



**BOOK OF
FULL TEXT**

EJONS

19TH INTERNATIONAL

**CONGRESS ON
SCIENTIFIC RESEARCH
AND RECENT DEVELOPMENTS**



June 25-27, 2026



Istanbul, Türkiye



EDITORS

Prof. Dr. Osman ERKMEN

Lecturer Dr. Neşe YILMAZ

Copyright © Liberty

BOOK OF FULL TEXT

EJONS 19TH INTERNATIONAL CONGRESS ON SCIENTIFIC RESEARCH AND RECENT DEVELOPMENTS

June 25-27, 2026 Istanbul, Turkiye

EDITORS

Prof. Dr. Osman ERKMEN

Lecturer Dr. Neşe YILMAZ

Date: 24.07.2026

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

ISBN: 979-8-89695-491-0

<https://www.ejonscongress.org/>

ORGANIZING INSTITUTIONS



Institute of Economic Development and Social Researches (IKSAD)



Istanbul Okan University

CONGRESS ID

CONGRESS TITLE

EJONS 19TH INTERNATIONAL CONGRESS ON SCIENTIFIC RESEARCH AND RECENT DEVELOPMENTS

DATE

June 25-27, 2026

PLACE

Istanbul, Türkiye

PARTICIPANT COUNTRIES (29)

Albania · Algeria · Azerbaijan · Bangladesh · Benin · Botswana · Brazil · Ethiopia · Georgia · Greece · Hungary · India · Indonesia · Iran · Jordan · Kazakhstan · TRNC · Kosovo · Mexico · Morocco · Nigeria · Pakistan · Poland · Romania · Serbia · Sri Lanka · Türkiye · United Kingdom · Vietnam

CONGRESS STATISTICS

172

TOTAL ACCEPTED PAPERS

27

TOTAL REJECTED PAPERS

83

PAPERS FROM TURKIYE

89

INTERNATIONAL PARTICIPANTS

EVALUATION PROCESS

All applications have undergone a double-blind peer review process

PRESENTATION

Oral Presentations

ORGANIZING COMMITTEE

Prof. Dr. Guliz MUGAN

Congress Honorary President · Rector of Istanbul
Okan University

Prof. Dr. Osman ERKMEN

Congress President · Istanbul Okan University

Assoc. Prof. Dr. Berrak Dumlupinar

Istanbul Okan University

Assist. Prof. Dr. Irem Karamollaoglu

Istanbul Okan University

Assist. Prof. Dr. Omer Cagatay Demir

Istanbul Okan University

Assist. Prof. Dr. Funda Sensoy

Istanbul Okan University

Lecturer Bekir Kursat AYDIN

Istanbul Okan University

Lecturer Ayca AYDIN

Istanbul Okan University

Lecturer Gulyfe Beyza YILDIRIM

Istanbul Okan University

Lecturer Sevval Eda SARIKAYA

Istanbul Okan University

Lecturer Rabia Ela ERTEM

Istanbul Okan University

Res. Assist. Hasret Gulus Oymak

Istanbul Okan University

SCIENTIFIC ADVISORY COMMITTEE

Prof. Dr. Ayse Asli Barla Demirköz

Istanbul Okan University

Prof. Dr. Haluk KELESTIMUR

Istanbul Okan University

Prof. Dr. Birsen YUREGEN

Istanbul Okan University

Prof. Dr. Dilek Pinar SENYILMAZ

Istanbul Okan University

Prof. Dr. Ayse Demet KAYA

Istanbul Okan University

Prof. Dr. Bedriye Tugba KARAASLAN

Istanbul Okan University

Prof. Andrei JEAN

Gas Petroleum University, Romania

Prof. Viola MAKHZOUM

Islamic University of Lebanon

Prof. Carlos RODRIGUES

Universidade Fernando Pessoa, Portugal

Prof. Froilan MOBO

PMMA, Philippines

Assoc. Prof. Dr. Emine ATICI

Istanbul Okan University

Assoc. Prof. Dr. Vijole Bradauskiene

Kaunas University of Technology, Lithuania

Assoc. Prof. Dr. Grazina Sniepiene

Klaipedos Valstybine Kolegija, Lithuania

Assist. Prof. Dr. Ceren AYCANOGLU

Istanbul Okan University

Assist. Prof. Dr. Aylin Seylam KUSUMLER

Istanbul Okan University

Assist. Prof. Dr. Bartu Eren GUNESLIOGLU

Istanbul Okan University

Assist. Prof. Dr. Yildirim B. GULHAN

Istanbul Okan University

Assist. Prof. Dr. Jogendra Kumar

GBPIET Ghurdauri, Uttarakhand, India

Dr. Avneet Kaur

Mata Sundri College for Women, India

Ms. Hema Sen

Mata Sundri College for Women, India



EJONS 19th INTERNATIONAL CONGRESS

Scientific Research and Recent Developments

June 25-27, 2026 · Istanbul, Türkiye



CONGRESS PROGRAM

ONLINE PARTICIPATION

Meeting ID: 858 1117 0419 / Passcode: 191919

Link: <https://us02web.zoom.us/j/85811170419?pwd=pQ4pPAQuWwhmZzP6PabYQcoqQiuXMn.1>

PARTICIPANT COUNTRIES (29)

Albania · Algeria · Azerbaijan · Bangladesh · Benin · Botswana · Brazil · Ethiopia · Georgia · Greece · Hungary · India · Indonesia · Iran · Jordan · Kazakhstan · TRNC · Kosovo · Mexico · Morocco · Nigeria · Pakistan · Poland · Romania · Serbia · Sri Lanka · Türkiye · United Kingdom · Vietnam

IMPORTANT — PLEASE READ CAREFULLY

- › To attend: go to , enter the Meeting ID and Passcode.
- › The Zoom application is free — no account or registration required.
- › Works on tablets, smartphones and PCs.
- › Connect to your session at least 5 minutes before your presentation time.
- › All congress participants may connect live and listen to all sessions.
- › The moderator is responsible for presentations and Q&A.

TECHNICAL INFORMATION

- Ensure your computer has a working microphone before the session.
- You must be able to use the screen sharing feature in Zoom.
- Attendance certificates will be sent as PDF at the end of the congress.
- Requests for changes of place or time cannot be accommodated.

Session-1
Hall-1

Online Session-1 · Hall-1

Zoom

<https://us02web.zoom.us/j/85811170419?pwd=pQ4pPAQuWwhmZzP6PabYQcoqQiuXMn.1>

25 June 2026 · Ankara Time: 13:00-15:00

MEETING ID
858 1117 0419

PASSCODE
191919

HEAD OF SESSION: Asst. Prof. Gökçen DOĞAN

AUTHOR(S)	ORGANISATION	TOPIC TITLE
Bahar ÖZTOPRAK TOPCU Asst. Prof. Dr. Handan IŞIKLAR	<i>İstanbul Okan University, Türkiye Yalova University, Türkiye</i>	CYSTIC FIBROSIS AND NUTRITIONAL MANAGEMENT FROM THE NUTRIGENETIC PERSPECTIVE
Berşan ŞENOL Asst. Prof. Dr. Handan IŞIKLAR	<i>İstanbul Okan University, Türkiye Yalova University, Türkiye</i>	MITOCHONDRIAL CHANGES IN CANCER CELLS - OXIDATIVE STRESS AND APOPTOSIS
Sena ÖREN YERLİ Can Volkan YUMUK Mehmet Umut ÇAPAR Ali ARSLAN Berkay Yekta EKREN Prof. Dr. Osman Uğur SEZERMAN Prof. Dr. Volkan Demirhan YUMUK	<i>İstanbul Okan University, Türkiye Acibadem University, Türkiye İstanbul University-Cerrahpaşa, Türkiye Yildiz Technical University, Türkiye</i>	THE EFFECT OF PERSONALIZED MEDITERRANEAN DIET INTERVENTION ON GUT MICROBIOTA AND ANTHROPOMETRIC PARAMETERS IN INDIVIDUALS WITH OBESITY: A DIETITIAN-LED PILOT STUDY
Duygu KOÇAK Assoc. Prof. Dr. Sedat ARSLAN	<i>İstanbul Okan University, Türkiye Bursa Uludağ University, Türkiye</i>	A CURRENT PERSPECTIVE ON THE RELATIONSHIP BETWEEN STRESS, SLEEP QUALITY, AND NUTRITIONAL STATUS IN BASKETBALL PLAYERS
Asst. Prof. Dr. Burcu USLU PhD. Ezgi DOĞAN	<i>Lokman Hekim University, Türkiye Yüksek İhtisas University, Türkiye</i>	THE IMPACT OF RENEWABLE ENERGY CONSUMPTION ON FOOD INSECURITY IN TÜRKİYE: EVIDENCE FROM 2001–2023
Fezanur HACICAFEROĞLU TEKİN Assoc. Prof. Dr. Sedat ARSLAN	<i>Okan University, Türkiye Bursa Uludağ University, Türkiye</i>	HOUSEHOLD FOOD INSECURITY AND OBESITY RISK AMONG HOUSEWIVES
Doğa ATASOY Asst. Prof. Dr. Sadet KARABULUT	<i>Okan University, Türkiye</i>	THE ROLE OF NUTRITION IN BRAIN BIOCHEMISTRY AND NEUROTRANSMITTER REGULATION: SEROTONIN AND DOPAMINE IN MENTAL DISORDERS
Elif BİRGÜL AY Asst. Prof. Dr. Sadet KARABULUT	<i>Okan University, Türkiye Yalova University, Türkiye</i>	EFFECTS OF HIGH-FAT DIETS ON FETAL PROGRAMMING

Session-1
Hall-2

Online Session-1 · Hall-2

Zoom

<https://us02web.zoom.us/j/85811170419?pwd=pQ4pPAQuWwhmZzP6PabYQcoqQiuXMn.1>
25 June 2026 · Ankara Time: 13:00-15:00

MEETING ID
858 1117 0419

PASSCODE
191919

HEAD OF SESSION: Lecturer Cansu OĞUZ

AUTHOR(S)	ORGANISATION	TOPIC TITLE
Yusuf KEP	<i>Istanbul Esenyurt University, Türkiye</i>	REGRESSION ANALYSIS OF SOLAR ENERGY POTENTIAL IN ISTANBUL USING ARTIFICIAL NEURAL NETWORKS AND ITS EVALUATION FOR SUSTAINABLE CITIES
Res. Asst. Erkin KOÇ Prof. Dr. Engin Cemal MENGÜÇ Assoc. Prof. Dr. Erdem ASLAN	<i>Kayseri University / Erciyes University, Türkiye Kayseri University, Türkiye Erciyes University, Türkiye</i>	DUAL-BAND FENCE-SHAPED SILVER NANOANTENNA DESIGN FOR INFRARED SENSING APPLICATIONS
Metin ÇELTİK Prof. Dr. Yakup HAMEŞ Prof. Dr. Mehmet Ali BELEN	<i>İskenderun Technical University, Türkiye</i>	MICROSTRIP PATCH ANTENNA DESIGN FOR LTE BAND APPLICATIONS
Musa DEMİR Prof. Dr. Yakup HAMEŞ Prof. Dr. Mehmet Ali BELEN	<i>İskenderun Technical University, Türkiye</i>	BEAM SCANNING MICROSTRIP ANTENNA DESIGN
Asst. Prof. Dr. Salim ÇINAR	<i>Niğde Ömer Halisdemir University, Türkiye</i>	DETERMINATION OF R AND C VALUES IN THE DESIGN OF A WIEN BRIDGE OSCILLATOR USING LTSPICE SIMULATION AND OPTIMISATION METHODS
Mehmet UYGUN Umut COŞGUN Assoc. Prof. Dr. Ahmet FEYZİOĞLU	<i>Kormetal A.Ş., Türkiye Marmara University, Türkiye</i>	DEVELOPMENT OF A FULLY AUTOMATED DEBURRING UNIT FOR THE INJECTION DIE CASTING LINE
Emre GÜL Umut COŞGUN Assoc. Prof. Dr. Ahmet FEYZİOĞLU	<i>Kormetal A.Ş., Türkiye Marmara University, Türkiye</i>	IMPROVEMENT OF MACHINING COOLANT PERFORMANCE IN THE CNC MACHINING DEPARTMENT OF A HIGH-PRESSURE DIE CASTING PLANT

Session-1
Hall-3

Online Session-1 · Hall-3

Zoom

<https://us02web.zoom.us/j/85811170419?pwd=pQ4pPAQuWwhmZzP6PabYQcoqQiuXMn.1>

25 June 2026 · Ankara Time: 13:00-15:00

MEETING ID
858 1117 0419

PASSCODE
191919

HEAD OF SESSION: Assoc. Prof. Tülay YAZICI

AUTHOR(S)	ORGANISATION	TOPIC TITLE
Sinan ASLAN Assoc. Prof. Dr. Aslı KÖSEOĞLU	Atatürk University, Türkiye	PRESENTATION OF FEMICIDE NEWS ON ONLINE NEWS SITES: AN ANALYSIS OF “YENIAKIT.COM.TR”
Zeynep KOCAMAN Assoc. Prof. Dr. Aslı KÖSEOĞLU	Atatürk University, Türkiye	AN ANALYSIS OF INSTAGRAM ADVERTISEMENTS FOR FASHION AND PERSONAL CARE PRODUCTS PROMOTED BY FEMALE INFLUENCERS
Prof. Dr. Vahit İLHAN İrem ÜNAL	Erciyes University, Türkiye	SOCIAL MEDIA JOURNALISM IN THE CONTEXT OF AGENDA-SETTING THEORY: THE CASE OF X
Asst. Prof. Dr. Ferhat ATİK	Girne American University, Turkish Republic of Northern Cyprus	POST-SUBJECT AND DISTRIBUTED IDENTITY: ONTOLOGICAL STATUS OF THE FRAGMENTED SELF ESTABLISHED ON DATA TRACES
Cem Onur BALCI Asst. Prof. Dr. Hüsnü Çağlar DOĞRU	Çanakkale Onsekiz Mart University, Türkiye	GIANTS AND SCAPEGOATS: HELLBLADE II LUDONARRATIVE APPROACH TO MYTHOLOGY
Pınar YILDIZ Prof. Dr. Zeynep ÇETİN ERUS	Marmara University, Türkiye	FROM POWER TO SANCTUARY: SPATIAL TRANSFORMATION IN PELİN ESMEER'S WATCHTOWER

Session-1
Hall-4

Online Session-1 · Hall-4

Zoom
<https://us02web.zoom.us/j/85811170419?pwd=pQ4pPAQuWwhmZzP6PabYQcoqQiuXMn.1>
25 June 2026 · Ankara Time: 13:00-15:00

MEETING ID

858 1117 0419

PASSCODE

191919

HEAD OF SESSION: Ali Akbar FIROOZI		
AUTHOR(S)	ORGANISATION	TOPIC TITLE
Mohammed MOUTAOUEKKIL	Université Mohammed I, Morocco	HIGH-Q PHONONIC CRYSTAL DESIGN BASED ON DISC-SHAPED CAVITIES
Md Tanweer ALAM Awadesh PRASAD	V. K. S. University, India	RECENT ADVANCES AND APPLICATIONS OF PEROVSKITE-BASED DIELECTRIC MATERIALS
Soukaina AIT ELMAKKI Abderrazak BOUBEKRI Laila MOUAKKIR	Hassan II University of Casablanca, Morocco	MAGNETIC PROPERTIES OF A FERRIMAGNETIC MIXED-SPIN TRILAYER KAGOME NANOSTRUCTURE: AN EFFECTIVE FIELD THEORY STUDY
Fabiano Cardoso da SILVA Prof. Dr. Henrique Antonio Mendonça FARIA	São Paulo State University (UNESP), Brazil	THEORETICAL INVESTIGATION OF NATURAL DYE PRODUCED BY AMAZONIAN FUNGUS: APPLICATION IN DYE-SENSITIZED SOLAR CELLS
Y. CHNIKA A. JABAR	Mohammed V University in Rabat, Morocco Hassan II University of Casablanca, Morocco	FIRST-PRINCIPLES INVESTIGATION OF TIFE AND TIFEHX HYDRIDES FOR SOLID-STATE HYDROGEN STORAGE: ELECTRONIC, MECHANICAL, VIBRATIONAL, THERMODYNAMIC, AND OPTICAL PROPERTIES
Magdeline TSHAMBANE Ali Akbar FIROOZI Sajid Mubashir SHEIKH Ali Asghar FIROOZI	University of Botswana, Botswana	DIGITAL TWIN READINESS IN MINING OPERATIONS: A STRATEGIC FRAMEWORK FOR SAFER, SMARTER, AND MORE RESILIENT MINES
Magdeline TSHAMBANE Ali Akbar FIROOZI Sajid Mubashir SHEIKH Ali Asghar FIROOZI	University of Botswana, Botswana	AI-ENABLED SUSTAINABLE MINING: A CONCEPTUAL FRAMEWORK FOR INTEGRATING OPERATIONAL EFFICIENCY, SAFETY, AND ENVIRONMENTAL STEWARDSHIP
Ali Akbar FIROOZI Ali Asghar FIROOZI Magdeline TSHAMBANE Sajid Mubashir SHEIKH	University of Botswana, Botswana	CYBERSECURITY AND DATA GOVERNANCE CHALLENGES IN AUTONOMOUS AND CONNECTED MINING SYSTEMS

Session-1 Hall-5	Online Session-1 · Hall-5	MEETING ID 858 1117 0419	PASSCODE 191919
	Zoom https://us02web.zoom.us/j/85811170419?pwd=pQ4pPAQuWwhmZzP6PabYQcoqQiuXMn.1 25 June 2026 · Ankara Time: 13:00-15:00		

HEAD OF SESSION: Prof. Dr. Zahra KARIMI		
AUTHOR(S)	ORGANISATION	TOPIC TITLE
Dr. M. K. GANESHAN	AMET University, India	ARTIFICIAL INTELLIGENCE AND ECONOMIC GROWTH IN INDIA
Konstantinos VAKOUFTSIS Dimitrios SYNDOKAS Stavros KALOGIANNIDIS Vasileios SPANOS	University of Western Macedonia, Greece	DECARBONIZATION AND JUST TRANSITION IN WESTERN MACEDONIA: ECONOMIC AND SOCIAL IMPACTS ON REGIONAL DEVELOPMENT
Prof. Dr. Zahra KARIMI Elmira AZIZI NOROUZABADI	University of Tabriz, Iran	THE CAUSAL RELATIONSHIP BETWEEN FINANCIAL DEVELOPMENT AND NON-OIL EXPORT DEVELOPMENT IN IRAN
Cristian-Romeo SPĂTARU Prof. Dr. Cristian Constantin POPESCU	Alexandru Ioan Cuza University of Iași, Romania	PERSISTENCE, INSTITUTIONS, AND DEVELOPMENT: A MULTI-METHOD PANEL ANALYSIS OF CORRUPTION DETERMINANTS IN EUROPEAN COUNTRIES
Lucky Gany RIZKY Gaby THE Bambang Rizky RAMADHAN	University of Lampung, Indonesia	THE EFFECTIVENESS OF CARBON TAX POLICY IN REDUCING ENVIRONMENTAL DAMAGE IN INDONESIA
Georgiana Anamaria DUNĂ	Romanian Academy, Romania	EMERGING DIGITAL TECHNOLOGIES AND ECONOMIC DEVELOPMENT IN THE EUROPEAN UNION: A LITERATURE REVIEW
Faton MORINA Dr. Sc. Valbon BYTYQI	University of Tirana, Albania University of Prishtina, Kosovo	CATALOGS AS A TOOL FOR TOURISM PROMOTION - CASE MUNICIPALITY OF PRIZREN

