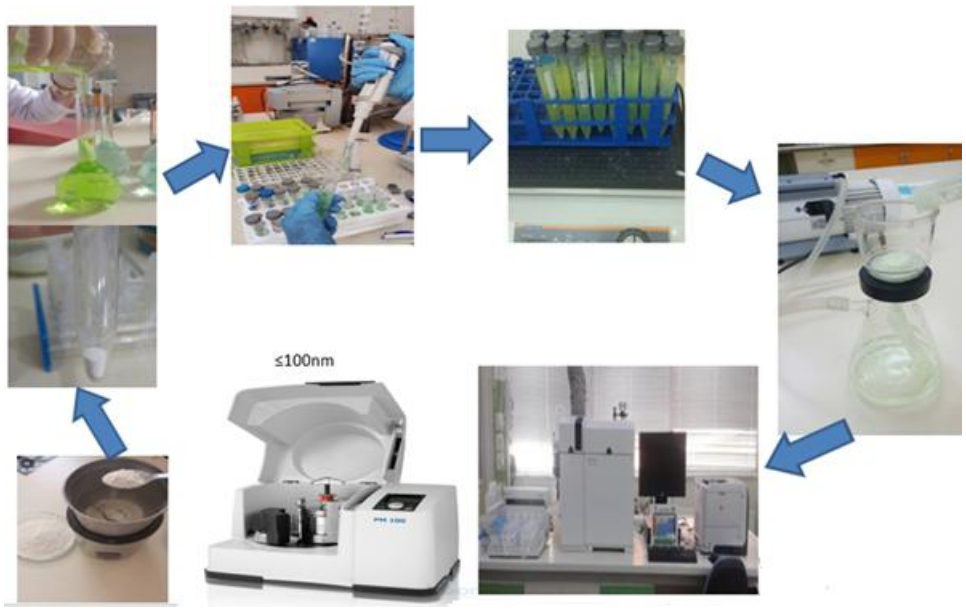


Figure 1. Schematic representation of adsorption process.

Table 1. Adsorption parameters studied.

Parameters	**Value Range**
Initial Ni(II) Concentration	10 - 100 mg/L
Adsorbent Dose	0,25 – 1,0 g/L
Contact Time	5 - 150 min
Operating pH Range	2,0 – 8,0
Solution Volume	10 mL

3. RESULTS

3.1. Characterization Analysis Results

3.1.1. XRD Analysis

The characteristic peaks observed in the XRD pattern confirmed that the material is in the "hexagonal wurtzite" phase as a result of comparisons with standard cards.The XRD pattern of the synthesized ZnO nanoparticles exhibits characteristic diffraction peaks at $2\theta \approx 31.7°$, 34.4°, 36.2°, 47.5°, 56.6° and 62.8°, corresponding to planes (100), (002), (101), (102), (110) and (103), respectively. These peaks confirm the formation of the hexagonal wurtzite structure (JCPDS No. 36-1451). The sharp and intense peaks indicate the high crystallinity of the ZnO nanoparticles. No secondary phases or impurity peaks were observed, indicating the high purity of the synthesized material.

3.1.2. TEM Analysis and Particle Size (DLS)

TEM images revealed that the ZnO nanoparticles have a hemispherical morphology. The average size was calculated as 47.54 nm (Standard deviation: 8.31) and the PDI value was 0.0306. This relatively low polydispersity index indicates that the particles are highly monodisperse (homogeneous size distribution) (Karpuz et al., 2025). The zeta potential of the ZnO nanoparticles was determined using water as a dispersing agent. The particle size of ~47 nm obtained in the TEM analysis indicates a huge specific surface area, and it is thought that the adsorption capacity is related to these morphological features.