**Session-1
Hall-6**

Online Session-1 · Hall-6

Zoom

<https://us02web.zoom.us/j/85811170419?pwd=pQ4pPAQuWwhmZzP6PabYQcoqQiuXMn.1>

25 June 2026 · Ankara Time: **13:00-15:00**

MEETING ID

858 1117 0419

PASSCODE

191919

HEAD OF SESSION: Dr. Janet Iyabode OWOLABI

AUTHOR(S)	ORGANISATION	TOPIC TITLE
Dr. Janet Iyabode OWOLABI	<i>Federal College of Education (Technical), Nigeria</i>	ATTITUDES, READINESS, AND BARRIERS TO CYBERSECURITY PRACTICES AMONG BUSINESS EDUCATION STUDENTS IN NIGERIAN TERTIARY INSTITUTIONS
María Cruz CUEVAS ÁLVAREZ	<i>Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, Mexico</i>	ACADEMIC FREEDOM OR FREEDOM IN TEACHING TECHNIQUES? THAT IS THE QUESTION. THE REALITY OF LATIN AMERICA AND THE INTERNATIONALIZATION OF THE CURRICULUM
Musa MOHAMMED Ahmed Abdullahi BARKUTA Jimada ABDULRAHMAN	<i>Dr. Umaru Sanda Ahmadu College of Education, Nigeria</i>	PERCEIVED IMPACT OF EARLY MARRIAGE ON EDUCATIONAL ATTAINMENT AMONG ADOLESCENTS IN BOSSO LOCAL GOVERNMENT AREA OF NIGER STATE, NIGERIA
Mohd Shahbaz KHAN Dr. Sameer Babu M	<i>Jamia Millia Islamia, India</i>	CHILDREN LEARNING IN CONFLICT AND WAR: A SYSTEMATIC REVIEW OF TRAUMA, RECOVERY, AND EDUCATION
Faseela T Dr. Mohammad TANWEER	<i>Jamia Millia Islamia, India</i>	“FEASIBILITY OF TEACHING ORGANIC REACTION MECHANISM” THROUGH VARIOUS PEDAGOGIC STRATEGIES: PERCEPTION OF SELECT TEACHERS
Nedeljko M. MILANOVIĆ	<i>University of Kragujevac, Serbia</i>	SINGLE PARENTS OF YOUNGER PRIMARY SCHOOL CHILDREN IN THE WORLD OF THE CONTEMPORARY SCHOOL

**Session-2
Hall-1**

Online Session-2 · Hall-1

Zoom

<https://us02web.zoom.us/j/85811170419?pwd=pQ4pPAQuWwhmZzP6PabYQcoqQiuXMn.1>

25 June 2026 · Ankara Time: **15:30-17:30**

MEETING ID
858 1117 0419

PASSCODE
191919

HEAD OF SESSION: Prof. Özlem Martı AKGÜN

AUTHOR(S)	ORGANISATION	TOPIC TITLE
Asst. Prof. Merve ERDEM	Maltepe University, Türkiye	WHAT IS INFORMED CONSENT, AND WHAT IS NOT? A CONCEPTUAL FRAMEWORK IN THE CLINICAL CONTEXT
Asst. Prof. Dr. Banu BAŞ Hande ÇAKIROĞLU	Ankara Yıldırım Beyazıt University, Türkiye	ANALYSIS OF EAR IMPRESSION TAKING VIDEOS ON YOUTUBE IN TERMS OF AUDIOLOGICAL APPLICATIONS AND QUALITY ASSESSMENT
Assoc. Prof. Dr. Sadettin DEMİREL İpek Nazlı SINAG	Bursa Uludağ University, Türkiye	BENEFICIAL EFFECTS OF BETAINE AND L-CARNITINE ON CARDIOVASCULAR RISK FACTORS ASSOCIATED WITH METABOLIC SYNDROME
Assoc. Prof. Dr. Sadettin DEMİREL İpek Nazlı SINAG	Bursa Uludağ University, Türkiye	THE ROLE OF NEUROPEPTIDES IN THE PATHOGENESIS OF HYPERTENSION
Res. Asst. Oğuzhan AKBAŞ Res. Asst. Yasemin BİLİR Asst. Prof. Dr. Alperen KALYONCU	Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi, Türkiye	ALVEOLAR RIDGE RECONSTRUCTION USING THE KHOURY TECHNIQUE
Res. Asst. Yasemin BİLİR Res. Asst. Oğuzhan AKBAŞ Asst. Prof. Dr. Alperen KALYONCU	Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi, Türkiye	PRF-ASSISTED SIMULTANEOUS LATERAL SINUS FLOOR ELEVATION AND AUTOGENOUS SYMPHYSIS BLOCK GRAFTING FOR VERTICAL AND HORIZONTAL BONE AUGMENTATION IN A SEVERELY ATROPHIC POSTERIOR MAXILLA
Assoc. Prof. Dr. Nuran AKYURT	Marmara University, Türkiye	EXAMINATION OF VR-SUPPORTED BREAST HEALTH EDUCATION IN MEDICAL IMAGING TECHNICIAN TRAINING
Assoc. Prof. Dr. Nuran AKYURT	Marmara University, Türkiye	EVALUATION OF VIRTUAL REALITY AND ARTIFICIAL INTELLIGENCE-SUPPORTED BREAST HEALTH AND BREAST SELF-EXAMINATION EDUCATION IN TERMS OF PARTICIPANT SATISFACTION AND PERCEIVED LEARNING OUTCOMES

Session-2 Hall-2	Online Session-2 · Hall-2 Zoom https://us02web.zoom.us/j/85811170419?pwd=pQ4pPAQuWwhmZzP6PabYQcoqQiuXMn.1 25 June 2026 · Ankara Time: 15:30-17:30	MEETING ID 858 1117 0419	PASSCODE 191919

HEAD OF SESSION: Assoc. Prof. Serir UZUN		
AUTHOR(S)	ORGANISATION	TOPIC TITLE
Zeynep Sude BAYRAKTAR Prof. Dr. Cüneyt AYDIN	<i>Yıldız Technical University, Türkiye</i>	SELECTION OF THE OPTIMAL 3D DEFORMATION MODEL BASED ON INFORMATION CRITERIA
Eyüp BULANIKLI Prof. Dr. Cüneyt AYDIN	<i>Yıldız Technical University, Türkiye</i>	STOCHASTIC NOISE ANALYSIS IN TURKEY CORS GNSS STATIONS USING AUTOREGRESSIVE MODELS
Seyyid Burhaneddin Muhammed ŞAHBAZ Prof. Dr. Ramazan Cüneyt ERENOĞLU	<i>Çanakkale Onsekiz Mart University, Türkiye</i>	3D DEFORMATION ANALYSIS USING GNSS CAMPAIGN MEASUREMENTS AND AI-ASSISTED PREDICTIVE MODELING
Asst. Prof. Sajedeh NOROZPOUR Assoc. Prof. Dr. Alireza Arshadi KHAMSE	<i>Istanbul Gelisim University, Türkiye Kharazmi University, Iran</i>	THE IMPACT OF MATHEMATICAL SIMULATION TOOLS ON ACADEMIC PRACTICES: A PLS-SEM APPROACH
Natnael Wubishet BAHIRU Prof. Dr. Hakan ANAY	<i>Eskişehir Osmangazi University, Türkiye</i>	TOWARDS A HUMAN-ALIGNED AI EVALUATOR FOR PERCEIVED SPATIAL FUNCTIONALITY: A PROOF-OF-CONCEPT METHODOLOGY USING SYNTHETIC IMAGERY AND VISION TRANSFORMERS
Bachira ELAREF Prof. Dr. Gökçe KETİZMEN	<i>Eskişehir Osmangazi University, Türkiye</i>	URBAN MORPHOLOGICAL TRACES OF CONFLICT: DAMASCUS STREET ALONG BEIRUT'S FORMER GREEN LINE

Session-2
Hall-3

Online Session-2 · Hall-3

Zoom

<https://us02web.zoom.us/j/85811170419?pwd=pQ4pPAQuWwhmZzP6PabYQcoqQiuXMn.1>

25 June 2026 · Ankara Time: 15:30-17:30

MEETING ID
858 1117 0419

PASSCODE
191919

HEAD OF SESSION: Dr. Metanet ŞAHALİYEVA YILDIZ

AUTHOR(S)	ORGANISATION	TOPIC TITLE
Lale LALAYEVA Asst. Prof. Dr. Naim ÜNVER	Kastamonu University, Türkiye	A COMPARATIVE ANALYSIS OF TWO CONTEMPORARY PRESCHOOL EDUCATION CURRICULA IMPLEMENTED IN TÜRKİYE IN TERMS OF EARLY LITERACY SKILLS
Dr. Patrizia MURADI	Çağ University, Türkiye	EVALUATION OF AI-SUPPORTED LEARNING IN THE CONTEXT OF COGNITIVE LOAD THEORY
Osman KÖKTEPE Melisa KUMLU Assoc. Prof. Dr. Tuğçe KOZAKLI ÜLGER Prof. Dr. Gül KALELİ YILMAZ Prof. Dr. Menekşe Seden TAPAN BROUTIN	Bursa Uludağ University, Türkiye	THE PLACE OF THE ARCHITECTURE DISCIPLINE IN THE STEAM MODEL AND ITS CONTRIBUTION TO SPATIAL REASONING SKILLS
Burcu SEZEK Prof. Munise SEÇKİN KAPUCU	Eskisehir Osmangazi University, Türkiye	AN EXAMINATION OF SECONDARY SCHOOL STUDENTS' EXPERIENCES OF WATCHING SHORT-FORM SOCIAL MEDIA VIDEOS: A PHENOMENOLOGICAL STUDY
Burcu SEZEK Prof. Munise SEÇKİN KAPUCU	Eskisehir Osmangazi University, Türkiye	AN INVESTIGATION OF THE NATURE OF SCIENCE COMPONENTS IN THE TÜRKİYE CENTURY EDUCATION MODEL PHYSICS CURRICULUM
Asst. Prof. Dr. Eren Can YILDIZ	Ankara Music and Fine Arts University, Türkiye	CONTENT ANALYSIS OF STUDIES ON INSTRUMENTAL ADAPTATION IN BAĞLAMA PERFORMANCE
Asst. Prof. Dr. Arkın GÜNAY	Yalova University, Türkiye	MINIMUM WAGE IN LABOR LAW AND THE PRINCIPLES REGARDING THE DETERMINATION OF THE MINIMUM WAGE
Dr. Metanet ŞAHALİYEVA YILDIZ	Azerbaijan National Academy of Sciences, Azerbaijan	THE WISDOM BEHIND THE WORDS: A PHILOSOPHICAL COMMENTARY ON SELECTED TEXTS FROM THE CREATIVE WORKS OF TABRİZ PHILOSOPHER-POET MOHAMMAD HIDEJİ

Session-2
Hall-4

Online Session-2 · Hall-4

Zoom

<https://us02web.zoom.us/j/85811170419?pwd=pQ4pPAQuWwhmZzP6PabYQcoqQiuXMn.1>

25 June 2026 · Ankara Time: 15:30-17:30

MEETING ID

858 1117 0419

PASSCODE

191919

HEAD OF SESSION: Assist. Prof. Dr. Szávai SZABOLCS

AUTHOR(S)	ORGANISATION	TOPIC TITLE
Ali Akbar FIROOZI Ali Asghar FIROOZI Magdeline TSHAMBANE Sajid Mubashir SHEIKH	<i>University of Botswana, Botswana</i>	HUMAN-CENTERED DIGITAL TRANSFORMATION IN MINING: WORKFORCE READINESS, SAFETY CULTURE, AND ETHICAL AI ADOPTION
Soukaina HAMOU Mustapha MOUFASSIH Ousama TARAHI Anas MAZID Said AGOUNAD Hafida IDRISSE AZAMI	<i>Ibn Zohr University, Morocco</i>	EVALUATING THE IMPACT OF MACHINE LEARNING CLASSIFICATION METHODS ON CORRELATION-BASED SSVEP DECODING
Arop Grace KAKA Dr. Salau IBRAHIM	<i>Federal University of Lafia, Nigeria</i>	A NEURAL CASCADE ARCHITECTURE FOR REAL-TIME TRANSACTION FRAUD DETECTION IN NIGERIAN FINTECH APIS: DESIGN, IMPLEMENTATION, AND EXPLAINABILITY
Levi Anyechechukwu NWOSU Cynthia Chideraa NWOSU	<i>Abia State University, Nigeria Alvan Ikoku Federal University of Education, Nigeria</i>	A REAL-TIME AI-GENERATED CONTENT DETECTION FRAMEWORK FOR MOBILE DEVICES
Marius Vasile BÂRDAN Maria HARJA	<i>Gheorghe Asachi Technical University of Iasi, Romania</i>	SOURCING AND APPLICATIONS OF MATERIALS WITH PHASE CHANGE
Rajesh J. H. NAVASINGH Maciej ZDANOWSKI	<i>Opole University of Technology, Poland</i>	PLASTICIZER-INDUCED SELF-HEALING IN BIOPLASTICS: OPPORTUNITIES FOR NEXT-GENERATION ELECTRICAL INSULATION MATERIALS
Dr. Sulaiman Mustafa Khazaal AL-TIMMIMI Assist. Prof. Dr. Szávai SZABOLCS	<i>University of Miskolc, Hungary</i>	INVESTIGATION OF THE MECHANICAL PROPERTIES AND COEFFICIENT OF FRICTION OF AN IRON MATRIX COMPOSITE
Ana Luiza CASALECCHI Vicente GONZÁLEZ Henrique FARIA	<i>São Paulo State University (UNESP), Brazil Polytechnic University of Valencia, Spain</i>	HEAT CONDUCTION WITH MOVING BOUNDARY: A STEFAN PROBLEM APPROACH APPLIED TO CARAMEL PRODUCTION

Session-2 Hall-5	Online Session-2 · Hall-5	MEETING ID 858 1117 0419	PASSCODE 191919
	Zoom https://us02web.zoom.us/j/85811170419?pwd=pQ4pPAQuWwhmZzP6PabYQcoqQiuXMn.1 25 June 2026 · Ankara Time: 15:30-17:30		

HEAD OF SESSION: Givi DUCHIDZE		
AUTHOR(S)	ORGANISATION	TOPIC TITLE
Dr. Tran Huu THANG	<i>Industrial University of Ho Chi Minh City, Vietnam</i>	TRANSFORMING CULTURAL RESOURCES INTO SUSTAINABLE LIVELIHOODS THROUGH RURAL HERITAGE TOURISM MODEL IN AN XUAN VILLAGE, HUE CITY, VIET NAM
Givi DUCHIDZE	<i>David Agmashenebeli Georgian National Defence Academy / East European University, Georgia</i>	“GREEN” STRATEGIES AS A COMPETITIVE ADVANTAGE: INTEGRATING THE SUSTAINABLE DEVELOPMENT GOALS (SDGS) INTO CORPORATE MANAGEMENT
Salfiya Ummah M.A.C.	<i>South Eastern University of Sri Lanka, Sri Lanka</i>	THE IMPACT OF MANAGERS' COMPETENCIES ON EMPLOYEES' PERFORMANCE: A STUDY ON COMMERCIAL BANKS IN SRI LANKA
Asst. Prof. Farrukh MAHFOOZ Prof. Dr. Riaz AHMED	<i>Bahria University, Pakistan</i>	IMPORTANCE OF SUSTAINABILITY IN SEAPORTS: EVIDENCE FROM PAKISTAN
Dr. Ina SEJDINI	<i>University of Elbasan, Albania</i>	DETERMINANTS OF NON-PERFORMING LOANS IN ALBANIA: MACROECONOMIC DRIVERS, BANKING SECTOR CHARACTERISTICS, AND POST-REFORM EVIDENCE
Sadais AMJAD	<i>The Islamia University of Bahawalpur, Pakistan</i>	QUANTUM FINANCE: TRANSFORMING FINANCIAL MODELING AND DECISION-MAKING IN THE ERA OF QUANTUM COMPUTING
PhD. Blerina SHKURTI MASHA	<i>Luarasi University, Albania</i>	BETWEEN DOMESTIC LAW AND EUROPEAN STANDARDS: THE LEGAL TREATMENT OF PERSONAL DATA AND SECURITY OBLIGATIONS IN ALBANIA
Dr. Nituja SINGH Medha MALAY	<i>Symbiosis Law School, India Faculty of Law, Delhi University, India</i>	ASSESSING SCOPE FOR ARBITRABILITY IN INTELLECTUAL PROPERTY DISPUTES WITH SPECIAL REFERENCE TO INDIAN LAWS

**Session-2
Hall-6**

Online Session-2 · Hall-6

Zoom

<https://us02web.zoom.us/j/85811170419?pwd=pQ4pPAQuWwhmZzP6PabYQcoqQiuXMn.1>

25 June 2026 · Ankara Time: **15:30-17:30**

MEETING ID

858 1117 0419

PASSCODE

191919

HEAD OF SESSION: Dr. Ghulam Ahmad RAZA

AUTHOR(S)	ORGANISATION	TOPIC TITLE
Dr. Ghulam Ahmad RAZA	<i>Azim Premji University, India</i>	A SOURCE CRITICAL STUDY OF PERSIAN MANUSCRIPT TAZKIRAT UL-MULUK: INDO-PERSIAN HISTORIOGRAPHY
Prem SHANKAR	<i>Aligarh Muslim University, India</i>	FROM BHOJPUR TO THE METROPOLIS: EDUCATIONAL MIGRATION AND SOCIO-ECONOMIC MOBILITY AMONG BHOJPURI-SPEAKING COMMUNITIES IN DELHI NCR (2000–2020)
Saule Mergentayevna YESENGELDIYEVA	<i>Abai Kazakh National Pedagogical University, Kazakhstan</i>	SOVIET CARTOGRAPHY AND HISTORICAL GEOGRAPHY: IDEOLOGICAL DISCOURSE AND THE COLONIAL TRANSFORMATION OF KAZAKHSTAN
Ahmad VARASTEh	<i>Islamic Azad University, Kermanshah Branch, Iran</i>	ORAMANAT FOLK MUSIC AND ITS IMPACT ON THE INTERIOR DESIGN OF CULTURAL SPACES
Ahmad VARASTEh	<i>Islamic Azad University, Kermanshah Branch, Iran</i>	THE IMPACT OF KURDISH CULTURE ON THE INTERIOR DESIGN OF MUSIC HOUSES (IDENTITY SYMBOLS AND PATTERNS)
Dr. Sohoutou Jean NOUNADONDE	<i>University of Parakou, Benin</i>	A FEMINIST ANALYSIS OF FEMALE CHARACTERS IN OSCAR WILDE'S AN IDEAL HUSBAND
Shahriar RAHMAN	<i>Metropolitan University, Bangladesh</i>	POST-COLONIAL POWER AND THE DEHUMANIZATION OF THE SUBALTERN: A COMPARATIVE STUDY OF IMAGINARY MAPS AND DISGRACE

Session-1 Hall-1	Online Session-1 · Hall-1 Zoom https://us02web.zoom.us/j/85811170419?pwd=pQ4pPAQuWwhmZzP6PabYQcoqQiuXMn.1 26 June 2026 · Ankara Time: 13:00-15:00	MEETING ID 858 1117 0419	PASSCODE 191919

HEAD OF SESSION: Assoc. Prof. Duygu KIRKIK		
AUTHOR(S)	ORGANISATION	TOPIC TITLE
Res. Asst. PhD Fatma ŞAYAN POYRAZ Nazlıhan GÜNEL Şevval İnci URUN	<i>Yıldız Technical University, Türkiye</i>	IN VITRO EVALUATION OF THE ANTICANCER POTENTIAL OF COMBINATION APPLICATION OF INDISULAM AND THYMOQUINONE IN HUMAN BREAST CANCER CELL LINES
Res. Asst. PhD Fatma ŞAYAN POYRAZ Şevval İnci URUN Nazlıhan GÜNEL Prof. Dr. Banu MANSUROĞLU	<i>Yıldız Technical University, Türkiye</i>	INVESTIGATION OF THE IN VITRO CYTOTOXIC AND APOPTOTIC EFFECTS OF THYMOQUINONE-LOADED PLGA NANOPARTICLES ON U87MG GLIOBLASTOMA CELLS
Asst. Prof. Dr. Sezen Milli AVTAN	<i>Health Sciences University, Türkiye</i>	STRENGTHS AND AREAS NEEDING IMPROVEMENT IN BASIC SCIENCES EDUCATION FROM THE STUDENT PERSPECTIVE
Samet ŞENCAN Prof. Dr. Abdullah ÖZKAN	<i>Iskenderun Technical University, Türkiye</i>	THE IMPACT OF METHANE GAS RISK ON SEARCH AND RESCUE OPERATIONS IN CONFINED SPACES SUCH AS CAVES AND SHELTERS: A CBRN PERSPECTIVE
Res. Asst. İsmet Berrak ALTUNÇUL GÜROL Asst. Prof. Dr. Cansu VATANSEVER	<i>İstanbul Medipol University, Türkiye</i> <i>Altınbaş University, Türkiye</i>	VACCINES TO PREVENT INFECTIOUS DISEASES
Ceyda SEZER Asst. Prof. Dr. Yasin KAYMAZ	<i>Ege University, Türkiye</i>	INTEGRATION OF HOSPITAL INFORMATION MANAGEMENT SYSTEMS, ARTIFICIAL INTELLIGENCE, AND BIOINFORMATICS IN TÜRKİYE'S DIGITAL HEALTH TRANSFORMATION: AN EVALUATION OF CLINICAL LARGE LANGUAGE MODEL WORKFLOWS AND DATA GOVERNANCE
Naila NASİBOVA Assoc. Prof. Dr. Ali KAHRAMANOĞLU	<i>Ondokuz Mayıs University, Türkiye</i>	WEARABLE TECHNOLOGICAL PRODUCTS' USAGE LEVELS IN THE HEALTHCARE FIELD
İnoussa Hassane Ali MAZOU Asst. Prof. Dr. Egemen DERE	<i>Bursa Uludağ University, Türkiye</i>	NEUROENDOCRINE AND NEUROINFLAMMATORY EFFECTS OF GLYPHOSATE EXPOSURE ON THE HYPOTHALAMIC-PITUITARY AXIS

Session-1
Hall-2

Online Session-1 · Hall-2

Zoom

<https://us02web.zoom.us/j/85811170419?pwd=pQ4pPAQuWwhmZzP6PabYQcoqQiuXMn.1>

26 June 2026 · Ankara Time: 13:00-15:00

MEETING ID
858 1117 0419

PASSCODE
191919

HEAD OF SESSION: Asst. Prof. Dinçer ATASOY

AUTHOR(S)	ORGANISATION	TOPIC TITLE
Asst. Prof. Dr. Güneş EKİM	Karadeniz Technical University, Türkiye	INVESTIGATION OF GENERATIVE ADVERSARIAL NETWORK-BASED SYNTHETIC EEG DATA AUGMENTATION AND ITS EFFECT ON EPILEPTIC EEG CLASSIFICATION
Asst. Prof. Dr. Ali AKBABA	Istanbul Topkapı University, Türkiye	DETERMINING THE PROBABILITY OF TECHNICAL FAILURES TURNING INTO OPERATIONAL DISRUPTIONS IN THE AIRLINE SECTOR USING MACHINE LEARNING
Assoc. Prof. Dr. Nil KONYALILAR Asst. Prof. Dr. Ali AKBABA	Istanbul Topkapı University, Türkiye	A MACHINE LEARNING APPROACH TO PREDICTING THE ESCALATION OF CREW-RELATED DELAYS INTO FLIGHT DISRUPTIONS IN THE AVIATION SECTOR
Fırat BİRGİNAL Salih Hakan YETGİN	Tectone Technology, Türkiye Tarsus University, Türkiye	MECHANICAL PERFORMANCE AND TRIBOLOGICAL BEHAVIOR OF CARBON FIBER REINFORCED POM COMPOSITES
Eda Eylül ÖZDEMİR Esmâ Begüm DEMİR Sudenaz KUŞ Serra METE Prof. Dr. Ali KILIÇ Dr. Gürdoğan DOĞRUL	Konya Food and Agriculture University, Türkiye	THE PRICE OF BEING SMART: HOW AI THREATENS OUR PRIVACY
Münevver KİMSESİZ Prof. Dr. Ferdağ KAHRAMAN AKSOYAK Assoc. Prof. Dr. Büşra KARTAL	Kırşehir Ahi Evran University, Türkiye	STUDENT EXPERIENCES IN DRAWING TWO- DIMENSIONAL VIEWS OF THREE-DIMENSIONAL OBJECTS FROM DIFFERENT PERSPECTIVES USING PHYSICAL MATERIALS AND GEOGEBRA AR
Nuri YIKILMAZ Asst. Prof. Dr. Emre ŞATIR	İzmir Kâtip Çelebi University, Türkiye	INVESTIGATING THE IMPACT OF TECHNICAL DEBT ON TESTING PROCESSES AND DELIVERY PERFORMANCE IN SOFTWARE PROJECTS

Session-1
Hall-3

Online Session-1 · Hall-3

Zoom

<https://us02web.zoom.us/j/85811170419?pwd=pQ4pPAQuWwhmZzP6PabYQcoqQiuXMn.1>
26 June 2026 · Ankara Time: 13:00-15:00

MEETING ID
858 1117 0419

PASSCODE
191919

HEAD OF SESSION: Assoc. Prof. Celal GÜLŞEN

AUTHOR(S)	ORGANISATION	TOPIC TITLE
Assoc. Prof. Dr. Meral SERT Talip UĞUŞ	Marmara University, Türkiye	SOCIETAL REGRESSION IN THE DIGITAL AGE: THE EFFECTS OF SOCIAL MEDIA ALGORITHMS ON THE DIFFERENTIATION OF SELF
Assoc. Prof. Dr. Meral SERT Eslem YILDIRIM	Marmara University, Türkiye	ART-BASED PRACTICES IN COUPLE AND FAMILY THERAPY: A SYSTEMATIC REVIEW
Asst. Prof. Dr. Halil EKŞİ Asst. Prof. Dr. Hasan KÜTÜK Sena MERİÇ	Marmara University, Türkiye Yıldız Technical University, Türkiye	ADAPTATION OF THE VALUE CLARITY QUESTIONNAIRE INTO TURKISH: A VALIDITY AND RELIABILITY STUDY
Muhammed Emin ARSLAN Prof. Dr. Vugar Ali TÜRKSOY	Yozgat Bozok University, Türkiye	AVERSIVE CONDITIONING AND BEHAVIORAL EXTINCTION IN DIGITAL ADDICTION
Z. Gönül BALKIR Dr. Başak BALKIR GÜLEN Dr. Ecem KOCAOĞLAN	Cyprus Aydın University, TRNC Kocaeli University, Türkiye	PATIENT AUTONOMY AND SELF-DETERMINATION
Z. Gönül BALKIR Dr. Başak BALKIR GÜLEN Dr. Ecem KOCAOĞLAN	Cyprus Aydın University, TRNC Kocaeli University, Türkiye	AN ESSAY ON THE INTRINSIC VALUE OF HUMAN LIFE AND HUMAN DIGNITY: WHO CAN DETERMINE THE VALUE OF LIFE?
Özge SEZİK TANYERİ	Atatürk University, Türkiye	EXAMINATION OF MEDIA LITERACY LEVELS OF PERSONNEL WORKING IN PUBLIC SERVICE SPORTS INSTITUTIONS ACCORDING TO DEMOGRAPHIC VARIABLES
Özge SEZİK TANYERİ	Atatürk University, Türkiye	THE IMPACT OF COMMUNICATION SKILLS OF PERSONNEL WORKING IN PUBLIC SERVICE SPORTS INSTITUTIONS ON SOCIAL MEDIA ADDICTION
Özge SEZİK TANYERİ	Atatürk University, Türkiye	EXAMINATION OF INDIVIDUALS' CONSCIOUS PARTICIPATION IN RECREATIONAL ACTIVITIES WITH DIFFERENT PARAMETERS

**Session-1
Hall-4****Online Session-1 · Hall-4**

Zoom

<https://us02web.zoom.us/j/85811170419?pwd=pQ4pPAQuWwhmZzP6PabYQcoqQiuXMn.1>26 June 2026 · Ankara Time: **13:00-15:00****MEETING ID****858 1117 0419****PASSCODE****191919****HEAD OF SESSION: Prof. Dr. Henrique Antonio**

AUTHOR(S)	ORGANISATION	TOPIC TITLE
Eduardo Mariola Shouga MENDES Prof. Dr. Henrique Antonio Mendonça FARIA	<i>São Paulo State University (UNESP), Brazil</i>	INTEGRATION OF CHEMICAL ENGINEERING AND SUSTAINABILITY: MATHEMATICAL MODELLING IN EMISSION CONTROL
Samra BENKACEM Walid BOULTIF Youghourta BELHOCINE Bousaha ELHADI Aouici SAMIA	<i>20 August 1955 University of Skikda, Algeria University of Skikda, Algeria</i>	PREPARATION OF AN FE/KAOLIN CATALYTIC SUPPORT AND ITS APPLICATION IN THE HETEROGENEOUS PHOTO-FENTON PROCESS FOR METHYLENE BLUE DEGRADATION
Agbata Benedict CELESTINE Raimonda DERVISHI Omale DAVID Jimoh AHMED Yahaya Jibrin DANJUMA Okofu Mary BASSEY Omonile Jacob FUNSHO Okee Joshua IKABI	<i>Confluence University of Science and Technology, Nigeria Polytechnic University of Tirana, Albania Prince Abubakar Audu University, Nigeria University of Nigeria Nsukka, Nigeria</i>	DYNAMICAL ANALYSIS OF MALARIA–TUBERCULOSIS CO-INFECTION TRANSMISSION UNDER MULTIPLE CONTROL MEASURES
Agbata Benedict CELESTINE Raimonda DERVISHI Omale DAVID Shior Msuur MARY-ANNE Ejikeme Chioma LYDIA Yahaya Jibrin DANJUMA Fasiku Ggbenga CORNELIUS Ogunkolu Ayodeji BOLADE	<i>Confluence University of Science and Technology, Nigeria Polytechnic University of Tirana, Albania Prince Abubakar Audu University, Nigeria Benue State University, Nigeria University of Nigeria Nsukka, Nigeria Kogi State University, Nigeria</i>	A MATHEMATICAL MODEL FOR THE COEXISTENCE OF VECTOR AND NON-VECTOR TRANSMISSION PATHWAYS IN MALARIA DYNAMICS
E. O. FATUNMBI S. A. ADEGBENRO	<i>Federal Polytechnic Ilaro</i>	NONLINEAR RADIATION EFFECTS ON MHD ETHYLENE GLYCOL NANOFLUID FLOW OVER A VERTICAL PERMEABLE CYLINDER FOR THERMAL ENERGY SYSTEM APPLICATIONS
S. A. ADEGBENRO O. A. OLAIJU E. O. FATUNMBI	<i>Federal Polytechnic Ilaro, Nigeria</i>	HEAT TRANSMISSION AND ENTROPY OPTIMIZATION OF MHD MICROPOLAR FLUID FLOW OVER AN EXTENDING SHEET
Mohamed JANATI Prof. Lmokhtar IKHARRAZNE Prof. Mustapha LAMINE	<i>Hassan II University of Casablanca, Morocco</i>	GEOMETRICALLY NONLINEAR VIBRATION OF A CRACKED CLAMPED–CLAMPED EULER–BERNOULLI BEAM UNDER DISTRIBUTED DYNAMIC LOADING: A GALERKIN-BASED REDUCED-ORDER APPROACH
Ali Akbar FIROOZI Ali Asghar FIROOZI Magdeline TSHAMBANE Sajid Mubashir SHEIKH	<i>University of Botswana, Botswana</i>	CIRCULAR ECONOMY PATHWAYS FOR MINE TAILINGS AND METALLURGICAL WASTE IN SUSTAINABLE CONSTRUCTION MATERIALS

Session-1 Hall-5	Online Session-1 · Hall-5	MEETING ID 858 1117 0419	PASSCODE 191919
	Zoom https://us02web.zoom.us/j/85811170419?pwd=pQ4pPAQuWwhmZzP6PabYQcoqQiuXMn.1 26 June 2026 · Ankara Time: 13:00-15:00		

HEAD OF SESSION: Dr. Daniel MARCEL		
AUTHOR(S)	ORGANISATION	TOPIC TITLE
Ahmed ZYAT KHALID	<i>Cadi Ayyad University, Morocco</i>	TERRITORIAL PLANNING AND THE SUSTAINABILITY OF TERRITORIES: TOWARD AN INTEGRATED GOVERNANCE APPROACH
Abdullahi UMAR Dr. Toyese OYEGOKE	<i>Ahmadu Bello University, Nigeria</i>	THEORETICAL ANALYSIS OF GLUTAMIC ACID AS ECO-FRIENDLY CORROSION INHIBITOR FOR ALUMINUM IN HCL SOLUTION
Ibrahim UMAR	<i>Umaru Sanda Ahmadu College of Education, Nigeria</i>	POVERTY, INSECURITY, AND ENVIRONMENTAL DEGRADATION IN NIGER STATE, NIGERIA: PATHWAYS TO SUSTAINABLE DEVELOPMENT
Samir MERADI Hela DIOUANI Naima LABIAD	<i>Djillali Liabès University, Algeria</i>	DIGITAL MARKETING FATIGUE IN THE AGE OF CONTINUOUS ONLINE ADVERTISING: EXPLORING ITS IMPACT ON CONSUMER WELL-BEING
Ketema ALEMU Prof. Dr. Tamrat TESFAYE Serkalem ABNEW Prof. Dr. Karthikeyan RAJAN	<i>Bahir Dar University, Ethiopia</i>	UNDERSTANDING CUSTOMER PREFERENCES IN SHOE SOLE DESIGN: A COMPREHENSIVE STUDY ON MATERIAL, COMFORT, AND MARKET TRENDS
Herman Anwar ENRE Siti Nasyrah ANNADZIRAH	<i>Universitas Cokroaminoto Makassar, Indonesia</i> <i>Universitas Muhammadiyah Makassar, Indonesia</i>	DIGITAL PUBLIC RELATIONS STRATEGY IN INDONESIAN HIGHER EDUCATION INSTITUTIONS FOR STRENGTHENING PUBLIC TRUST AND EDUCATIONAL COMMUNICATION IN THE DIGITAL ERA
Ibrahim ABUBAKAR Dr. Daniel MARCEL	<i>Modibbo Adama University, Nigeria</i> <i>Mudiame University, Nigeria</i>	IMPACT OF BANK CHARACTERISTICS ON FINANCIAL PERFORMANCE OF SELECTED DEPOSIT MONEY BANKS IN NIGERIA

**Session-1
Hall-6**

Online Session-1 · Hall-6

Zoom

<https://us02web.zoom.us/j/85811170419?pwd=pQ4pPAQuWwhmZzP6PabYQcoqQiuXMn.1>

26 June 2026 · Ankara Time: **13:00-15:00**

MEETING ID

858 1117 0419

PASSCODE

191919

HEAD OF SESSION: Prof. Dr. Jorge Ferreira FRANCO

AUTHOR(S)	ORGANISATION	TOPIC TITLE
Elizabeth Ometere OMAKU Prof. S. N. ZUBAIRU	<i>Federal University of Technology Minna, Nigeria</i>	AN APPRAISAL OF PASSIVE FIRE PROTECTION DEFECTS IN PUBLIC OFFICE BUILDINGS OF ABUJA, NIGERIA
Kanu-Ikoku Prince U. P. B. HARUNA B. M. LAWAL S. B. AHMED	<i>Federal University of Technology Minna, Nigeria</i>	THERMAL PERFORMANCE OF A CLIMATE-RESPONSIVE DATA CENTRE IN ABUJA, NIGERIA
Mahsa HOSEINI	<i>Islamic Azad University, Kermanshah Branch, Iran</i>	DESIGN STRATEGIES FOR EQUESTRIAN COMPLEXES BASED ON TOURISM DEVELOPMENT
Prof. Dr. Mohammed WAHEEB Amal Kamal KANANI	<i>The Hashemite University, Jordan</i>	DAMIYAH: FROM ADAM'S DESCENT TO THE HUMAN JOURNEY
Prof. Dr. Jorge Ferreira FRANCO	<i>Universidade Estadual Júlio de Mesquita Filho (UNESP), Brazil</i>	3D INFORMATION PRODUCTION AND VISUALIZATION TECHNOLOGIES FOR INSTIGATING CITIZENS' READING AND WRITING AND DIGITAL EDUCATION PROCESSES
Dr. Tran Huu THANG Nguyen Thi LUA	<i>Industrial University of Ho Chi Minh City, Vietnam</i>	PROMOTING CULTURAL VALUES OF AN XUAN VILLAGE, HUE CITY, IN ASSOCIATION WITH SUSTAINABLE DEVELOPMENT IN THE CONTEXT OF GLOBALIZATION
Basiru Adeyemi ADEBISI	<i>Kwara State University, Nigeria</i>	BIOPHILIC DESIGN FORMS IN THE STAGE PRODUCTION OF FEMI OSOFISAN'S FOREST OF PROMISED HARM