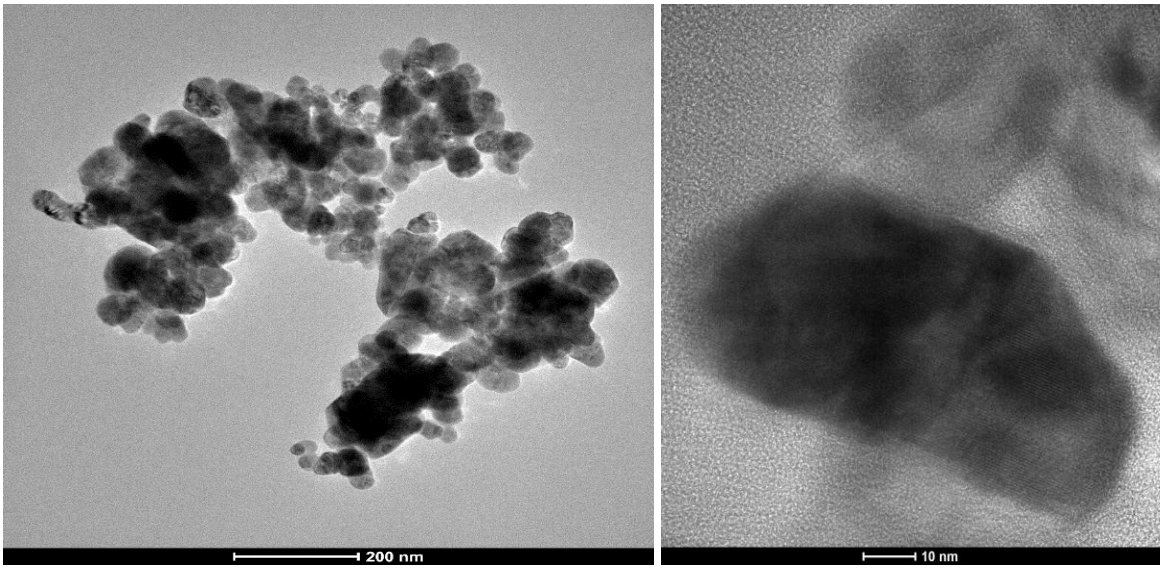


Figure 2. TEM images of synthesized ZnO NPs.

The size distribution graph of the synthesized ZnO nanoparticles given in Fig. 3 shows that the average particle size is approximately 47.54 nm. The histogram shows an approximately normal (Gaussian) distribution. The standard deviation of 8.31 nm reflects that most of the particles clustered within a limited size range and showed controlled growth, indicating that they were not agglomerated. According to the DLS analysis, the narrow size distribution obtained shows that increasing the surface area of the nanoparticles positively contributes to the adsorption performance**.**

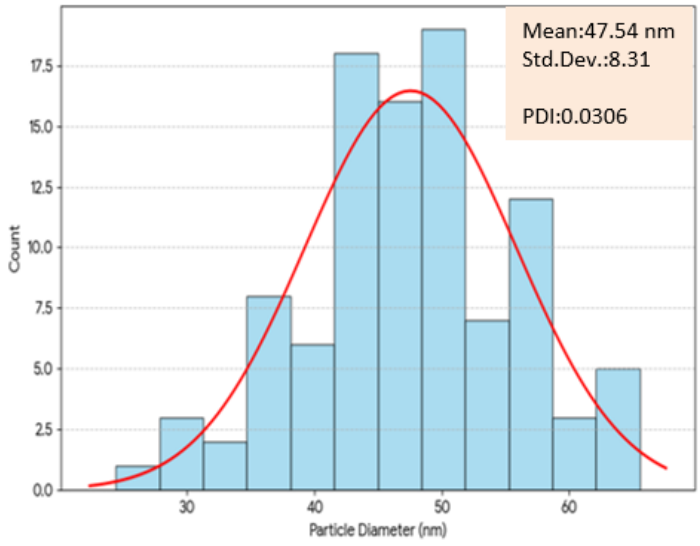


Figure 3. Particle size distribution of ZnO nanoparticles.