Session-2
Hall-1

Online Session-2 · Hall-1

Zoom

<https://us02web.zoom.us/j/85811170419?pwd=pQ4pPAQuWwhmZzP6PabYQcoqQiuXMn.1>

26 June 2026 · Ankara Time: 15:30-17:30

MEETING ID

858 1117 0419

PASSCODE

191919

HEAD OF SESSION: Asst. Prof. Melek Gökmen KARAKAYA

AUTHOR(S)	ORGANISATION	TOPIC TITLE
Tolga ÖZEL Assoc. Prof. Dr. Gökhan KÖK Prof. Dr. Yeşim Gül SALMAN	<i>Ege University, Türkiye</i>	SYNTHESIS AND CHARACTERIZATION OF TWO NOVEL THIO-GLUCOSE DERIVATIVES FOR GOLD GLYCONANOPARTICLE AND GLYCONANOTECHNOLOGY APPLICATIONS
Asst. Prof. Dr. Alper YARDAN	<i>Balıkesir University, Türkiye</i>	THEORETICAL INVESTIGATION OF THE ELECTRONIC, REACTIVE, AND SPECTROSCOPIC PROPERTIES OF A BULKY SCHIFF BASE LIGAND VIA DENSITY FUNCTIONAL THEORY (DFT)
Asst. Prof. Dr. Alper YARDAN	<i>Balıkesir University, Türkiye</i>	COMPARATIVE HIRSHFELD SURFACE ANALYSIS OF THE SOLID-STATE SUPRAMOLECULAR INTERACTIONS OF A STERICALLY HINDERED SCHIFF BASE LIGAND AND ITS NICKEL(II) COMPLEX
Alev DİŞLİ Adil UMAZ Mehmet Şakir ECE	<i>Mardin Artuklu University, Türkiye</i>	HIGH-YIELD HYDROGEN PRODUCTION BY SODIUM BOROHYDRIDE METHANOLYSIS USING OLEIC ACID-COATED MAGNETIC NANO-CATALYST
Asst. Prof. Dr. Seyda AYDOĞDU	<i>Yıldız Technical University, Türkiye</i>	THEORETICAL INSIGHTS INTO THE ELECTRONIC AND SPECTROSCOPIC PROPERTIES OF CLOTHIANIDIN
Halil MUTLUBAŞ Prof. Dr. Ataç UZEL Assoc. Prof. Dr. Gözde DUMAN Prof. Dr. Mehmet Kadri BOZOKALFA Prof. Dr. Jale YANIK	<i>Ege University, Türkiye</i>	SEED COATING WITH BACTERIA-INOCULATED BIOCHAR

Session-2
Hall-2

Online Session-2 · Hall-2

Zoom

<https://us02web.zoom.us/j/85811170419?pwd=pQ4pPAQuWwhmZzP6PabYQcoqQiuXMn.1>

26 June 2026 · Ankara Time: 15:30-17:30

MEETING ID
858 1117 0419

PASSCODE
191919

HEAD OF SESSION: Doç. Dr. Murat FİDAN

AUTHOR(S)	ORGANISATION	TOPIC TITLE
Asst. Prof. Dr. Feride BAL	<i>Gaziantep University, Türkiye</i>	THE DARK SIDE OF DIGITAL TRANSFORMATION IN FAMILY BUSINESSES: THE MEDIATING ROLE OF INTERGENERATIONAL CONFLICT IN THE EFFECT OF DIGITALIZATION PRESSURE ON DIGITAL BURNOUT
Assoc. Ph.D. Vuqar NAZAROV Leyla MUSTAFAZADE	<i>Azerbaijan University of Tourism and Management, Azerbaijan</i>	ACTUAL PROBLEMS OF SMALL AND MEDIUM-SIZED BUSINESSES IN THE CONTEXT OF GLOBALIZATION
Doç. Dr. Murat FİDAN	<i>Kastamonu University, Türkiye</i>	THE ARCHAEOLOGY OF HOMO ECONOMICUS: THE ORIGINS OF HUMANITY
Asst. Prof. Dr. Gökhan ASKAN	<i>Erzincan Binali Yıldırım University, Türkiye</i>	ASSESSING THE ROLE OF THE ERGAN MOUNTAIN WINTER SPORTS AND NATURE TOURISM CENTER IN TURKEY'S WINTER TOURISM AND ITS POTENTIAL FOR YEAR-ROUND TOURISM DEVELOPMENT
Fatma KAYMAZ KARAHAN Assoc. Prof. Dr. Emine Elif NEBATİ	<i>Istanbul Sabahattin Zaim University, Türkiye</i>	EVALUATION OF CUSTOMER RELATIONSHIP MANAGEMENT PROCESSES: A STUDY IN THE TELECOMMUNICATIONS INDUSTRY
Doğan ŞENGÜL Mahmut Emin SARIKAYA	<i>Istanbul Sabahattin Zaim University, Türkiye</i>	PYTHAGOREAN FUZZY WEIGHTED AVERAGING OF CHURN DISCOURSE: HESITANCY-AWARE RETENTION-CRITERIA WEIGHTS FROM CUSTOMER X POSTS IN TÜRKİYE
Mahmut Emin SARIKAYA Doğan ŞENGÜL	<i>Istanbul Sabahattin Zaim University, Türkiye</i>	TRIANGULAR FUZZY LINGUISTIC AGGREGATION OF LITERATURE EVIDENCE: WEIGHTING HIGH-SCHOOL SELECTION CRITERIA FROM THE SCHOOL-CHOICE LITERATURE FOR TÜRKİYE'S LGS

Session-2
Hall-3

Online Session-2 · Hall-3

Zoom

<https://us02web.zoom.us/j/85811170419?pwd=pQ4pPAQuWwhmZzP6PabYQcoqQiuXMn.1>

26 June 2026 · Ankara Time: 15:30-17:30

MEETING ID

858 1117 0419

PASSCODE

191919

HEAD OF SESSION: Dr. Rim NACIRI

AUTHOR(S)	ORGANISATION	TOPIC TITLE
Ali Akbar FIROOZI Ali Asghar FIROOZI Magdeline TSHAMBANE Sajid Mubashir SHEIKH	<i>University of Botswana, Botswana</i>	CLIMATE-RESILIENT MINE WATER MANAGEMENT: INTEGRATING RISK GOVERNANCE, REUSE, AND ENVIRONMENTAL PROTECTION
Roxana CIORTEANU Ioana C. MARINAS Catalina Ionica CIOBANU Ionel I. MANGALAGIU Ramona DANAC	<i>Alexandru Ioan Cuza University of Iasi, Romania Research Institute of the University of Bucharest, Romania</i>	SYNTHESIS AND BIOLOGICAL EVALUATION OF HEMOCOMPATIBLE 6-AZAINDOLE PYRIDINIUM SALTS
Toleshi TESHOME Grace NGUBENI Nosipho MOLOTO	<i>Bonga University, Ethiopia University of Witwatersrand, South Africa</i>	BIMETALLIC FE-CO CO-DOPED ZNO NANOCATALYSTS: SYNTHESIS, CHARACTERIZATION, AND ENHANCED PHOTOCATALYTIC DEGRADATION OF METHYL ORANGE
Abdullah SHAHBAZ	<i>Falling Upward, United Kingdom</i>	ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN MODERN SOFTWARE DEVELOPMENT FOR INDUSTRIAL APPLICATIONS
Dr. Rim NACIRI Prof. Dr. El Mehdi ELKHATTABI	<i>Université Sidi Mohammed Ben Abdellah, Morocco Université Moulay Ismail de Meknès, Morocco</i>	HYBRID BIOMASS-SOLAR SYSTEMS WITH ENERGY STORAGE: A SYSTEMATIC REVIEW OF TECHNOLOGIES, CONTROL STRATEGIES, AND SUSTAINABILITY OUTCOMES
Azzedine BOUZAOUIT Chouaib ZEGHIDA Mounir GAHGAH Djeddou KHEDIDJA Mefdaoui FATIHA	<i>University of Skikda, Algeria Cherif Messaadia University of Souk Ahras, Algeria</i>	THE TOPSIS MULTICRITERIA METHOD FOR THE ANALYSIS OF INDUSTRIAL SYSTEM FAILURES
Dr. Ayyoub SKAOU Prof. Dr. El Hassan EL MOUDEN	<i>Cadi Ayyad University, Morocco</i>	DIVERSITY OF WILD BEES IN MOROCCO: A FOCUS ON THE MARRAKECH-SAFI REGION
Shahriar Hasan Mridha RATUL Kazi Tariqul ISLAM Shakik Ahmed WALID Farhana RAHMAN Moukuri MOHIM Md Shakil MAHMUD	<i>Mridha's Research Center (MRC), Bangladesh Saga University, Japan EQMS Consulting Limited, Bangladesh Southeast University, Bangladesh Pittsburg State University, USA</i>	GEOSPATIAL ANALYSIS OF WATER POLLUTION AND ITS ENVIRONMENTAL CONSEQUENCES IN NARAYANGANJ

**Session-2
Hall-4**

Online Session-2 · Hall-4

Zoom

<https://us02web.zoom.us/j/85811170419?pwd=pQ4pPAQuWwhmZzP6PabYQcoqQiuXMn.1>

26 June 2026 · Ankara Time: 15:30-17:30

MEETING ID

858 1117 0419

PASSCODE

191919

HEAD OF SESSION: Clara Resti WAHYUNINGSIH

AUTHOR(S)	ORGANISATION	TOPIC TITLE
Dim, Amaka Victoria	<i>Shanahan University, Nigeria</i>	A COMPARATIVE STUDY OF FINANCIAL PERFORMANCE OF MULTINATIONAL AND INDIGENOUS INDUSTRIAL GOODS FIRMS IN NIGERIA
HANINDYA SAVANDA ATHAYANISA FALISHA PUTRI ADIVA CHANTIKA ATTHAYA ARLIE	<i>University of Lampung, Indonesia</i>	PROFIT SHIFTING MECHANISMS AND THE EVOLUTION OF GLOBAL TAX TRANSPARENCY
Achmad Rajwa Alamsyah MARCHIO Ahmad Rizky SUBHANSYAH Zalfa GH AISANI	<i>Universitas Lampung, Indonesia</i>	THE RELATIONSHIP BETWEEN CORPORATE GOVERNANCE AND TAX AVOIDANCE
Clara Resti WAHYUNINGSIH Andini Nares WATI	<i>Universitas Lampung, Indonesia</i>	THE ECONOMIC CONSEQUENCES OF INDONESIA WITHOUT THE TAXATION SECTOR
Dimas Bayu ALFIANTO Rhesa Mahardika JAYA Marcheal FRANS	<i>Lampung University, Indonesia</i>	THE ROLE OF TAXES IN INDONESIA'S NATIONAL DEVELOPMENT IN FACING GLOBAL ECONOMIC UNCERTAINTY IN 2026

Session-2 Hall-5	Online Session-2 · Hall-5 Zoom https://us02web.zoom.us/j/85811170419?pwd=pQ4pPAQuWwhmZzP6PabYQcoqQiuXMn.1 26 June 2026 · Ankara Time: 15:30-17:30	MEETING ID 858 1117 0419	PASSCODE 191919

HEAD OF SESSION: Asst. Prof. Neşe YILMAZ		
AUTHOR(S)	ORGANISATION	TOPIC TITLE
Lect. Dilan ALKAÇ	<i>Beykent University, Türkiye</i>	THE TRANSFORMATION OF THE LABOR MARKET IN THE AGE OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE: ECONOMIC IMPACTS AND FUTURE PERSPECTIVES
Lect. Dilan ALKAÇ	<i>Beykent University, Türkiye</i>	THE IMPACT OF GLOBAL FOOD CRISES ON AGRICULTURAL TRADE
Asst. Prof. Dr. Emine KAYA Ömer KAYA	<i>Bingöl University, Türkiye</i>	GOLD MARKET ANOMALIES FROM A BEHAVIORAL FINANCE PERSPECTIVE: A SYSTEMATIC REVIEW OF THE IMPACT OF INVESTOR PSYCHOLOGY ON PRICING DURING CRISIS PERIODS
Assoc. Prof. Dr. Vuqar NAZAROV Aziz ISKANDAROV	<i>Azerbaijan University of Tourism and Management, Azerbaijan</i>	ACTUAL PROBLEMS OF THE FUNCTIONING OF INVESTMENT MECHANISMS IN THE MARKET OF SECURITIES IN THE REPUBLIC OF AZERBAIJAN
Dr. Abdullah Kürşat MERTER Tuana Deniz ÇELİK	<i>Gebze Technical University, Türkiye</i>	WILL PREDICTIVE ARTIFICIAL INTELLIGENCE OR ENIGMATIC HUMAN INTELLIGENCE WIN IN BUSINESS?
Büşra NARİN Assoc. Prof. Dr. Gözde MERT	<i>Istanbul Nişantaşı University, Türkiye</i>	THE MODERATING ROLE OF JOB INSECURITY ON THE IMPACT OF AI CONCERNS ON INNOVATIVE WORK BEHAVIOR IN THE SERVICE SECTOR
Ahmet Tunahan ÇAMOĞLU Assoc. Prof. Dr. Ali KAHRAMANOĞLU	<i>Ondokuz Mayıs University, Türkiye</i>	USER RESPONSES TO IN-APP PURCHASE TYPES: A COMPARATIVE LITERATURE REVIEW
Onurcan UÇAR Assoc. Prof. Dr. Seval ENE YALÇIN	<i>Bursa Uludağ University, Türkiye</i>	ARTIFICIAL INTELLIGENCE-BASED REVERSE FLOW FORECASTING IN CIRCULAR SUPPLY CHAINS

Session-2 Hall-6	Online Session-2 · Hall-6	MEETING ID 858 1117 0419	PASSCODE 191919
	Zoom https://us02web.zoom.us/j/85811170419?pwd=pQ4pPAQuWwhmZzP6PabYQcoqQiuXMn.1 26 June 2026 · Ankara Time: 15:30-17:30		

HEAD OF SESSION: Abed ZOULIKHA		
AUTHOR(S)	ORGANISATION	TOPIC TITLE
Shanza KHANUM Muhammad ASAD	University of Education Lahore, Pakistan	PROTECTIVE ROLE OF SILVIDORA PROCEIA AGAINST HISTOPATHOLOGICAL DAMAGE OF GREEN-SYNTHESIZED SILVER NANOPARTICLES IN LABEO ROHITA
Abed ZOULIKHA Lachabi ABDELHADI Laid ABDELALI	Applied Materials Laboratory, Sidi Bel Abbes University, Algeria	ELECTRONIC STRUCTURE AND STRUCTURAL STABILITY OF $TL_{1-x}B_xP$ ALLOYS: A FIRST-PRINCIPLES STUDY WITH SPIN-ORBIT COUPLING
Elona SHLLAKU Assoc. Prof. Dr. Arieta CAMAJ IBRAHIMI	University of Peja “Haxhi Zeka”, Kosovo	ASSESSMENT OF MYCOTOXIN RISK IN MILK: FROM ANIMAL FEED TO AFLATOXIN M1 (AFM1)
Abderrazzak IHOUATEN Khadija EL-MOUSTAQIM Jamal MABROUKI	Mohammed V University in Rabat, Morocco	IOT ENABLED WASTEWATER MONITORING AND ENVIRONMENTAL PROTECTION
MUHAMMAD FAISAL	Ministry of IT & Telecommunication, Pakistan	MULTI-MODAL DEEP LEARNING AND SENSOR FUSION FOR INTELLIGENT MARITIME SECURITY: ENHANCING BORDER PROTECTIONS VIA GLOBAL MARINE DATA AGGREGATIONS

CONFERENCE GALERY

Observer hall-1

Basketbolcularda Stres, Uyku Kalitesi ve Beslenme Durumu İlişkisine Güncel Bir Bakış

A Current Perspective on the Relationship Between Stress, Sleep Quality, and Nutritional Status in Basketball Players

Duygu KOÇAK
İstanbul Oğuzhan Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Beslenme ve Diyetetik Anabilim Dalı

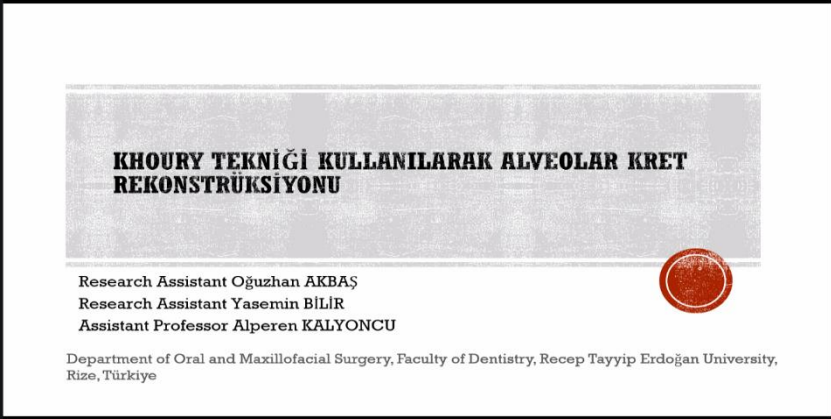
Doç. Dr. Sedat ARSLAN
Bursa Uludağ Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Fakültesi, Beslenme ve Diyetetik Bölümü

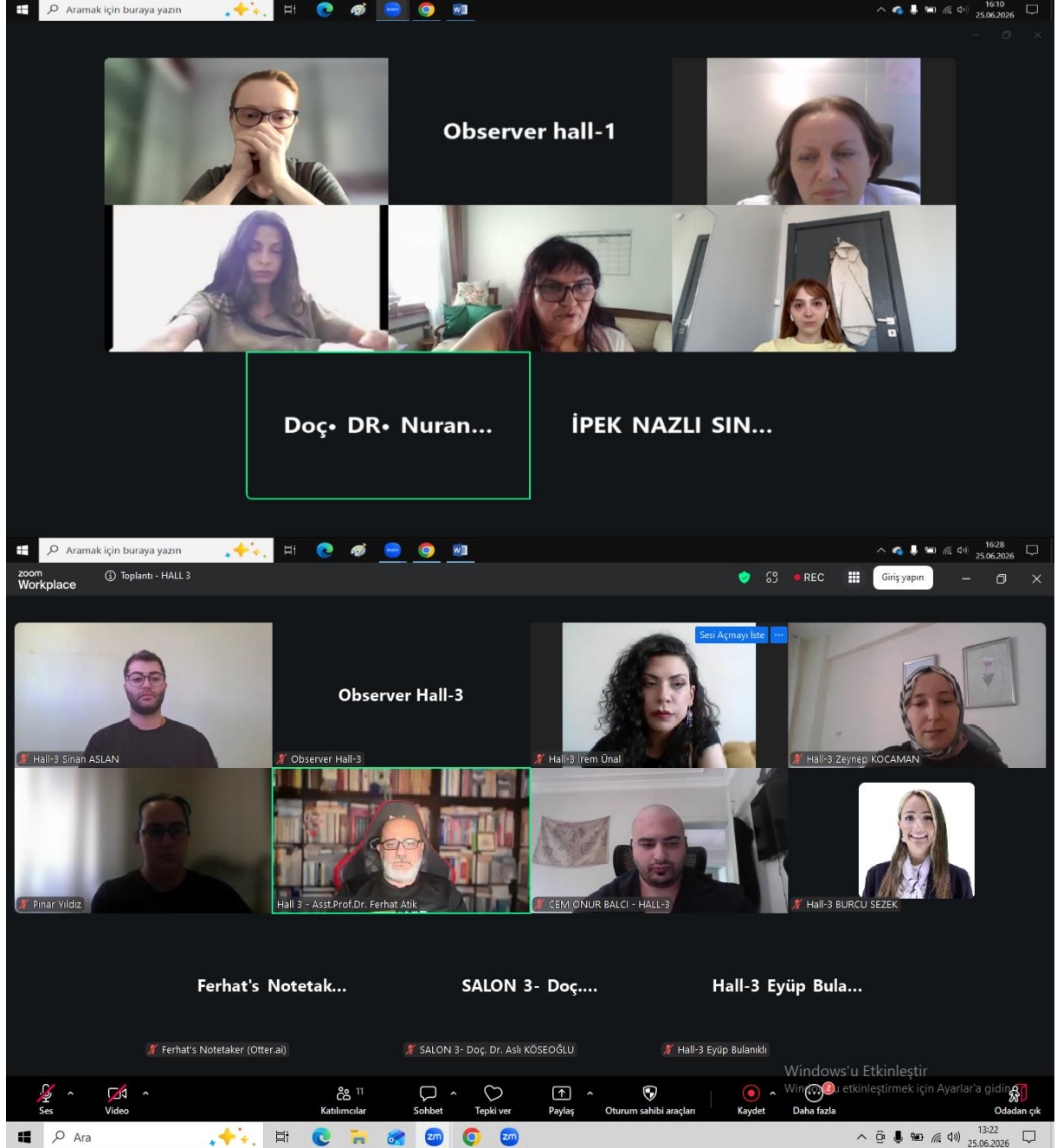
EJONS 19th INTERNATIONAL CONGRESS

Observer hall-1

Hall-1 Ezgi Dogan

Observer hall-1





zoom Workplace Toplantı - HALL 3

Observer Hall-3

Lale LALAYEVA

MATANAT SAHALIYEV

BURCU SEZEK

Hall-3 Osman KÖKTEPE

Hall-3 Eren Can Yıldız

Hall-3 Patrizia Muradi

arçın günay - hall 3

Munise Seckin

Windows'u Etkinleştirin
Windows'u etkinleştirmek için Ayarlar'a gidin

Ses Video Katılımcılar Sohbet Tepki ver Paylaş Oturum sahibi araçları Kaydet Daha fazla Odadan çık