3.1.3. FTIR Spectrum

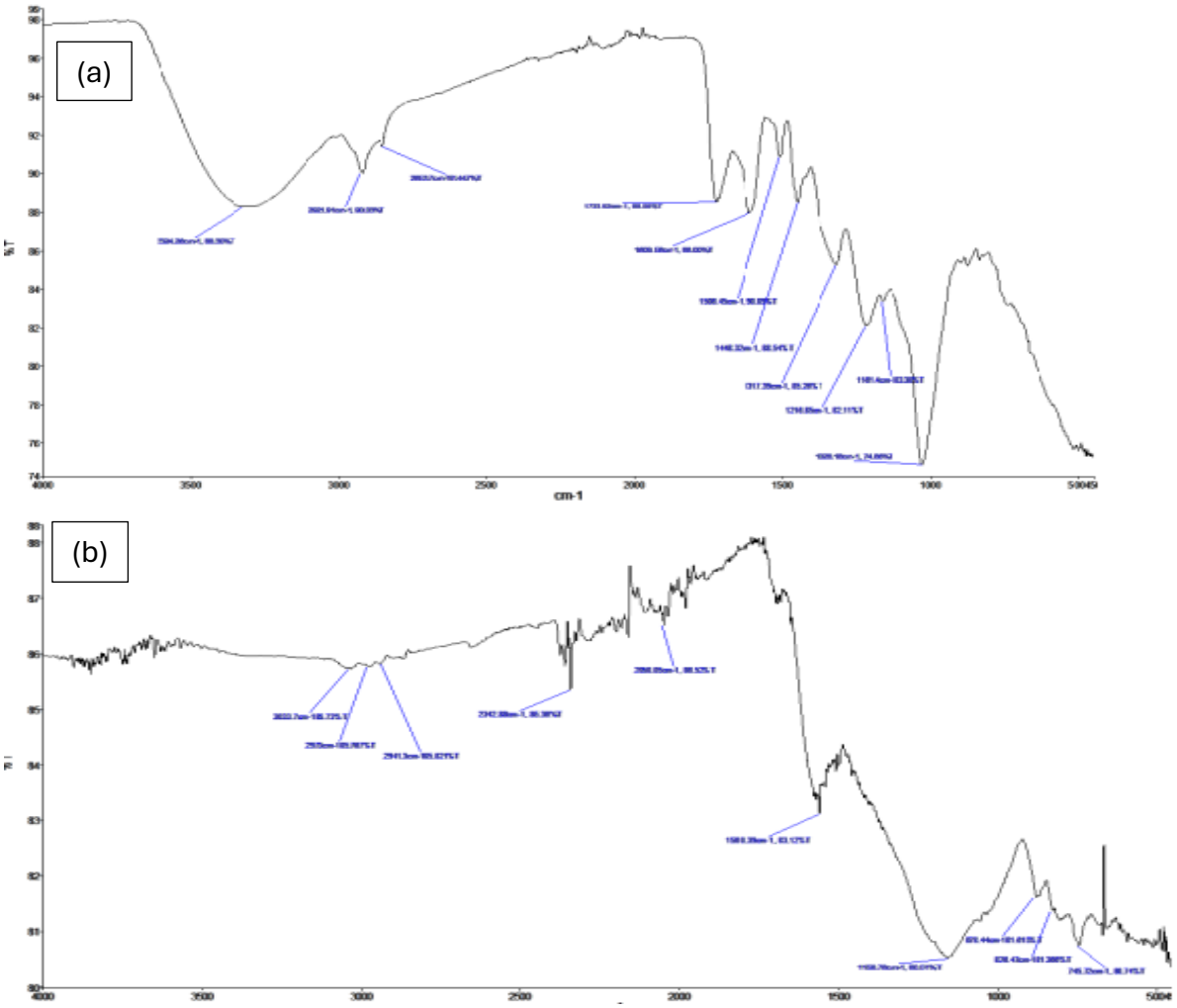


Figure 4. FTIR Spektrum for Ni(II) Adsorption by ZnO NP a)Before adsorption b) after absorption

The FTIR spectrum obtained after adsorption shows significant changes when compared to the spectrum before adsorption. In particular, a decrease in the intensity of the hydroxyl (–OH) band and slight shifts in the band were observed in the 3200–3500 cm^{-1} range, indicating that the –OH groups on the surface play an active role in the binding of Ni(II) ions. Comparison of the pre- and post-adsorption FTIR spectra shows 1200-1500cm^{-1} band shifts and intensity changes in hydroxyl and other surface functional groups. This confirms that Ni(II) ions interact with the ZnO nanoparticle surface.

The absorption spectrum of ZnO nanoparticles shows a distinct absorption band in the 300–380 nm range, confirming the formation of ZnO NP. The spectrum of the plant extract, on the other hand, exhibits lower intensity and wider bands (Fig. 5).

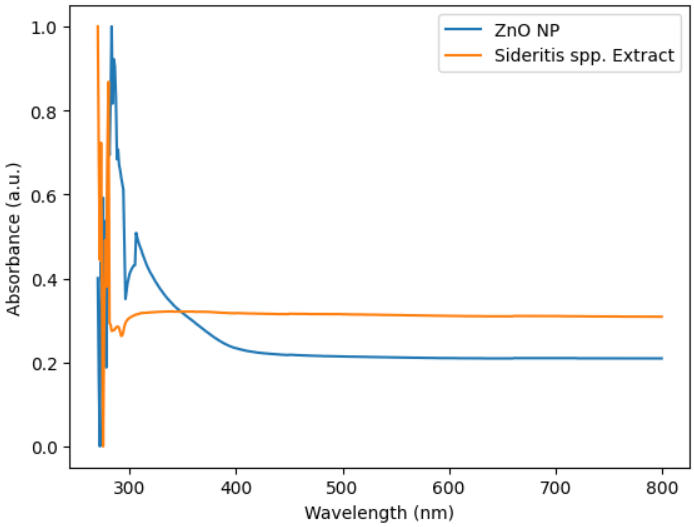


Figure 5. Confirming the presence of ZnO with UV-VIS

3.2. Results of Ni(II) Adsorption from Aqueous Solution

3.2.1. pH Effect

In metal removal, it is important to know that the effect of the pH value of the aqueous solution on adsorption, as this affects the surface properties of the adsorbent and the speciation of the adsorbate. Ni(II) removal increased from pH 2 to pH 8.

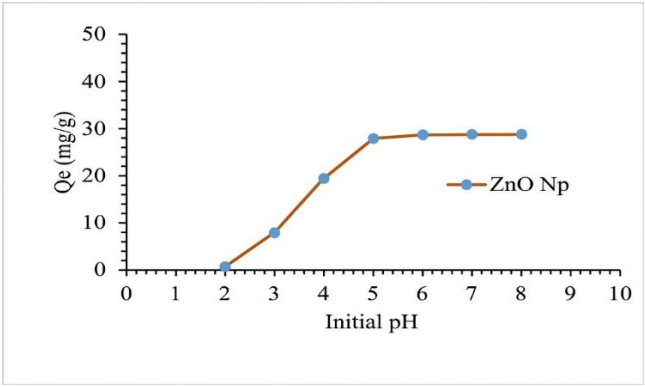


Figure 6. Effect of initial pH value on Ni(II) adsorption of ZnO nanoparticles

• Low pH (pH 2-3): The reason for very low adsorption at low pH levels is the high H+ ion concentration in the medium. Positively charged protons (H^+) compete with Ni(II) ions for active sites on the adsorbent surface (surface protonation) and prevent nickel from approaching the surface.

• Optimum pH: The range of 5.0 - 6.0 is the region where the highest capacity is obtained.

• Risk of Precipitation: The decrease in adsorption at higher pH levels (>6) is due to the formation of soluble hydroxylated complexes of metal ions and their competition with active sites, and consequently, retention will decrease again (Sarı et al., 2007). Above pH 8, Ni(II) ions begin to precipitate chemically as Ni(OH)2; therefore, to maintain the true adsorption efficiency, pH 6.0 was chosen as the working point for studying other parameters.

3.2.2 Effect of Adsorbent Dose

It is observed that Qe % removal increases as the amount of adsorbent increases. This indicates that more metal is retained with the increase in the total active surface area at high adsorbent doses, but the adsorption capacity per unit mass reaches saturation after a while.

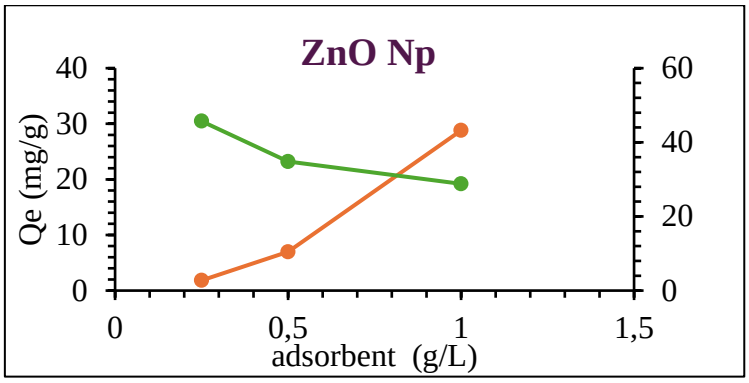


Figure 7. Effect of adsorbent value on Ni(II) adsorption

3.2.3. Adsorption Mechanism

The process occurs through the synergy of three basic mechanisms:

• Cation Exchange: The exchange of H^+ ions on the surface with Ni^{2+} ions in the solution.

• Electrostatic Attraction: The attractive force between negatively charged surface functional groups and positively charged nickel ions.

• Complexation: Coordination of organic ligands on the surface with metal ions.

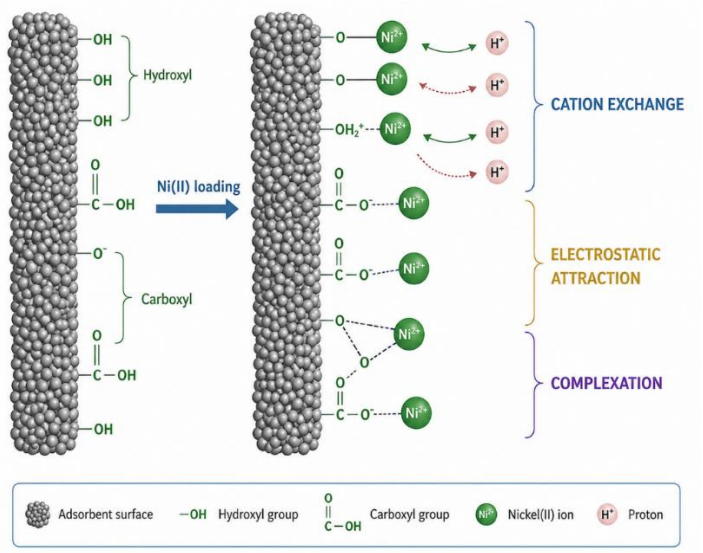


Figure 8. Schematic representation of the adsorption mechanisms

3.2.4. Interpretation of Adsorption Data with Kinetic and Isotherm Models

The presented models describe the adsorption behavior of pollutants on solid surfaces using both equilibrium isotherms and kinetic approaches. The Langmuir model assumes monolayer adsorption on a homogeneous surface with a limited number of identical active sites where there are no interactions between the adsorbed molecules. In contrast, the Freundlich model represents adsorption on heterogeneous surfaces and takes into account multilayer adsorption by showing that the adsorption energy varies between different regions (Bozbeyoğlu, 2020). From a kinetic perspective, pseudo-first-order and pseudo-second-order models are generally

applied to describe adsorption rates. While the so-called first-order model is generally associated with physical adsorption processes, the so-called second-order model assumes that chemical adsorption, involving electron sharing or exchange between adsorbent and adsorbate, is the rate-limiting step. In many adsorption studies, the so-called second-order model generally provides a better fit, indicating that chemical interactions are dominant in the adsorption mechanism. Together, these models offer a comprehensive understanding of both the capacity nd rate of adsorption systems (Gündoğdu et al., 2018). Fig. 9 shows the equations for the relevant models.