16:13 25.06.2026

zoom Workplace Toplantı - HALL 5

Observer Hall-5

Vasilelos Spanos

Georgiana Anamaria Duna

H5 - Cristian Spătaru

H5 - Cristian Spătaru

Elmira Azizi-H5

H5 - Cristian Spătaru

Ses Video Katılımcılar Sohbet Tepki ver Paylaş Oturum sahibi araçları Kaydet Daha fazla Odadan çık

13:41 25.06.2026

zoom Workplace Toplantı - HALL 6

Observer Hall-6

H6-Maria Cruz Cuevas Alvarez

Dr Mrs Janet Owolabi

Hall-6, Session-1, Nedeljko Milanovic

Mohd Shahbaz Khan

Cayte Eceeremmanesa

FASEELA T, HALL-6

Ses Video Katılımcılar Sohbet Tepki ver Paylaş Oturum sahibi araçları Kaydet Daha fazla Odadan çık

23°C Güneşli 13:12 25.06.2026

zoom Workplace Toplantı - HALL 4 REC paused Giriş yapın

Observer-Hall 4

Levi Anyehechu...

Rajesh Navasingsh Opole University of Technology Observer-Hall 4 Levi Anyehekukwu Nwosu and Cynthia Chideraa Nwosu- Hall 4

tanweer Alam

Hall 4 - Ana Luiza Catalecci Hall 4 - Henrique Faria tanweer Alam

Ses Video Katılımcılar Sohbet Tepki ver Paylaş Oturum sahibi araçları Kaydet Daha fazla Odadan çık

30°C Güneşli Ara 16:01 25.06.2026

zoom Workplace Toplantı - HALL 5 REC Giriş yapın

Observer Hall-5

Prof. M.A.C. Saliya Ummah- Hall 5 Observer Hall-5

H5-Cristian Spăt...

H5-Cristian Spătaru

Ses Video Katılımcılar Sohbet Tepki ver Paylaş Oturum sahibi araçları Kaydet Daha fazla Odadan çık

15:29 25.06.2026

zoom Workplace Toplantı - HALL 6 REC Giriş yapın

Observer Hall-6

Ghulam Ahmad Raza- Hall 6 Observer Hall-6

Suzle Esenguliyeva Hall 6 Jimada Abdulrahman

Ses Video Katılımcılar Sohbet Tepki ver Paylaş Oturum sahibi araçları Kaydet Daha fazla Odadan çık

30°C Güneşli 15:57 25.06.2026

Observer hall-1

13:22 26 Haz Cum

19th EJONS INTERNATIONAL CONGRESS
"Scientific Research and Recent Developments"
25-27 June 2026 / Istanbul

Investigation of the *In Vitro* Cytotoxic and Apoptotic Effects of Thymoquinone-Loaded PLGA Nanoparticles in U87MG Glioblastoma Cells

Şevval İnci URUN
Undergraduate Student

Supervisor:
Fatma Şayan POYRAZ, PhD
Research Assistant

Department of Molecular Biology and Genetics, Yıldız Technical University

This work was supported by Yıldız Technical University Scientific Research Projects Coordination Unit under project number FBG-2025-6809.

BAPSIS

Aramak için buraya yazın

13:22 26.06.2026

Observer hall-1

19. EJONS ULUSLARARASI KONGRESİ
Bilimsel Araştırmalar ve Güncel Gelişmeler
25 - 25 Haziran 2026
İSTANBUL

OLEİK ASİT KAPLI MANYETİK NANO-KATALİZÖRÜ KULLANILARAK SODYUM BOROHİDRİT METANOLİZİNDEN YÜKSEK VERİMLİ HİDROJEN ÜRETİMİ
HIGH-YIELD HYDROGEN PRODUCTION BY SODIUM BOROHYDRIDE METHANOLYSIS USING OLEIC ACID-COATED MAGNETIC NANO-CATALYST

ALEV DIŞLI*, DOÇ. DR. ADİL UMAZ*, DOÇ. DR. MEHMET ŞAKİR ECE*
*Mardin Artuklu Üniversitesi, Uzmanüstü Eğitim Enstitüsü, Mardin, Türkiye,
Mardin Artuklu Üniversitesi, Sağlık Hizmetleri Meslek Yüksekokulu, Mardin, Türkiye,
Mardin Artuklu Üniversitesi, Sağlık Hizmetleri Meslek Yüksekokulu, Mardin, Türkiye.

Aramak için buraya yazın

16:14 26.06.2026

Observer Hall-2

Hall-2: Dincer Atasoy

Observer Hall-2

Hall-2: Nuri YIKILMAZ

Hall-2: munevverkimsiz

Hall-2: Sudekiz Kuş

Hall-2: Esra Begüm Demir

Serra Mete

Hall-2: Eda Eylül Özdemir

H2: Firat Birginel

ali

Hall 2-Güneş Ekim

Nu Hall 2

Ara

13:22 26.06.2026

zoom
Workplace

Toplantı - HALL 3

REC

Giriş yapın

Hall-3 Muhammed Emin Arslan

Observer Hall-3

Hall-1 Celal GÜLŞEN

Hall-3 Talip UĞUŞ

Hall-3 Eslem Meryem YILDIRIM

Hall-3 Sena Meriç

Hall-3 Ozge Sezik Tanyeri

meral

Hall-3 Gönül Bal...

Dr. Ecem Kocaog...

Hall-3 Gönül Balkır

Dr. Ecem Kocaoglan

Ses

Video

Katılımcılar 10

Sohbet

Tepki ver

Paylaş

Oturum sahibi araçları

Ara odalar

Daha fazla

Odadan çık

Windows'u Etkinleştir

Windows'u etkinleştirmek için Ayarlar'a gidin

13:25
26.06.2026

zoom
Workplace

Toplantı - HALL 2

REC

Giriş yapın

SALON 2-hall-2 (Gökhan ASKAN)

Observer Hall-2

Session-2 Hall 2, MURAT FIDAN

Hall-2 Fatma KAYMAZ KARAHAN

h2-Leyla Mustafazade

Hall-2 Feride bal

Mahmut Emin S...

Mahmut Emin Sarıkaya-Hall2

Ses

Video

Katılımcılar 7

Sohbet

Tepki ver

Paylaş

Oturum sahibi araçları

Kaydet

Daha fazla

Odadan çık

16:02
26.06.2026

zoom
Workplace

Toplantı - HALL 3

REC

Giriş yapın

Md Shakil Mahmud

Observer Hall-3

Shahriar Hasan Mridha Ratul

Abdullha

Moukuri Mohim

Kazi Tariqul Islam

Md Shakil Mah...

Observer Hall-3

Shahriar Hasan...

Abdullha

Moukuri Mohim

Kazi Tariqul Islam

K.M. Shakik Ah...

K.M. Shakik Ahmed Walid

Ses

Video

Katılımcılar 7

Sohbet

Tepki ver

Paylaş

Oturum sahibi araçları

Kaydet

Daha fazla

Odadan çık

Windows'u Etkinleştir

Windows'u etkinleştirmek için Ayarlar'a gidin

15:47
26.06.2026

zoom Workplace Toplantı - HALL 4 REC Giriş yapın

Observer-Hall 4

Hall-4, Eduardo Mariola Shouga Mendes Observer-Hall 4

Hall 4 - Henrique Faria

Dr. Fatunmbi

Dr. Fatunmbi

Ses Video Katılımcılar Sohbet Tepki ver Paylaş Oturum sahibi araçları Kaydet Daha fazla Odadan çık

31°C Güneşli Ara 13:16 26.06.2026

zoom Workplace Toplantı - HALL 5 REC Giriş yapın

Observer Hall-5

Dr. Daniel Marcel hall 5 sec 1 Observer Hall-5

Hall-5 Siti Nasyrah Annadzirah

Windows'u Etkinleştir Windows'u etkinleştirmek için Ayarlar'a gidin.

Ses Video Katılımcılar Sohbet Tepki ver Paylaş Oturum sahibi araçları Kaydet Daha fazla Odadan çık

12:58 26.06.2026

zoom Workplace Toplantı - HALL 6 REC Giriş yapın

Observer Hall-6

JORGE Observer Hall-6 Hall-6 Prince

Mohammed ses...

BASIRU ADEYEMI ADEBISI, KWASU NIGERIA Mohammed session 1 hall 6

Ses Video Katılımcılar Sohbet Tepki ver Paylaş Oturum sahibi araçları Kaydet Daha fazla Odadan çık

30°C Güneşli 13:27 26.06.2026

zoom Workplace Toplantı - HALL 4

Observer-Hall 4

Hall-4_Clara Resti Wahyuningsih

Observer-Hall 4

Hall 4_Rhesa Mahardika Jaya

Hall-4_DimasBayuAlfianto

Hall 4_Marcheal Frans

Falisha Putri Adiva_Hall-4

Hall 4_Hanindya Savanda Athayannisa

Hall-4_Andini Nares Wati

Ses Video Katılımcılar Sohbet Tepki ver Paylaş Oturum sahibi araçları Kaydet Daha fazla Odadan çık

15:30 26.06.2026

zoom Workplace Toplantı - HALL 5

Observer Hall-5

Hall-5_Nese Yilmaz

Observer Hall-5

Hall-5_Buğra Narin

Sesi Açmayı İste

Onurcan UÇAR

Hall-5 Ömer KAYA

Hall-5 Ahmet Tunahan Çamoglu

Dilan ALKAÇ H-5

Tuanna Deniz Çelik Hall5

Abdullah Kürşat Merter Hall-5

Aziz Iskandarov

Windows'u Etkinleştir Windows'u etkinleştirmek için Ayarlar'a gidin.

Ses Video Katılımcılar Sohbet Tepki ver Paylaş Oturum sahibi araçları Kaydet Daha fazla Odadan çık

16:10 26.06.2026

TABLE OF CONTENTS

Author(s)	Topic Title	No
Dilan ALKAÇ	THE TRANSFORMATION OF THE LABOR MARKET IN THE AGE OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE: ECONOMIC IMPACTS AND FUTURE PERSPECTIVES	1
Dilan ALKAÇ	THE IMPACT OF GLOBAL FOOD CRISES ON AGRICULTURAL TRADE	13
Samet ŞENCAN Abdullah ÖZKAN	THE IMPACT OF METHANE GAS RISK ON SEARCH AND RESCUE OPERATIONS IN CONFINED SPACES SUCH AS CAVES AND SHELTERS: A CBRN PERSPECTIVE	27
Osman KÖKTEPE Melisa KUMLU Tuğçe KOZAKLI ÜLGER Gül KALELİ YILMAZ Menekşe Seden TAPAN BROUTIN	THE PLACE OF THE ARCHITECTURE DISCIPLINE IN THE STEAM MODEL AND ITS CONTRIBUTION TO SPATIAL REASONING SKILLS	34
Fatma KAYMAZ KARAHAN Emine Elif NEBATİ	EVALUATION OF CUSTOMER RELATIONSHIP MANAGEMENT PROCESSES: A STUDY IN THE TELECOMMUNICATIONS INDUSTRY	47
Banu BAŞ Hande ÇAKIROĞLU	ANALYSIS OF EAR IMPRESSION TAKING VIDEOS ON YOUTUBE IN TERMS OF AUDIOLOGICAL APPLICATIONS AND QUALITY ASSESSMENT	59
Fırat BİRGİNAL Salih Hakan YETGİN	MECHANICAL PERFORMANCE AND TRIBOLOGICAL BEHAVIOR OF CARBON FIBER REINFORCED POM COMPOSITES	68
Ceyda SEZER Yasin KAYMAZ	DIGITAL HEALTH TRANSFORMATION IN TÜRKİYE: INTEGRATING HOSPITAL INFORMATION AND BIOINFORMATICS SYSTEMS WITH LLM-BASED ARTIFICIAL INTELLIGENCE FOR CLINICAL IMPACT	77
Givi DUCHIDZE	"GREEN" STRATEGIES AS A COMPETITIVE ADVANTAGE: INTEGRATING THE SUSTAINABLE DEVELOPMENT GOALS (SDGS) INTO CORPORATE MANAGEMENT	89
Salim ÇINAR	DETERMINATION OF R AND C VALUES IN THE DESIGN OF A WIEN BRIDGE OSCILLATOR USING LTSPICE SIMULATION AND OPTIMISATION METHODS	95
Herman Anwar ENRE Siti Nasryrah ANNADZIRAH	DIGITAL PUBLIC RELATIONS STRATEGY IN INDONESIAN HIGHER EDUCATION INSTITUTIONS FOR STRENGTHENING PUBLIC TRUST AND EDUCATIONAL COMMUNICATION IN THE DIGITAL ERA	104
Metanet ŞAHALİYEVA YILDIZ	THE WISDOM BEHIND THE WORDS: A PHILOSOPHICAL COMMENTARY ON SELECTED TEXTS FROM THE CREATIVE WORKS OF TABRIZ PHILOSOPHER-POET MOHAMMAD HIDEJI	110
Konstantinos VAKOUFTSIS Dimitrios SYNDOKAS Stavros KALOGIANNIDIS Vasileios SPANOS	DECARBONIZATION AND JUST TRANSITION IN WESTERN MACEDONIA: ECONOMIC AND SOCIAL IMPACTS ON REGIONAL DEVELOPMENT	117
Vuqar NAZAROV Leyla MUSTAFAZADE	ACTUAL PROBLEMS OF SMALL AND MEDIUM-SIZED BUSINESSES IN THE CONTEXT OF GLOBALIZATION	131
Musa MOHAMMED Ahmed Abdullahi BARKUTA Jimada ABDULRAHMAN	PERCEIVED IMPACT OF EARLY MARRIAGE ON EDUCATIONAL ATTAINMENT AMONG ADOLESCENTS IN BOSSO LOCAL GOVERNMENT AREA OF NIGER STATE, NIGERIA	138
Ibrahim UMAR	POVERTY, INSECURITY, AND ENVIRONMENTAL DEGRADATION IN NIGER STATE, NIGERIA: PATHWAYS TO SUSTAINABLE DEVELOPMENT	145
Mohammed WAHEEB Amal Kamal KANANI	DAMIYAH: FROM ADAM'S DESCENT, THE LOWER JORDAN BASIN AND THE ZARQA VALLEY AS A POTENTIAL SPATIAL FRAMEWORK FOR ADAM'S SETTLEMENT AND THE BEGINNINGS OF HUMAN CIVILIZATION	155

Author(s)	Topic Title	No
Samir MERADI Hela DIOUANI Naima LABIAD	DIGITAL MARKETING FATIGUE IN THE AGE OF CONTINUOUS ONLINE ADVERTISING: EXPLORING ITS IMPACT ON CONSUMER WELL-BEING	161
Zeynep KOCAMAN Aslı KÖSEOĞLU	AN ANALYSIS OF INSTAGRAM ADVERTISEMENTS FOR FASHION AND PERSONAL CARE PRODUCTS PROMOTED BY FEMALE INFLUENCERS	168
Sinan ASLAN Aslı KÖSEOĞLU	PRESENTATION OF FEMICIDE NEWS ON ONLINE NEWS SITES: AN ANALYSIS OF "YENIAKIT.COM.TR"	178
Sena MERİÇ Halil EKŞİ Hasan KÜTÜK	ADAPTATION OF THE VALUE CLARITY QUESTIONNAIRE INTO TURKISH: A VALIDITY AND RELIABILITY STUDY	188
Güneş EKİM	INVESTIGATION OF GENERATIVE ADVERSARIAL NETWORK-BASED SYNTHETIC EEG DATA AUGMENTATION AND ITS EFFECT ON EPILEPTIC EEG CLASSIFICATION	199
Nuran AKYURT	EXAMINATION OF VR-SUPPORTED BREAST HEALTH EDUCATION IN MEDICAL IMAGING TECHNICIAN TRAINING	209
Nuran AKYURT	EVALUATION OF VIRTUAL REALITY- AND ARTIFICIAL INTELLIGENCE-SUPPORTED BREAST HEALTH AND BREAST SELF-EXAMINATION TRAINING IN TERMS OF PARTICIPANT SATISFACTION AND PERCEIVED GAINS	220
Alper YARDAN	THEORETICAL INVESTIGATION OF THE ELECTRONIC, REACTIVE, AND SPECTROSCOPIC PROPERTIES OF A BULKY SCHIFF BASE LIGAND VIA DENSITY FUNCTIONAL THEORY (DFT)	231
Alper YARDAN	COMPARATIVE HIRSHFELD SURFACE ANALYSIS OF THE SOLID-STATE SUPRAMOLECULAR INTERACTIONS OF A STERICALLY HINDERED SCHIFF BASE LIGAND AND ITS NICKEL(II) COMPLEX	237
Oğuzhan AKBAŞ Yasemin BİLİR Alperen KALYONCU	ALVEOLAR RIDGE RECONSTRUCTION USING THE KHOURY TECHNIQUE	243
Yasemin BİLİR Oğuzhan AKBAŞ Alperen KALYONCU	PRF-ASSISTED SIMULTANEOUS LATERAL SINUS FLOOR ELEVATION AND AUTOGENOUS SYMPHYSIS BLOCK GRAFTING FOR VERTICAL AND HORIZONTAL BONE AUGMENTATION IN A SEVERELY ATROPHIC POSTERIOR MAXILLA	248
Metin ÇELTİK Yakup HAMEŞ Mehmet Ali BELEN	DESIGN AND SIMULATION OF A STEPPED MICROSTRIP PATCH ANTENNA OPERATING 2.7 GHZ	259
Musa DEMİR Yakup HAMEŞ Mehmet Ali BELEN	DESIGN AND FULL-WAVE ANALYSIS OF A FREQUENCY-SCANNING MICROSTRIP TRAVELING-WAVE ANTENNA	264
Kanu-Ikoku Prince U. P. B. HARUNA B. M. LAWAL S. B. AHMED	THERMAL PERFORMANCE OF A CLIMATE-RESPONSIVE DATA CENTRE IN ABUJA, NIGERIA	271
Rajesh J. H. NAVASINGH Maciej ZDANOWSKI	PLASTICIZER-INDUCED SELF-HEALING IN BIOPLASTICS: OPPORTUNITIES FOR NEXT-GENERATION ELECTRICAL INSULATION MATERIALS	277
Ibrahim ABUBAKAR Daniel MARCEL	IMPACT OF BANK CHARACTERISTICS ON FINANCIAL PERFORMANCE OF SELECTED DEPOSIT MONEY BANKS IN NIGERIA	282
Cristian-Romeo SPĂTARU Cristian Constantin POPESCU	PERSISTENCE, INSTITUTIONS, AND DEVELOPMENT: A MULTI-METHOD PANEL ANALYSIS OF CORRUPTION DETERMINANTS IN EUROPEAN COUNTRIES	287