ADSORPTION ISOTHERM AND KINETIC MODELS

Model	Equation	Parameters
Langmuir	$q_e = \frac{q_{max} \cdot b \cdot C_e}{1 + b \cdot C_e}$	q_e: Adsorbed amount (mg/g) C_e: Equilibrium concentration (mg/L) q_{max}: Maximum capacity (mg/g) b: Langmuir constant (L/mg)
Freundlich	$q_e = K_f \cdot C_e^{1/n}$	q_e: Adsorbed amount (mg/g) C_e: Equilibrium concentration (mg/L) K_f: Capacity constant n: Adsorption intensity
Pseudo-First Order	$\ln(q_e - q_t) = \ln q_e - k_1 t$	q_e: Amount adsorbed at equilibrium (mg/g) q_t: Amount adsorbed at time t (mg/g) k_1: Rate constant (1/min) t: Time (min)
Pseudo-Second Order	$\frac{t}{q_t} = \frac{1}{k_2 q_e^2} + \frac{t}{q_e}$	q_e: Amount adsorbed at equilibrium (mg/g) q_t: Amount adsorbed at time t (mg/g) k_2: Rate constant (g/mg·min) t: Time (min)

Figure 9. Adsorption isotherms and mathematical models and parameters for kinetics applied in the adsorption method.

3.2.5. Adsorption Isotherms

Results obtained at an adsorbent dosage of 1.0 g/L indicate that the Langmuir model exhibits an excellent fit to the experimental data, as evidenced by the high correlation coefficient (R^2 = 0.9968). Q_{max} approximately 34.1 mg/g shows that ZnO nanoparticles exhibit a relatively good adsorption performance against the target pollutant. The Langmuir constant (b = 0.5931 L/mg) also indicates a strong affinity between the adsorbate and the adsorbent surface. Additionally, the separation factor (RL ≈ 0.049) falls within the range 0 < RL < 1, confirming that the adsorption process is favorable (Bozbeyoğlu, 2020; Langmuir, 1916). In contrast, the Freundlich model shows a lower correlation coefficient (R^2 = 0.7707), indicating a weaker fit compared to the Langmuir model.

Table 2. Constants of isotherm models applied to adsorption data

1.0 g/L Adsorban						1.0 g/L Adsorban					
LANGMUIR İZOTERM MODELİ						FREUNDLICH İZOTERM MODELİ					
	Q_{max}	b	m	R_L	R^2		m	n	R^2	K_f	n
ZnO NP	34.1	0.5931	0,0293	0,049	0,9968	**ZnO NP**	0,2947	2,4154	0,7707	11,19	3,394

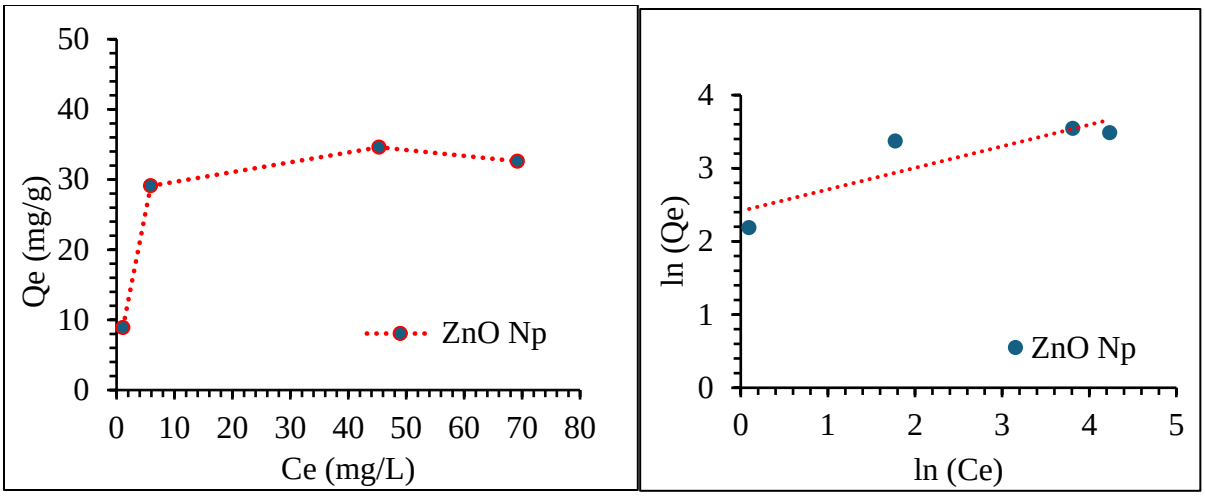
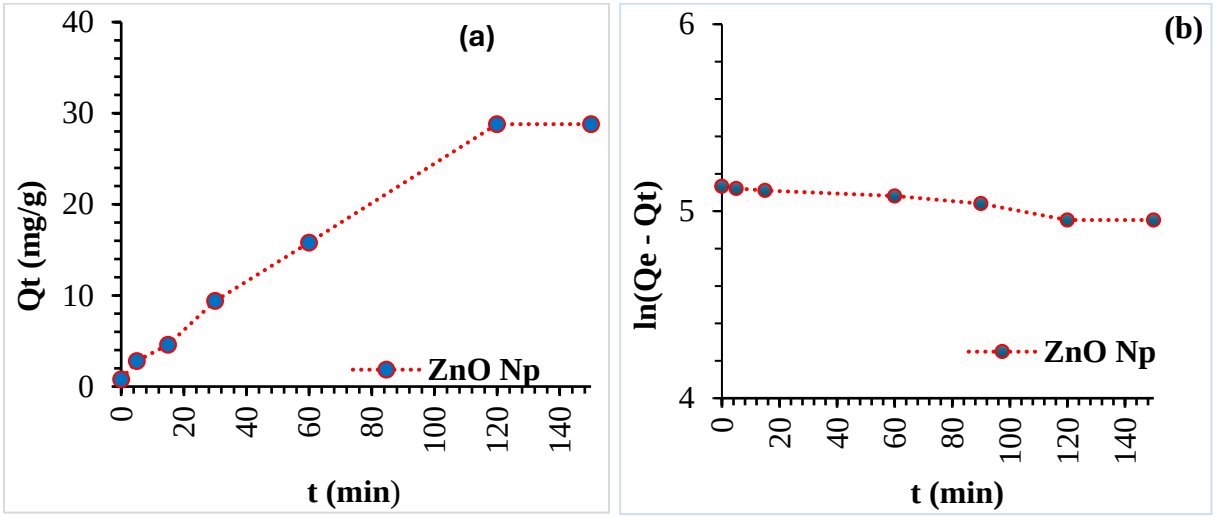


Figure 10. Effect of increasing metal ion on adsorption capacity

Adsorption properties conform to the Langmuir isotherm. Qe rises rapidly as Ce increases, plateauing around ≈30–35 mg/g, showing monolayer adsorption and surface saturation. The Freundlich isotherm ln(Qe) – ln(Ce) is approximately linear and exhibits slight scattering, therefore the surface is not completely homogeneous. For this reason, the equilibrium data clearly show that the adsorption of the system studied onto ZnO nanoparticles predominantly follows the Langmuir isotherm model; this indicates uniform adsorption regions and monolayer adsorption behavior. Although the Freundlich constant (K_f = 11.19) and adsorption density (n = 3.394) indicate favorable adsorption (since n > 1), the relatively weak correlation suggests that the adsorption process is better characterized by a homogeneous surface with a single-layer coating. This proves that nickel ions are monolayered on the homogeneous ZnO surface and surface saturation is reached (Freundlich, 1906).

3.2.6. Adsorption Kinetics

It is important to study the adsorption kinetics of an adsorbent because it provides information about the adsorption rate and underlying mechanisms. Kinetic studies have shown that the process conforms to the Pseudo-second-order model (R^2 = 0.9615). As mathematical evidence, the experimental capacity value Q(exp) = 34.1 mg/g is quite close to the value Q(cal) = 32.82 mg/g calculated by the model. This agreement confirms that the rate control step of the process is chemisorption (chemical adsorption) in character, not physical.



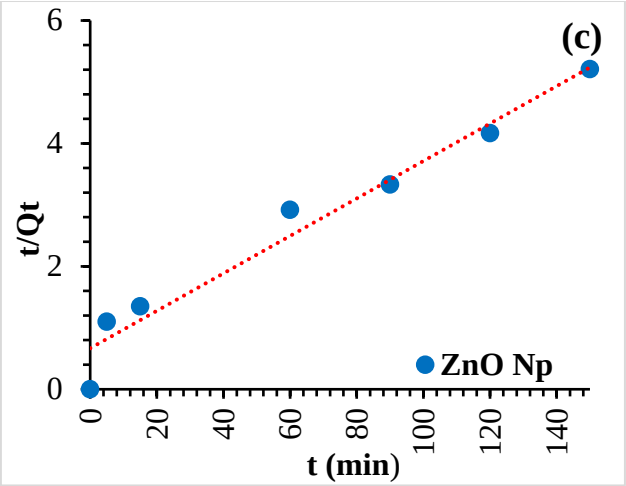


Figure 11. Effect of contact time on adsorption a) Determination of equilibrium time b) PFO kinetic model c) PSO kinetic model

When the Ni(II) adsorption kinetics were examined, it was determined that the process fits the pseudosecondorder kinetic model (PSO) better due to the high linear fit of the t/Qt–t graph. The PSO model, with R^2 values of 0.9615 given in Table 3, confirms this. The inability of the pseudo first order model to adequately represent the data indicates that the adsorption mechanism is controlled by chemical interactions.

Table 3. Comparison of PFO and PSO parameters for Ni(II) adsorption onto ZnO nanoparticles.