Author(s)	Topic Title	No
Saule Mergentayevna YESENGELDIYEVA	SOVIET CARTOGRAPHY AND HISTORICAL GEOGRAPHY: IDEOLOGICAL DISCOURSE AND THE COLONIAL TRANSFORMATION OF KAZAKHSTAN	300
M. K. GANESHAN	ARTIFICIAL INTELLIGENCE AND ECONOMIC GROWTH IN INDIA	309
Ahmet Tunahan ÇAMOĞLU Ali KAHRAMANOĞLU	USER RESPONSES TO IN-APP PURCHASE TYPES: A COMPARATIVE LITERATURE REVIEW	316
Meral SERT Talip UĞUŞ	SOCIETAL REGRESSION IN THE DIGITAL AGE: THE EFFECTS OF SOCIAL MEDIA ALGORITHMS ON THE DIFFERENTIATION OF SELF	327
Meral SERT Eslem YILDIRIM	ART-BASED PRACTICES IN COUPLE AND FAMILY THERAPY: A SYSTEMATIC REVIEW	336
Tolga ÖZEL Gökhan KÖK Yeşim Gül SALMAN	SYNTHESIS AND CHARACTERIZATION OF TWO NOVEL THIO- GLUCOSE DERIVATIVES FOR GOLD GLYCONANOPARTICLE AND GLYCONANOTECHNOLOGY APPLICATIONS	347
Abdullah Kürşat MERTER Tuana Deniz ÇELİK	WILL PREDICTIVE ARTIFICIAL INTELLIGENCE OR ENIGMATIC HUMAN INTELLIGENCE WIN IN BUSINESS?	353
Muhammed Emin ARSLAN Vugar Ali TÜRKSÖY	AVERSIVE CONDITIONING AND BEHAVIORAL EXTINCTION IN DIGITAL ADDICTION	360
Sadettin DEMİREL İpek Nazlı SINAG	BENEFICIAL EFFECTS OF BETAINE AND L-CARNITINE ON CARDIOVASCULAR RISK FACTORS ASSOCIATED WITH METABOLIC SYNDROME	365
Sadettin DEMİREL İpek Nazlı SINAG	THE ROLE OF NEUROPEPTIDES IN THE PATHOGENESIS OF HYPERTENSION	371
Duygu KOÇAK Sedat ARSLAN	A CURRENT PERSPECTIVE ON THE RELATIONSHIP BETWEEN STRESS, SLEEP QUALITY, AND NUTRITIONAL STATUS IN BASKETBALL PLAYERS	377
Fezanur HACİCAFEROĞLU TEKİN Sedat ARSLAN	HOUSEHOLD FOOD INSECURITY AND OBESITY RISK AMONG HOUSEWIVES	382
Doğan ŞENGÜL Mahmut Emin SARIKAYA	PYTHAGOREAN FUZZY WEIGHTED AVERAGING OF CHURN DISCOURSE: HESITANCY-AWARE RETENTION-CRITERIA WEIGHTS FROM CUSTOMER X POSTS IN TÜRKİYE	389
Mahmut Emin SARIKAYA Doğan ŞENGÜL	TRIANGULAR FUZZY LINGUISTIC AGGREGATION OF LITERATURE EVIDENCE: WEIGHTING HIGH-SCHOOL SELECTION CRITERIA FROM THE SCHOOL-CHOICE LITERATURE FOR TÜRKİYE'S LGS	397
Nuri YIKILMAZ Emre ŞATIR	INVESTIGATING THE IMPACT OF TECHNICAL DEBT ON TESTING PROCESSES AND DELIVERY PERFORMANCE IN SOFTWARE PROJECTS	406
Eda Eylül Özdemir Esma Begüm Demir Sudenaz Kuş Serra Mete Gürdoğan Doğrul Ali Kılıç	THE PRICE OF BEING SMART: HOW AI THREATENS OUR PRIVACY	411
Tran Huu Thang	TRANSFORMING CULTURAL RESOURCES INTO SUSTAINABLE LIVELIHOODS THROUGH RURAL HERITAGE TOURISM MODEL IN AN XUAN VILLAGE, HUE CITY, VIET NAM	420
Tran Huu Thang Nguyen Thi Lua	SAFEGUARDING AND PROMOTING THE CULTURAL VALUES OF AN XUAN VILLAGE, HUE CITY, FOR SUSTAINABLE DEVELOPMENT IN AN ERA OF GLOBALIZATION	427
Jorge Ferreira FRANCO	3D INFORMATION PRODUCTION AND VISUALIZATION TECHNOLOGIES FOR INSTIGATING CITIZENS' READING AND WRITING AND DIGITAL EDUCATION PROCESSES	433

Author(s)	Topic Title	No
Ina Sejдини	DETERMINANTS OF NON-PERFORMING LOANS IN ALBANIA: MACROECONOMIC DRIVERS, BANKING SECTOR CHARACTERISTICS AND POST-REFORM EVIDENCE	440
Bahar ÖZTOPRAK TOPCU Handan IŞIKLAR	NUTRIGENETIC PERSPECTIVES ON CYSTIC FIBROSIS AND NUTRITIONAL MANAGEMENT	449
Vugar Nazarov Aziz Iskandarov	ACTUAL PROBLEMS OF THE FUNCTIONING OF INVESTMENT MECHANISMS IN THE SECURITIES MARKET OF THE REPUBLIC OF AZERBAIJAN	455
Alev DİŞLİ Adil UMAZ Mehmet Şakir ECE	HIGH-YIELD HYDROGEN PRODUCTION BY SODIUM BOROHYDRIDE METHANOLYSIS USING OLEIC ACID-COATED MAGNETIC NANO-CATALYST	461

THE TRANSFORMATION OF THE LABOR MARKET IN THE AGE OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE: ECONOMIC IMPACTS AND FUTURE PERSPECTIVES***YAPAY ZEKÂ ÇAĞINDA İŞGÜCÜ PİYASASININ DÖNÜŞÜMÜ: EKONOMİK ETKİLER VE GELECEK PERSPEKTİFİ*****Öğr. Gör. Dilan ALKAÇ**Beykent Üniversitesi, MYO, Dış Ticaret.
ORCID: 0000-0002-5271-6962**ÖZET**

Yapay zekâ teknolojilerinin son yıllarda hızla gelişmesi ekonomik sistemlerde köklü değişimlerin ortaya çıkmasına neden olmuştur. Özellikle dijitalleşme sürecinin hız kazanmasıyla birlikte üretim süreçleri, hizmet sektörleri ve çalışma ilişkileri yeniden şekillenmeye başlamıştır. İşletmelerin verimlilik artışı, maliyet azaltımı ve rekabet avantajı sağlama amacıyla yapay zekâ destekli sistemleri yaygın biçimde kullanması işgücü piyasasında yapısal dönüşümlere yol açmaktadır. Bu dönüşüm yalnızca bazı mesleklerin ortadan kalkmasına neden olmamakta; aynı zamanda yeni iş alanlarının oluşmasını, çalışma biçimlerinin değişmesini ve çalışanlardan beklenen becerilerin farklılaşmasını da beraberinde getirmektedir.

Bu çalışmanın amacı yapay zekâ teknolojilerinin işgücü piyasası üzerindeki ekonomik etkilerini incelemek ve dijital dönüşüm sürecinin istihdam yapısında meydana getirdiği değişimleri değerlendirmektir. Çalışmada literatür taraması yöntemi kullanılmış; uluslararası kuruluşların raporları, akademik çalışmalar ve güncel ekonomik veriler analiz edilmiştir. Araştırma kapsamında yapay zekânın üretim süreçleri üzerindeki etkileri, istihdam yapısındaki değişimler, gelir dağılımına etkileri, çalışma ilişkilerindeki dönüşüm ve geleceğin işgücü piyasasına yönelik beklentiler ele alınmıştır.

Çalışma sonucunda yapay zekâ teknolojilerinin kısa vadede özellikle rutin ve düşük beceri gerektiren işlerde çalışan bireyler açısından istihdam risklerini artırdığı ancak uzun vadede yeni meslek alanları oluşturarak ekonomik verimlilik artışına katkı sağlayabileceği sonucuna ulaşılmıştır. Ayrıca eğitim sistemlerinin dijital dönüşüm sürecine uyum sağlayacak şekilde yeniden yapılandırılmasının ve yaşam boyu öğrenme politikalarının güçlendirilmesinin büyük önem taşıdığı belirlenmiştir. Yapay zekâ çağında sürdürülebilir ekonomik büyümenin sağlanabilmesi için teknoloji yatırımları, eğitim politikaları ve sosyal koruma mekanizmalarının birlikte değerlendirilmesi gerektiği sonucuna ulaşılmıştır.

Anahtar Sözcükler: Yapay zekâ, işgücü piyasası, dijital dönüşüm**ABSTRACT**

The rapid development of artificial intelligence technologies in recent years has led to fundamental changes in economic systems. Particularly with the acceleration of the digitalization process, production processes, service sectors, and labor relations have begun to reshape. The widespread use of AI-supported systems by businesses to increase productivity, reduce costs, and gain a competitive advantage is leading to structural transformations in the labor market. This transformation is not only causing the disappearance of some professions; it is also leading to the creation of new job areas, changes in working methods, and differentiation in the skills expected of employees.

The aim of this study is to examine the economic effects of artificial intelligence technologies on the labor market and to evaluate the changes in the employment structure caused by the digital transformation process. The study used a literature review method; reports from international organizations, academic studies, and current economic data were analyzed. The research addresses the effects of artificial intelligence on production processes, changes in the employment structure, effects on income distribution, transformations in labor relations, and expectations for the future of the labor market. The study concludes that artificial intelligence technologies increase employment risks in the short term, particularly for individuals working in routine and low-skill jobs, but in the long term, they can contribute to increased economic productivity by creating new professional fields. Furthermore, it was determined that restructuring education systems to adapt to the digital transformation process and strengthening lifelong learning policies are of great importance. The study concludes that achieving

sustainable economic growth in the age of artificial intelligence requires a combined approach to technology investments, education policies, and social protection mechanisms.

Keywords: Artificial intelligence, labor market, digital transformation

1.GİRİŞ

Teknolojik gelişmeler insanlık tarihinin her döneminde ekonomik ve toplumsal yapının dönüşümünde temel belirleyicilerden biri olmuştur. Tarım toplumundan sanayi toplumuna geçiş sürecinde buhar gücünün üretim süreçlerine dâhil edilmesi nasıl ekonomik sistemlerde köklü değişimler yaratmışsa günümüzde yapay zekâ teknolojileri de benzer şekilde yeni bir dönüşüm sürecini beraberinde getirmektedir. Özellikle bilgi ve iletişim teknolojilerinin gelişmesiyle birlikte üretim süreçleri daha dijital daha otomatik ve veri odaklı bir yapıya dönüşmüştür. Bu dönüşüm yalnızca işletmelerin üretim biçimlerini değiştirmemekte; aynı zamanda işgücü piyasası, çalışma ilişkileri, meslek yapıları ve ekonomik büyüme dinamikleri üzerinde de önemli etkiler yaratmaktadır.

21.yüzyılın en önemli teknolojik gelişmelerinden biri olarak kabul edilen yapay zekâ günümüzde ekonomik sistemlerin merkezinde yer almaktadır (Russell ve Norvig, 2021). Yapay zekâ teknolojileri sayesinde işletmeler büyük veri setlerini analiz edebilmekte, müşteri davranışlarını tahmin edebilmekte, üretim süreçlerini optimize edebilmekte ve insan müdahalesi olmadan karar alma süreçleri geliştirebilmektedir. Bu durum işletmeler açısından maliyetlerin azalması, verimliliğin artması ve rekabet avantajı sağlanması gibi önemli faydalar ortaya çıkarmaktadır.

Bununla birlikte yapay zekâ teknolojilerinin yaygınlaşması işgücü piyasasında çeşitli tartışmaları da beraberinde getirmektedir. Özellikle otomasyon sistemlerinin rutin işlerde insan emeğinin yerini almaya başlaması (Frey ve Osborne, 2017), bazı meslek gruplarında iş kaybı riskini artırmaktadır. Bankacılık işlemleri, muhasebe uygulamaları, çağrı merkezi hizmetleri ve üretim sektöründeki standart görevler giderek daha fazla otomasyon sistemleri aracılığıyla gerçekleştirilmektedir. Bu durum düşük ve orta beceri düzeyine sahip çalışanlar açısından ekonomik belirsizlikleri artırmaktadır.

Diğer taraftan yapay zekâ teknolojileri yeni istihdam alanlarının oluşmasına da katkı sağlamaktadır. Veri analizi, makine öğrenmesi, siber güvenlik, robotik sistem yönetimi ve dijital pazarlama gibi alanlarda nitelikli işgücüne olan ihtiyaç her geçen gün artmaktadır. Bu nedenle yapay zekâ teknolojilerinin işgücü piyasası üzerindeki etkileri yalnızca iş kaybı perspektifiyle değil aynı zamanda yeni ekonomik fırsatlar çerçevesinde de değerlendirilmelidir.

Küresel ölçekte değerlendirildiğinde yapay zekâ teknolojilerinin gelişmiş ve gelişmekte olan ülkeler üzerindeki etkileri farklılık göstermektedir. Teknolojik altyapısı güçlü olan ülkeler dijital dönüşüm sürecine daha hızlı uyum sağlayabilirken gelişmekte olan ülkelerde eğitim sistemlerinin yetersizliği, dijital beceri eksiklikleri ve teknoloji yatırımlarının sınırlı olması bu süreci daha karmaşık hâle getirebilmektedir. Özellikle dijital eşitsizlikler, geleceğin işgücü piyasasında ekonomik farklılıkların derinleşmesine neden olabilecek temel unsurlar arasında görülmektedir (OECD, 2023; WEF, 2023).

Türkiye açısından değerlendirildiğinde ise yapay zekâ teknolojilerinin sunduğu fırsatlar ve oluşturduğu riskler dikkat çekmektedir. Türkiye'nin genç nüfus yapısı dijital dönüşüm açısından önemli bir potansiyel oluşturmaya rağmen işgücünün dijital beceriler açısından geliştirilmesi gerekmektedir. Eğitim sisteminin teknoloji odaklı yeniden yapılandırılması, üniversite-sanayi iş birliklerinin güçlendirilmesi ve yapay zekâ alanında uzman insan kaynağının artırılması büyük önem taşımaktadır.

Uluslararası kuruluşların raporları da yapay zekânın işgücü piyasası üzerindeki etkilerine dikkat çekmektedir. Dünya Ekonomik Forumu tarafından yayımlanan raporlarda geleceğin işgücü piyasasında dijital becerilerin belirleyici olacağı ifade edilirken (WEF, 2023), OECD raporlarında teknolojik dönüşümün işgücü piyasasında beceri uyumsuzluklarını artırabileceği belirtilmektedir (OECD, 2023). Bu durum eğitim politikalarının yeniden değerlendirilmesini ve çalışanların sürekli öğrenme süreçlerine dâhil edilmesini zorunlu hâle getirmektedir.

Bu çalışma, yapay zekâ çağında işgücü piyasasında meydana gelen dönüşümleri ekonomik açıdan değerlendirmeyi amaçlamaktadır. Çalışmada yapay zekânın istihdam yapısı üzerindeki etkileri, çalışma ilişkilerindeki değişimler, gelir dağılımına etkileri, dijital beceri dönüşümü ve geleceğin işgücü piyasasına ilişkin beklentiler ayrıntılı biçimde ele alınmaktadır.

2.KAVRAMSAL ÇERÇEVE

Küresel ekonomik sistem teknolojik gelişmeler doğrultusunda sürekli dönüşüm geçirmektedir. Buhar gücünün üretim süreçlerine dâhil edilmesiyle başlayan Sanayi Devrimi ekonomik yapının yeniden şekillenmesinde tarihsel bir kırılma noktası oluşturmuştur. Daha sonraki süreçte elektrik enerjisinin üretimde kullanılmaya başlanması, bilgisayar teknolojilerinin gelişmesi ve internetin yaygınlaşması ekonomik sistemleri farklı aşamalardan geçirmiştir. Günümüzde ise yapay zekâ teknolojileri ve dijital dönüşüm süreci, ekonomik ve toplumsal yapının yeniden şekillenmesinde belirleyici rol oynamaktadır (Schwab, 2017; Brynjolfsson ve McAfee, 2014). Günümüzde ise yapay zekâ teknolojileri ve dijital dönüşüm süreci ekonomik ve toplumsal yapının yeniden şekillenmesinde belirleyici rol oynamaktadır. Yapay zekâ kavramı genel olarak insan zekâsına özgü öğrenme, analiz etme, problem çözme ve karar verme süreçlerinin bilgisayar sistemleri aracılığıyla gerçekleştirilmesini ifade etmektedir (Russell ve Norvig, 2021). Özellikle makine öğrenmesi, derin öğrenme, büyük veri analitiği ve robotik sistemlerde yaşanan gelişmeler yapay zekâ uygulamalarının üretimden finansa, sağlıktan eğitime kadar birçok alanda kullanılmasına olanak sağlamaktadır.

Yapay zekâ teknolojilerinin ekonomik sistem üzerindeki etkileri de yalnızca üretim süreçleriyle sınırlı değildir. İşgücü piyasası, çalışma ilişkileri, ücret politikaları ve ekonomik büyüme üzerinde de önemli dönüşümler ortaya çıkmaktadır. Dijitalleşme sürecinin hızlanmasıyla birlikte özellikle rutin ve tekrar eden işlerin otomasyon sistemleri tarafından gerçekleştirilmesi mümkün hâle gelmiştir. Bu durum bazı meslek gruplarında iş kaybı riskini artırırken, yeni meslek alanlarının oluşmasına da zemin hazırlamaktadır. Yapay zekâ teknolojilerinin işgücü piyasası üzerindeki etkileri gelişmiş ve gelişmekte olan ülkeler açısından farklı sonuçlar doğurabilmektedir. Gelişmiş ülkelerde teknolojik altyapının güçlü olması dijital dönüşüm sürecine uyumu kolaylaştırırken, gelişmekte olan ülkelerde dijital beceri eksiklikleri ve eğitim altyapısındaki yetersizlikler bu süreci daha karmaşık hâle getirmektedir (OECD, 2023; WEF, 2023).