	PFO*				**PSO***		
Adsorbent	**Qe(exp.) (mg g^{-1})**	**Qe(cal.) (mg g^{-1})**	**k_1 (min^{-1})**	**R^2**	**Qe(cal.) (mg g^{-1})**	**k_2 (gmg.min^{-1})**	R^2
ZnO NP	34.1	169.91	0.0012	0.9454	32.82	0.0014	0.9615

* PSO: Second-order kinetic model

* PFO: First-order kinetic model

Table 4. Performance of synthesized ZnO NPs and comparison with some adsorbents in the literature

Adsorbent Material	**Heavy Metal**	**qmax (mg/g)**	**Reference**
Fe_3O_4 + tea waste	Ni(II)	38.3	Panneerselvam et al., 2011
MNP + peanut shell	Ni(II)	8.63	Akbari, 2019
MWCNT (non-oxidized)	Ni(II)	18.08	Kandah and Meunier, 2006
MWCNT (oxidized)	Ni(II)	49.26	Kandah and Meunier, 2006
Calcium alginate	Ni(II)	310.4	Vijaya et al., 2007
Chitosan-coated calcium aljinate	Ni(II)	222.2	Vijaya et al., 2007
Chitosan-coated silica	Ni(II)	254.3	Vijaya et al., 2007
Metakaolin-based geopolymer	Ni(II)	424.8	Kara et al., 2017
ZnO NP (*Sideritis spp.*)	Ni(II)	34.10	This study

4. DISCUSSION AND RECOMMENDATIONS

4.1. Key Findings

• ZnO nanoparticles with a size of 47 nm, monodisperse and hexagonal wurtzite structure were successfully synthesized using Sideritis spp. extract from Ekinözü, Kahramanmaraş.

• Adsorption equilibrium is established within 120-150 minutes, and the process is controlled by a chemisorption mechanism.

• The closeness between the experimental Qe (34.1) and the calculated Qe (32.82) values mathematically proves the validity of the kinetic model.

• Reaching Qmax of 34.1 mg/g in the pH 5-6 range makes this material a strong candidate for Ni(II) removal.

In this study, the optimization of ZnO NP synthesis was first carried out, and the adsorption performance of the optimized NPs in Nickel (II) removal was evaluated with a series of batch adsorption experiments. Good performance was observed in the removal of Nickel from wastewater by ZnO NPs in the pH 5-6 range. Furthermore, the 47nm ZnO NP was able to reach 50% of the final adsorption at the end of 2 hours of adsorption. The Langmuir isotherm model explained the adsorption behavior well.

4.2. Future Perspective

These ZnO nanoparticles obtained from Mountain Tea *(Sideritis spp.)* through green synthesis offer an environmentally friendly and low-cost alternative that eliminates the use of toxic chemicals. Future studies will investigate the performance of this adsorbent on real industrial wastewater and multi-metal systems, aiming to integrate it into sustainable treatment technologies by demonstrating its satisfactory regeneration and reuse in multi-cycle operation.

REFERENCES

Abdel-Moniem SM, et al. Enhancing removal of Ni(II) using modified activated carbon. *Scientific Reports*. 2026;16:12700. doi:10.1038/s41598-026-46490-1

Akbari AJ. Yer fıstığı kabuğu/Fe_3O_4 kompozit materyali ile sucul ortamlardan nikel giderimi. Yüksek lisans tezi. Konya Teknik Üniversitesi; 2019.

Akpomie KG, Conradie J, Adegoke KA, et al. Adsorption mechanism and modeling of radionuclides and heavy metals onto ZnO nanoparticles: A review. *Appl Water Sci*. 2023;13:20. doi:10.1007/s13201-022-01827-9

Amalina F, Abd Razak AS, Krishnan S, Zularisam AW, Nasrullah M. The effects of chemical modification on adsorbent performance on water and wastewater treatment: A review. *Bioresour Technol Rep*. 2022;20:101259. doi:10.1016/j.biteb.2022.101259

Arab C, El Kurdi R, Patra D. Zinc curcumin oxide nanoparticles for enhanced adsorption of Congo red: Kinetics and adsorption isotherms study. *Mater Today Chem*. 2022;23:100701. doi:10.1016/j.mtchem.2021.100701

Bozbeyoglu P, Gundogdu A. Adsorption of hexavalent chromium from aqueous solution onto corn cobs–activated carbon. *Turk J Anal Chem*. 2023;5(2):107-117. doi:10.51435/turkjac.1394304

Bozbeyoglu P., Karadeniz bölgesinde yetişen mısırların (Zea mays L.) koçanından aktif karbon üretimi, karakterizasyonu ve atık sulardan çeşitli kirleticilerin uzaklaştırılmasında kullanımının incelenmesi. Doktora tezi. Gümüşhane Üniversitesi; 2020.

Chang C, He M, Zhou J, Zhang L. Swelling behaviors of pH- and salt-responsive cellulose-based hydrogels. *Macromolecules*. 2011;44(6):1642-1648. doi:10.1021/ma102801f

Freundlich H. Over the adsorption in solution. *J Phys Chem*. 1906;57:385-470.

Gugushe AS, et al. Adsorptive removal of Cd, Cu, Ni and Mn using Fe_3O_4–ZrO_2 nanocomposite. *Molecules*. 2021;26(11):3209. doi:10.3390/molecules26113209

Gundogdu A, Senturk HB, Duran C, Imamoglu M, Soylak M. A new low-cost activated carbon produced from tea-industry waste for removal of Cu(II) ions from aqueous solution: Equilibrium, kinetic and thermodynamic evaluation. *Karadeniz Chem Sci Technol*. 2018;(2):1-10.

Juang RS, Yei YC, Liao CS, Lin KS, Lu HC, Wang SF, Sun AC. Synthesis of magnetic Fe_3O_4/activated carbon nanocomposites with high surface area as recoverable adsorbents. *J Taiwan Inst Chem Eng*. 2018;90:51-60. doi:10.1016/j.jtice.2017.12.005

Kalpana VN, Devi Rajeswari V. A review on green synthesis, biomedical applications, and toxicity studies of ZnO NPs. *Bioinorg Chem Appl*. 2018;2018:3569758. doi:10.1155/2018/3569758

Kandah MI, Meunier JL. Removal of nickel ions from water by multi-walled carbon nanotubes. *J Hazard Mater*. 2007;146(1-2):283-288. doi:10.1016/j.jhazmat.2006.12.039

Kandah MI, Meunier JL. Removal of nickel ions from water by multi-walled carbon nanotubes. *Journal of Hazardous Materials*. 2006;136(2):303–309.

Kara İ, Yılmazer D, Akar ST. Metakaolin-based geopolymer as an adsorbent for removal of nickel(II) ions from aqueous solutions. *Journal of Cleaner Production*. 2017;142:2470–2478.

Karpuz, Ö., Baltacı, C., Gül, A. *et al.* Green synthesis of iron and silver nanoparticles from aqueous extract of buckwheat husk waste: antibacterial, cytotoxic, and dye decolorization properties. *Biomass Conv. Bioref.* 15, 27679–27711 (2025). https://doi.org/10.1007/s13399-024-06287-6

Kaya D. Green synthesis of ZnO nanoparticles using *Sideritis spp.* extract and their application for Ni(II) removal. Unpublished study; 2026.

Langmuir I. The constitution and fundamental properties of solids and liquids. Part I. Solids. *J Am Chem Soc*. 1916;38(11):2221-2295.

Lu C, Liu C. Removal of nickel(II) from aqueous solution by carbon nanotubes. *J Chem Technol Biotechnol*. 2006;81(12):1932-1940. doi:10.1002/jctb.1599

Naseer M, Aslam U, Khalid B, et al. Green route for the synthesis of Zinc Oxide Nanoparticles using *Cassia fistula* and *Melia azadarach* leaf extracts and their antibacterial potential. *Sci Rep*. 2020;10(1):9055. doi:10.1038/s41598-020-65949-3

Panneerselvam P, Morad N, Tan KA. Magnetic nanoparticle (Fe_3O_4) impregnated tea waste for the removal of nickel ions from aqueous solution. *Journal of Hazardous Materials*. 2011;186(2-3):160–166.

Rajiv P, Rajeshwari S, Venckatesh R. Bio-fabrication of zinc oxide nanoparticles using leaf extract of *Parthenium hysterophorus* L. and its size-dependent antifungal activity against plant fungal pathogens. *Spectrochim Acta A Mol Biomol Spectrosc*. 2013;112:384-387. doi:10.1016/j.saa.2013.04.032

Sari A, Tuzen M, Uluozlu OD, Soylak M. Biosorption of Pb(II) and Ni(II) from aqueous solution by lichen (Cladonia furcata) biomass. *Biochem Eng J*. 2007;37(2):151-158. doi:10.1016/j.bej.2007.04.007

Sen A. Endüstriyel atık sularda bakır, nikel, çinko sülfür selektif çöktürme şartlarının optimizasyonu. Yüksek lisans tezi. İstanbul Teknik Üniversitesi; 2015.

Vijaya Y, Popuri SR, Boddu VM, Krishnaiah A. Adsorption of nickel(II) ions from aqueous solution using chitosan-coated biosorbents. *Journal of Hazardous Materials*. 2008;153(1-2):194–204.

Wang H, Chen D, Wen Y, Zhang Y, Liu Y, Xu R. Iron-rich red mud and iron oxide-modified biochars: A comparative study on the removal of Cd(II) and influence of natural aging processes. *Chemosphere*. 2023;330:138626.

Wang T, Liu W, Xiong L, Xu N, Ni J. Influence of pH, ionic strength and humic acid on competitive adsorption of Pb(II), Cd(II) and Cr(III) onto titanate nanotubes. *Chem Eng J*. 2013;215:366-374.

Wang X, et al. Studying Ni(II) adsorption using magnetite/graphene oxide composite. *Adv Mater Sci Eng*. 2019;2019:8124351. doi:10.1155/2019/8124351