Dünya Ekonomik Forumu (WEF, 2023) tarafından yayımlanan rapora göre yapay zekâ ve otomasyon teknolojileri önümüzdeki yıllarda milyonlarca işi dönüştürecek ve işgücü piyasasında yeni beceri alanlarını ön plana çıkaracaktır. OECD (2023) raporunda ise dijital dönüşüm sürecinin özellikle orta beceri düzeyine sahip çalışanlar üzerinde dönüşüm baskısı oluşturduğu belirtilmektedir.

Türkiye açısından değerlendirildiğinde ise genç nüfus yapısı dijital dönüşüm açısından önemli bir avantaj olarak görülmektedir. Bununla birlikte yapay zekâ teknolojilerinin etkin kullanılabilmesi için eğitim sisteminin dijital dönüşüme uyumlu hâle getirilmesi, nitelikli işgücünün artırılması ve teknoloji yatırımlarının desteklenmesi gerekmektedir.

Bu çalışma, yapay zekâ çağında işgücü piyasasında meydana gelen dönüşümleri ekonomik açıdan değerlendirmeyi amaçlamaktadır. Çalışmada yapay zekânın istihdam yapısı üzerindeki etkileri, çalışma biçimlerindeki değişimler, gelir dağılımına etkileri ve geleceğin işgücü piyasasına ilişkin beklentiler ele alınmaktadır.

2.1. Yapay Zekâ Kavramı ve Tarihsel Gelişimi

Yapay zekâ kavramı insan benzeri düşünme ve problem çözme süreçlerinin bilgisayar sistemleri aracılığıyla gerçekleştirilebilmesini ifade eden disiplinler arası bir çalışma alanıdır (Russell ve Norvig, 2021). Yapay zekâ çalışmalarının temelleri matematiksel mantık ve bilgisayar bilimlerindeki gelişmelere dayanmakta olup, alanın akademik anlamda kurumsallaşması 1950'li yıllarda gerçekleşmiştir. Özellikle 1956 yılında düzenlenen Dartmouth Konferansı, yapay zekâ araştırmalarının başlangıç noktası olarak kabul edilmektedir. John McCarthy, Marvin Minsky, Allen Newell ve Herbert Simon gibi araştırmacılar bu süreçte makinelerin insan benzeri düşünme yetenekleri geliştirebileceğini savunmuş ve yapay zekâ kavramının teorik çerçevesini oluşturmuştur (Russell ve Norvig, 2021).

İlk dönem yapay zekâ çalışmaları sınırlı işlem kapasitesi ve yetersiz veri altyapısı nedeniyle beklenen düzeyde gelişim gösterememiştir. Ancak bilgisayar teknolojilerindeki ilerlemeler, işlemci kapasitelerinin artması ve internet kullanımının yaygınlaşması yapay zekâ uygulamalarının hızla gelişmesine katkı sağlamıştır. Özellikle 1980'li yıllarda uzman sistemlerin geliştirilmesiyle birlikte yapay zekâ uygulamaları işletmelerde kullanılmaya başlanmış, 2000'li yıllardan itibaren ise büyük veri analitiği, makine öğrenmesi ve derin öğrenme teknolojilerinin gelişmesiyle yapay zekâ ekonomik sistemlerin önemli bir unsuru hâline gelmiştir (Brynjolfsson ve McAfee, 2014).

Russell ve Norvig'e (2021) göre yapay zekâ çevresel verileri analiz ederek belirli hedeflere ulaşmak amacıyla karar verebilen sistemleri ifade etmektedir. Günümüzde yapay zekâ teknolojileri sağlık, finans, eğitim, savunma sanayi, lojistik ve üretim gibi birçok sektörde yaygın biçimde kullanılmaktadır. Sağlık sektöründe hastalık teşhis süreçlerinde yapay zekâ destekli analiz sistemlerinden yararlanılırken, finans sektöründe algoritmik işlem sistemleri yatırım kararlarının alınmasında kullanılmaktadır. Lojistik sektöründe ise akıllı planlama sistemleri maliyetlerin azaltılmasına ve operasyonel verimliliğin artırılmasına katkı sağlamaktadır (Schwab, 2017).

Özellikle büyük veri teknolojilerinin gelişmesi, yapay zekâ sistemlerinin öğrenme kapasitesini önemli ölçüde artırmıştır. Makine öğrenmesi algoritmaları sayesinde sistemler büyük veri setlerini analiz ederek insan müdahalesi olmadan tahminlerde bulunabilmekte ve karar verebilmektedir (Brynjolfsson ve McAfee, 2014). Bu durum işletmeler açısından verimlilik artışı sağlarken, işgücü piyasasında dijital becerilerin önem kazanmasına ve çalışma ilişkilerinin dönüşmesine neden olmaktadır.

2.2. Dijital Dönüşüm ve Endüstri 4.0

Dijital dönüşüm; ekonomik ve toplumsal süreçlerin bilgi teknolojileri temelinde yeniden yapılandırılmasını ifade etmektedir. Bu süreç yalnızca teknolojik araçların kullanımını değil; aynı zamanda üretim anlayışının, yönetim modellerinin ve çalışma ilişkilerinin değişimini de kapsamaktadır (Schwab, 2017). Dijitalleşmenin hız kazanmasıyla birlikte işletmeler veri odaklı karar alma süreçlerine yönelmekte ve üretim sistemleri daha akıllı hâle gelmektedir.

Endüstri 4.0 kavramı ise ilk kez Almanya'da ortaya çıkmış ve sanayi üretiminde dijital teknolojilerin kullanımını ifade eden yeni üretim modelini tanımlamak amacıyla kullanılmıştır. Endüstri 4.0 sürecinde nesnelerin interneti, yapay zekâ, büyük veri analitiği, robotik sistemler ve bulut bilişim teknolojileri üretim süreçlerine entegre edilmektedir (Schwab, 2017). Bu süreç sayesinde üretim sistemleri daha esnek, daha hızlı ve daha verimli hâle gelmektedir.

Dijital dönüşüm işletmelere önemli avantajlar sağlamaktadır. Akıllı üretim sistemleri sayesinde üretim hataları azaltılmakta, enerji verimliliği artırılmakta ve üretim maliyetleri düşürülmektedir. Ayrıca veri analitiği uygulamaları sayesinde işletmeler tüketici davranışlarını daha doğru analiz edebilmekte ve stratejik karar alma süreçlerini geliştirebilmektedir. Dijital teknolojilerin üretim süreçlerine entegrasyonu işletmelerin uluslararası rekabet gücünü artırmakta ve verimlilik düzeylerini yükseltmektedir (Brynjolfsson & McAfee, 2014).

Ancak dijital dönüşüm süreci işgücü piyasasında önemli değişimlere de neden olmaktadır. Özellikle standart ve tekrar eden işlerin otomasyon sistemleri tarafından gerçekleştirilmesi, düşük beceri düzeyine sahip çalışanların iş güvencesini zayıflatmaktadır. Üretim, lojistik ve hizmet sektörlerinde otomasyon sistemlerinin yaygınlaşması bazı meslek gruplarında iş kaybı riskini artırırken, dijital becerilere sahip çalışanların önemi giderek artmaktadır (Frey & Osborne, 2017).

Günümüzde küresel rekabet koşulları işletmeleri dijital dönüşüme uyum sağlamaya zorlamaktadır. Yapay zekâ teknolojilerini etkin biçimde kullanan işletmeler üretim verimliliği açısından avantaj elde ederken dijital dönüşüme uyum sağlayamayan işletmeler rekabet gücü kaybı yaşayabilmektedir (Brynjolfsson & McAfee, 2014). Bu durum ülkelerin ekonomik kalkınma politikalarında dijitalleşmenin önemini artırmaktadır. Özellikle teknoloji yatırımlarını artıran ülkeler küresel ekonomide daha güçlü konuma ulaşabilmektedir.

Schwab'a (2017) göre Dördüncü Sanayi Devrimi; yapay zekâ, nesnelerin interneti, robotik sistemler, büyük veri analitiği ve bulut bilişim teknolojilerinin üretim süreçlerine entegrasyonunu kapsamaktadır. Endüstri 4.0 süreciyle birlikte üretim sistemleri daha otomatik hâle gelmekte ve insan müdahalesine duyulan ihtiyaç bazı alanlarda azalmaktadır. Özellikle otomotiv, lojistik ve üretim sektörlerinde robotik sistemlerin kullanımının yaygınlaşması işgücü yapısında önemli dönüşümler yaratmaktadır.

2.3. Yapay Zekâ ve İstihdam İlişkisi

Yapay zekâ teknolojilerinin işgücü piyasası üzerindeki etkileri günümüz ekonomi literatürünün en önemli tartışma alanlarından birini oluşturmaktadır. Teknolojik gelişmeler tarihsel süreç boyunca üretim biçimlerini ve istihdam yapısını dönüştürmüş olsa da yapay zekâ teknolojilerinin önceki teknolojik dönüşümlerden daha kapsamlı sonuçlar doğurabileceği değerlendirilmektedir. Bunun temel nedeni yapay zekâ sistemlerinin yalnızca fiziksel üretim süreçlerini değil; aynı zamanda veri analizi, karar verme ve yönetim süreçlerini de dönüştürebilmesidir (Brynjolfsson ve McAfee, 2014; Autor, 2015).

Ekonomi literatüründe yapay zekâ teknolojilerinin istihdam üzerindeki etkileri konusunda iki temel yaklaşım bulunmaktadır. İlk yaklaşım otomasyon sistemlerinin insan emeğinin yerini alacağı ve işsizliği artıracığı yönündedir. Özellikle rutin görevlerin otomasyon sistemleri tarafından gerçekleştirilebilmesi, düşük ve orta beceri düzeyine sahip çalışanlar açısından önemli riskler oluşturmaktadır (Frey ve Osborne, 2017). İkinci yaklaşım ise teknolojik gelişmelerin yeni meslek alanları oluşturarak uzun vadede ekonomik büyümeye ve yeni istihdam fırsatlarına katkı sağlayacağını savunmaktadır. Bu görüşe göre yapay zekâ bazı işleri ortadan kaldırırken aynı zamanda yeni görevler ve yeni istihdam alanları da ortaya çıkarmaktadır (Autor, 2015; Brynjolfsson ve McAfee, 2014).

Frey ve Osborne'un (2017) çalışması, yapay zekâ ve otomasyon teknolojilerinin işgücü piyasası üzerindeki etkilerine ilişkin literatürde en fazla atıf alan araştırmalar arasında yer almaktadır. Araştırmada ABD'deki toplam istihdamın yaklaşık yüzde 47'sinin yüksek otomasyon riski taşıyan meslek kategorilerinde bulunduğu belirtilmektedir. Özellikle muhasebe, veri işleme, müşteri hizmetleri, lojistik ve üretim alanlarında yer alan rutin görevlerin bilgisayarlaşma ve otomasyon sistemleri tarafından gerçekleştirilebileceği ifade edilmektedir. Araştırma otomasyon riskinin özellikle standart ve tekrar eden görevlerin yoğun olduğu mesleklerde daha yüksek olduğunu ortaya koymaktadır (Frey ve Osborne, 2017).

McKinsey Global Institute tarafından yayımlanan raporlarda da benzer sonuçlara ulaşılmıştır. Manyika ve arkadaşları (2017), mevcut işlerin tamamen ortadan kalkmasından ziyade birçok meslekte yer alan belirli görev ve süreçlerin otomasyon teknolojileri aracılığıyla gerçekleştirilebileceğini ifade etmektedir. Özellikle standart ve tekrar eden görevlerin yapay zekâ destekli sistemler tarafından yürütülebilmesi işletmeler açısından verimlilik artışı sağlarken, işgücü piyasasında yapısal dönüşümlere neden olmaktadır. Bu durum çalışanların dijital beceriler kazanmasını ve değişen üretim süreçlerine uyum sağlamasını zorunlu hâle getirmektedir (Manyika vd., 2017).

Yapay zekâ teknolojilerinin istihdam üzerindeki etkileri sektörlere göre farklılık göstermektedir. Üretim sektöründe robotik sistemlerin yaygınlaşması insan emeğine olan ihtiyacı azaltırken; sağlık, eğitim ve yaratıcı endüstriler gibi alanlarda insan faktörünün önemini koruduğu görülmektedir. Örneğin sağlık sektöründe yapay zekâ destekli tanı sistemleri doktorların karar alma süreçlerini desteklese de insan uzmanlığı hâlen belirleyici konumunu sürdürmektedir.

Bununla birlikte yapay zekâ teknolojileri yeni meslek alanlarının ortaya çıkmasına da katkı sağlamaktadır. Veri analizi, yapay zekâ mühendisliği, robotik sistem yönetimi, siber güvenlik uzmanlığı ve dijital pazarlama gibi alanlarda nitelikli işgücüne olan talep giderek artmaktadır. Dünya Ekonomik Forumu'nun yayımladığı "Future of Jobs Report 2023" raporunda geleceğin işgücü piyasasında dijital becerilerin belirleyici olacağı ifade edilmektedir (WEF, 2023).

Yapay zekâ teknolojilerinin işgücü piyasasına etkileri yalnızca istihdam düzeyiyle sınırlı değildir. Çalışanlardan beklenen beceri düzeyleri de değişmektedir. Geleneksel üretim süreçlerinde fiziksel emek ön plandayken dijital ekonomide veri analizi, problem çözme, yaratıcılık ve teknoloji yönetimi gibi beceriler önem kazanmaktadır. Yaşanan bu dönüşüm süreci eğitim politikalarının yeniden değerlendirilmesini de zorunlu hâle getirmektedir. Eğitim sistemlerinin dijital ekonominin ihtiyaç duyduğu becerilere uygun şekilde yeniden yapılandırılması geleceğin işgücü piyasasına uyum açısından büyük önem taşımaktadır.

2.4. Yapay Zekânın Çalışma İlişkilerine Etkileri

Yapay zekâ teknolojilerinin yaygınlaşması yalnızca istihdam yapısını değil çalışma ilişkilerini de önemli ölçüde dönüştürmektedir. Dijitalleşme süreciyle birlikte çalışma modelleri daha esnek, daha dijital ve daha küresel bir yapıya dönüşmektedir. Özellikle internet teknolojilerinin gelişmesi, dijital platform ekonomisinin büyümesi ve uzaktan çalışma sistemlerinin yaygınlaşması geleneksel çalışma ilişkilerinin yeniden şekillenmesine neden olmaktadır.

COVID-19 pandemisi sonrasında uzaktan çalışma modellerinin hızla yaygınlaşması dijital dönüşüm sürecini daha da hızlandırmıştır. Birçok işletme fiziksel çalışma ortamı yerine çevrim içi çalışma sistemlerini kullanmaya başlamış ve hibrit çalışma modelleri yaygınlaşmıştır. Bu süreç çalışanlar açısından mekândan bağımsız çalışma imkânı sunarken işverenler açısından da maliyet avantajı sağlamaktadır. Ancak uzaktan çalışma sistemlerinin yaygınlaşması çalışma ilişkileri açısından bazı sorunları da beraberinde getirmektedir. Çalışma saatlerinin belirsizleşmesi, iş ve özel yaşam arasındaki

sınırların zayıflaması ve dijital gözetim uygulamalarının artması çalışanlar açısından yeni riskler oluşturmaktadır.

Dijital platform ekonomisinin büyümesi de çalışma ilişkilerinde önemli değişimlere neden olmaktadır. Uber, Upwork, Trendyol Go ve Amazon Mechanical Turk gibi dijital platformlar aracılığıyla çalışan bireylerin sayısı her geçen gün artmaktadır. Platform ekonomisi çalışanlara esnek çalışma imkânı sağlasa da sosyal güvenlik hakları, ücret güvencesi ve iş güvenliği açısından çeşitli tartışmaları beraberinde getirmektedir (ILO, 2021).

Uluslararası Çalışma Örgütü (ILO, 2021), dijital platform ekonomisinin işgücü piyasasında yeni fırsatlar oluşturduğunu ancak sosyal koruma mekanizmalarının yetersiz kalabildiğini belirtmektedir. Özellikle serbest çalışma modeliyle çalışan bireylerin emeklilik, sağlık sigortası ve iş güvencesi gibi haklara erişimde sorun yaşayabildiği ifade edilmektedir.

Yapay zekâ destekli yönetim sistemleri de çalışma ilişkilerinde dönüşüm yaratmaktadır. Günümüzde bazı işletmeler çalışan performansını veri analitiği aracılığıyla ölçmekte ve yapay zekâ destekli karar sistemleri kullanmaktadır. Bu durum işletmeler açısından verimlilik avantajı sağlarken çalışanların mahremiyet hakları açısından çeşitli etik tartışmalara neden olmaktadır. Çalışma ilişkilerinde meydana gelen bu dönüşüm iş hukukunun ve sosyal politika uygulamalarının yeniden değerlendirilmesini de gerekli kılmaktadır. Özellikle dijital çalışma modellerinin yaygınlaşmasıyla birlikte çalışma saatleri, veri güvenliği, sosyal haklar ve iş güvencesi konularında yeni düzenlemelere ihtiyaç duyulmaktadır.

2.5. Yapay Zekâ ve Gelir Dağılımı

Yapay zekâ teknolojilerinin ekonomik sistem üzerindeki en önemli etkilerinden biri gelir dağılımı alanında ortaya çıkmaktadır. Teknolojik dönüşüm süreçleri tarihsel olarak üretim verimliliğini artırmış olsa da gelir eşitsizliklerini derinleştirebilen sonuçlar da doğurmuştur. Özellikle dijitalleşme ve otomasyon teknolojilerinin yaygınlaşmasıyla birlikte yüksek beceriye sahip çalışanlar ile düşük beceri düzeyine sahip çalışanlar arasındaki gelir farkının arttığı görülmektedir (Brynjolfsson ve McAfee, 2014). Günümüzde yapay zekâ teknolojilerinin üretim süreçlerine yoğun biçimde entegre edilmesi bilgi ve teknoloji temelli meslek gruplarının ekonomik değerini artırırken düşük nitelikli işgücünün ekonomik kırılganlığını güçlendirmektedir (OECD, 2023).

Autor'a (2015) göre teknolojik dönüşüm süreçleri özellikle orta beceri düzeyine sahip rutin işlerin azalmasına neden olmakta ve işgücü piyasasında kutuplaşmayı artırmaktadır. Otomasyon sistemleri veri işleme, muhasebe, üretim ve müşteri hizmetleri gibi standart görevleri insan müdahalesi olmadan gerçekleştirebildiği için düşük ve orta beceri düzeyine sahip çalışanlar açısından iş kaybı riskleri ortaya çıkmaktadır. Buna karşılık yüksek eğitim düzeyine, dijital becerilere ve teknoloji kullanım kapasitesine sahip bireyler yapay zekâ destekli ekonomide daha avantajlı konuma gelmektedir (Autor, 2015; Frey ve Osborne, 2017).

Piketty'ye (2014) göre teknoloji yoğun ekonomik sistemlerde sermaye sahiplerinin gelirleri emek gelirlerine kıyasla daha hızlı artabilmektedir. Yapay zekâ teknolojilerinin geliştirilmesi, uygulanması ve yönetilmesi büyük sermaye yatırımları gerektirdiği için ekonomik gücü yüksek şirketler dijital dönüşüm sürecinden daha fazla avantaj sağlayabilmektedir. Bu durum teknoloji şirketlerinin küresel ekonomideki etkisini artırmakta ve ekonomik güç yoğunlaşmasını hızlandırmaktadır.

Özellikle küresel teknoloji şirketlerinin ekonomik güçlerinin artması, dijital ekonomide gelir dağılımı tartışmalarını daha görünür hâle getirmiştir. Google, Microsoft, Amazon ve Meta gibi şirketler yapay zekâ yatırımları sayesinde küresel ekonomide stratejik bir konuma ulaşmıştır. Yapay zekâ teknolojilerine yönelik yüksek Ar-Ge harcamaları ve veri kontrol kapasitesi bu şirketlerin uluslararası rekabet gücünü artırırken küçük işletmeler açısından rekabet baskısı yaratabilmektedir (Schwab, 2017). Yapay zekâ teknolojilerinin gelir dağılımı üzerindeki etkileri ülkeler arasında da farklılık göstermektedir. Gelişmiş ülkeler güçlü dijital altyapıları, yüksek eğitim seviyeleri ve teknoloji yatırımları sayesinde yapay zekâ dönüşümünden daha fazla ekonomik kazanç sağlayabilmektedir. Buna karşılık gelişmekte olan ülkelerde dijital altyapı eksiklikleri, eğitim sistemlerindeki yetersizlikler ve teknolojiye erişim sorunları ekonomik kırılganlıkları artırabilmektedir (OECD, 2023). Özellikle dijital eşitsizliklerin artması küresel ekonomik sistemde ülkeler arasındaki kalkınmışlık farklarının daha da derinleşmesine neden olabilmektedir.

Gelir dağılımındaki eşitsizliklerin artması sosyal ve ekonomik açıdan çeşitli sorunları da beraberinde getirmektedir. İşsizlik oranlarının yükselmesi, düşük gelirli bireylerin ekonomik sisteme uyum

sağlayamaması, sosyal dışlanma riskinin artması ve toplumsal refahın azalması bu sorunlar arasında yer almaktadır (ILO, 2021). Ayrıca teknolojik dönüşüm süreçlerinde işgücünün yeterli beceri dönüşümünü gerçekleştirememesi uzun vadede yapısal işsizlik sorunlarını güçlendirebilmektedir.

Bu nedenle yapay zekâ teknolojilerinin ekonomik etkilerinin dengeli biçimde yönetilmesi büyük önem taşımaktadır. Sosyal politika uygulamalarının güçlendirilmesi, dijital beceri eğitimlerinin yaygınlaştırılması, yaşam boyu öğrenme programlarının desteklenmesi ve teknolojiye erişim imkânlarının artırılması gelir eşitsizliklerinin azaltılmasına katkı sağlayabilir (OECD, 2023). Ayrıca kamu kurumları, üniversiteler ve özel sektör arasında iş birliğinin geliştirilmesi dijital dönüşüm sürecinin daha kapsayıcı biçimde yönetilmesine yardımcı olabilir.

2.6. Eğitim Sistemleri ve Dijital Beceri Dönüşümü

Yapay zekâ teknolojilerinin işgücü piyasasında meydana getirdiği dönüşüm eğitim sistemlerinin yeniden yapılandırılmasını zorunlu hâle getirmektedir. Geleneksel eğitim modelleri sanayi toplumunun ihtiyaç duyduğu işgücünü yetiştirmeye odaklanırken dijital ekonomide farklı beceri alanları ön plana çıkmaktadır. Özellikle veri analizi, algoritmik düşünme, problem çözme, yaratıcılık, dijital okuryazarlık ve teknoloji yönetimi gibi yetkinlikler geleceğin işgücü piyasasında belirleyici hâle gelmektedir (Schwab, 2017; OECD, 2023). Dijitalleşmenin hız kazanmasıyla birlikte yalnızca teknik bilgiye sahip olmak yeterli görülmemekte; aynı zamanda bireylerin teknolojik değişimlere uyum sağlayabilme kapasitesi de önem kazanmaktadır.

Günümüzde birçok meslek grubu dijital dönüşüm sürecinden doğrudan etkilenmektedir. Özellikle otomasyon sistemlerinin yaygınlaşmasıyla birlikte rutin görevlerin azalması, çalışanların daha analitik ve yaratıcı becerilere sahip olmasını gerekli kılmaktadır. Üretim, finans, lojistik ve hizmet sektörlerinde yapay zekâ destekli uygulamaların artması, işgücünün niteliğine ilişkin beklentileri değiştirmektedir. Bu nedenle eğitim sistemlerinin yalnızca teorik bilgi aktarımına dayalı yapıdan çıkarılarak uygulamalı ve teknoloji odaklı bir yapıya dönüştürülmesi önem taşımaktadır (Brynjolfsson ve McAfee, 2014).

OECD'nin yayımladığı raporlarda dijital becerilerin ekonomik rekabet gücü açısından kritik öneme sahip olduğu vurgulanmaktadır. OECD'ye göre geleceğin işgücü piyasasında başarılı olabilmek için bireylerin yalnızca teknik bilgiye değil aynı zamanda eleştirel düşünme, iletişim, ekip çalışması ve değişen koşullara uyum sağlama becerilerine de sahip olması gerekmektedir. Özellikle yapay zekâ destekli ekonomik sistemlerde problem çözme kapasitesi yüksek bireylerin işgücü piyasasında daha avantajlı konuma geleceği ifade edilmektedir (OECD, 2023).

Yapay zekâ çağında yaşam boyu öğrenme kavramı da önem kazanmıştır. Teknolojik değişimlerin hızlanması nedeniyle bireylerin meslek hayatları boyunca sürekli yeni beceriler öğrenmesi gerekmektedir. Bu durum yalnızca genç nüfus açısından değil mevcut çalışanlar açısından da yeniden eğitim süreçlerini gerekli hâle getirmektedir. Çünkü birçok meslek grubu dijital dönüşüm sürecinde yapısal değişimlerle karşı karşıya kalmaktadır. Özellikle otomasyon teknolojilerinin yaygınlaşması çalışanların mesleklerini sürdürebilmeleri için yeni dijital beceriler edinmelerini zorunlu kılmaktadır (Frey ve Osborne, 2017).

Özellikle mesleki eğitim programlarının dijital dönüşüm sürecine uyumlu hâle getirilmesi büyük önem taşımaktadır. Üniversitelerde yapay zekâ, veri bilimi, siber güvenlik ve yazılım mühendisliği gibi alanlarda açılan programların artırılması nitelikli işgücünün geliştirilmesine katkı sağlayacaktır. Bunun yanı sıra teknik eğitim kurumlarında robotik sistemler, veri analitiği ve otomasyon teknolojilerine yönelik uygulamalı eğitimlerin yaygınlaştırılması gerekmektedir (WEF, 2023).

Türkiye'de eğitim sisteminin dijital dönüşüme uyumu konusunda çeşitli çalışmalar yürütülmektedir. Cumhurbaşkanlığı Dijital Dönüşüm Ofisi tarafından hazırlanan Ulusal Yapay Zekâ Stratejisi'nde dijital insan kaynağının geliştirilmesi temel hedeflerden biri olarak belirlenmiştir. Strateji belgesinde yapay zekâ alanında uzman insan kaynağının artırılması, üniversitelerde ilgili bölümlerin desteklenmesi ve dijital beceri eğitimlerinin yaygınlaştırılması hedeflenmektedir (T.C. Cumhurbaşkanlığı Dijital Dönüşüm Ofisi, 2021). Bununla birlikte ilkökuldan yükseköğretime kadar eğitim süreçlerinde dijital okuryazarlık eğitimlerinin yaygınlaştırılması gerekmektedir.

Ayrıca özel sektör ile üniversiteler arasında iş birliğinin güçlendirilmesi, öğrencilerin uygulamalı eğitim imkânlarına erişmesini sağlayacaktır. Teknoloji şirketlerinin üniversitelerle ortak projeler yürütmesi yapay zekâ alanında uzman insan kaynağının yetiştirilmesine katkı sağlayabilir. Üniversite-sanayi iş

birlikleri sayesinde öğrencilerin gerçek sektör deneyimi kazanması dijital ekonominin ihtiyaç duyduğu nitelikli işgücünün oluşmasına yardımcı olacaktır (Schwab, 2017).

Dijital dönüşüm sürecinde eğitim politikalarının yalnızca teknik becerilere odaklanması yeterli değildir. Aynı zamanda etik, veri güvenliği, dijital haklar ve yapay zekâ uygulamalarının toplumsal etkileri konusunda da bilinç oluşturulması gerekmektedir. Çünkü yapay zekâ teknolojilerinin yaygınlaşması yalnızca ekonomik değil; aynı zamanda sosyal, hukuki ve etik sorunları da beraberinde getirmektedir. Özellikle veri güvenliği, bireysel mahremiyet ve algoritmik ayrımcılık gibi konular geleceğin dijital toplumlarında önemli tartışma alanları arasında yer almaktadır (Russell ve Norvig, 2021).

2.7. Türkiye’de Yapay Zekâ ve İşgücü Piyasasının Geleceği

Türkiye’de dijital dönüşüm süreci son yıllarda hız kazanmış ve yapay zekâ teknolojileri birçok sektörde kullanılmaya başlanmıştır. Özellikle bankacılık, e-ticaret, lojistik, savunma sanayi, sağlık ve üretim sektörlerinde yapay zekâ destekli uygulamaların yaygınlaştığı görülmektedir. Bankacılık sektöründe müşteri hizmetleri ve risk analizlerinde yapay zekâ sistemlerinden yararlanılırken üretim sektöründe akıllı otomasyon teknolojileri verimlilik artışı sağlamaktadır. Sağlık sektöründe ise yapay zekâ destekli tanı sistemleri ve veri analiz uygulamaları giderek yaygınlaşmaktadır. Bu gelişmeler ekonomik verimliliğin artırılması açısından önemli fırsatlar sunarken, işgücü piyasasında da yapısal değişimlere neden olmaktadır (Schwab, 2017; OECD, 2023).

Türkiye’nin genç nüfus yapısı dijital dönüşüm açısından önemli bir avantaj sağlamaktadır. Genç nüfusun teknoloji kullanımına yatkın olması yapay zekâ teknolojilerine uyum sürecini kolaylaştırabilecek bir unsur olarak değerlendirilmektedir. Özellikle dijital teknolojilere erişimin artması ve genç bireylerin teknoloji odaklı alanlara yönelmesi Türkiye’nin dijital ekonomide rekabet gücünü artırabilecek potansiyel unsurlar arasında görülmektedir. Ancak bu potansiyelin ekonomik avantaja dönüşebilmesi için eğitim sisteminin dijital dönüşüme uygun şekilde geliştirilmesi gerekmektedir (OECD, 2023; TÜİK, 2024).

Türkiye’de yapay zekâ alanında yürütülen en önemli çalışmalardan birisi de Cumhurbaşkanlığı Dijital Dönüşüm Ofisi tarafından hazırlanan Ulusal Yapay Zekâ Stratejisi’dir. 2021-2025 dönemini kapsayan bu strateji belgesinde yapay zekâ alanında insan kaynağının geliştirilmesi, araştırma kapasitesinin artırılması, veri altyapısının güçlendirilmesi ve yapay zekâ ekosisteminin desteklenmesi temel hedefler arasında yer almaktadır. Ayrıca kamu kurumlarında yapay zekâ uygulamalarının yaygınlaştırılması ve özel sektör yatırımlarının teşvik edilmesi de stratejik öncelikler arasında bulunmaktadır (T.C. Cumhurbaşkanlığı Dijital Dönüşüm Ofisi, 2021).

Türkiye ekonomisi açısından değerlendirildiğinde yapay zekâ teknolojilerinin özellikle üretim sektöründe önemli verimlilik artışları sağlayabileceği düşünülmektedir. Çünkü akıllı üretim sistemleri sayesinde üretim maliyetleri azaltılabilir, enerji verimliliği artırılabilir ve uluslararası rekabet gücü yükseltilebilir. Endüstri 4.0 uygulamalarının yaygınlaşmasıyla birlikte üretim süreçlerinde hata oranlarının düşmesi, kaynak kullanımının optimize edilmesi ve üretim hızının artırılması mümkün hâle gelmektedir (Brynjolfsson ve McAfee, 2014). Bununla birlikte yapay zekâ teknolojilerinin işgücü piyasasında bazı riskler oluşturduğu da görülmektedir. Özellikle düşük beceri gerektiren işlerde çalışan bireylerin otomasyon sistemleri nedeniyle iş kaybı yaşama riski bulunmaktadır. Üretim, lojistik, veri işleme ve müşteri hizmetleri gibi alanlarda rutin görevlerin yapay zekâ destekli sistemler tarafından gerçekleştirilebilmesi düşük ve orta beceri düzeyine sahip çalışanların ekonomik kırılganlığını artırmaktadır. Bu durum gelir dağılımı ve işsizlik açısından çeşitli sorunlar yaratabilir (Frey ve Osborne, 2017).

Türkiye’de dijital dönüşüm sürecinin başarılı biçimde yönetilebilmesi için teknoloji yatırımlarının artırılması gerekmektedir. Ar-Ge harcamalarının yükseltilmesi, yerli yapay zekâ teknolojilerinin geliştirilmesi ve girişimcilik ekosisteminin desteklenmesi bu süreçte önem taşımaktadır. Özellikle teknoloji tabanlı girişimlerin desteklenmesi, yerli yazılım üretiminin artırılması ve üniversite-sanayi iş birliklerinin güçlendirilmesi dijital ekonominin gelişmesine katkı sağlayabilir (OECD, 2023). Ayrıca küçük ve orta ölçekli işletmelerin dijital dönüşüme uyum sağlaması için devlet desteklerinin artırılması gerekmektedir. Büyük ölçekli işletmeler teknoloji yatırımlarını daha kolay gerçekleştirebilirken küçük işletmeler dijital dönüşüm sürecinde finansal ve teknik yetersizliklerle karşılaşabilmektedir. Bu nedenle kamu destekleri, vergi teşvikleri ve dijital dönüşüm hibeleri küçük işletmelerin teknolojiye erişimini kolaylaştırabilir (KOSGEB, 2022).

Türkiye’de işgücü piyasasının geleceği açısından bir diğer önemli konu kadınların ve gençlerin dijital ekonomiye katılımının artırılmasıdır. Teknoloji alanında kadın istihdamının desteklenmesi ve gençlerin dijital beceriler kazanmasına yönelik eğitim programlarının yaygınlaştırılması ekonomik kalkınma açısından önemli katkılar sağlayacaktır. Özellikle STEM (Science, Technology, Engineering and Mathematics) alanlarında kadınların daha fazla yer alması, dijital ekonomide fırsat eşitliğinin güçlendirilmesine yardımcı olabilir (UNDP, 2022).

Türkiye’nin yapay zekâ alanında küresel rekabet gücü kazanabilmesi için üniversiteler, kamu kurumları ve özel sektör arasında güçlü iş birliği mekanizmalarının kurulması gerekmektedir. Akademik araştırmaların desteklenmesi, teknoloji girişimlerinin teşvik edilmesi, veri altyapısının geliştirilmesi ve dijital altyapının güçlendirilmesi bu sürecin temel unsurları arasında yer almaktadır. Ayrıca yapay zekâ alanında uluslararası iş birliklerinin artırılması ve küresel teknoloji ağlarına entegrasyon sağlanması Türkiye’nin dijital ekonomide daha güçlü bir konuma ulaşmasına katkı sağlayabilir (OECD, 2023; T.C. Cumhurbaşkanlığı Dijital Dönüşüm Ofisi, 2021).

2.8. Geleceğin İşgücü Piyasası ve Yeni Meslekler

Yapay zekâ teknolojilerinin gelişmesiyle birlikte geleceğin işgücü piyasasında önemli dönüşümlerin yaşanacağı öngörülmektedir. Teknolojik ilerlemeler yalnızca mevcut işlerin niteliğini değiştirmemekte aynı zamanda tamamen yeni meslek alanlarının ortaya çıkmasına da neden olmaktadır. Bu durum işgücü piyasasının dinamiklerini yeniden şekillendirmekte ve çalışanlardan beklenen beceri düzeylerini farklılaştırmaktadır. Dijital dönüşüm sürecinin hızlanmasıyla birlikte bilgi teknolojilerine dayalı sektörlerin ekonomik sistem içerisindeki ağırlığı artmakta ve işgücünün niteliğine ilişkin beklentiler yeniden şekillenmektedir (Schwab, 2017; OECD, 2023).

Geleceğin işgücü piyasasında veri bilimcileri, yapay zekâ mühendisleri, robotik sistem uzmanları, siber güvenlik uzmanları, dijital etik danışmanları ve büyük veri analistleri gibi mesleklerin ön plana çıkacağı değerlendirilmektedir. Yapay zekâ uygulamalarının yaygınlaşmasıyla birlikte veri yönetimi ve dijital güvenlik alanlarında uzman insan kaynağına duyulan ihtiyaç hızla artmaktadır. Dünya Ekonomik Forumu’nun yayımladığı “Future of Jobs Report 2023” raporunda önümüzdeki yıllarda dijital beceri gerektiren mesleklerde önemli istihdam artışları yaşanacağı belirtilmekte özellikle yapay zekâ ve veri bilimi alanında uzmanlaşmış çalışanların küresel işgücü piyasasında daha avantajlı konuma geleceği ifade edilmektedir (WEF, 2023).

Bununla birlikte bazı geleneksel mesleklerin dönüşmesi veya ortadan kalkması da beklenmektedir. Özellikle rutin görevlerin yoğun olduğu muhasebe, veri girişi, çağrı merkezi hizmetleri ve standart üretim süreçleri gibi alanlarda otomasyon sistemlerinin etkisi artmaktadır. Yapay zekâ destekli yazılımlar ve robotik sistemler tekrar eden görevleri insan müdahalesi olmadan gerçekleştirebildiği için düşük ve orta beceri düzeyine sahip çalışanlar açısından iş kaybı riski oluşmaktadır. Bu durum çalışanların yeni beceriler kazanmasını zorunlu hâle getirmektedir (Frey ve Osborne, 2017). Ayrıca teknolojik dönüşüm süreci işgücü piyasasında mesleki kutuplaşmayı artırabilmekte ve yüksek beceriye sahip çalışanlarla düşük becerili çalışanlar arasındaki gelir farkını derinleştirebilmektedir (Autor, 2015). Geleceğin işgücü piyasasında yalnızca teknik bilgi yeterli olmayacaktır. Yaratıcılık, eleştirel düşünme, iletişim, liderlik ve problem çözme gibi insana özgü becerilerin önemi artacaktır. Çünkü yapay zekâ sistemleri veri analizi, otomasyon ve hesaplama süreçlerinde başarılı olsa da insan ilişkileri, empati, sosyal iletişim ve etik değerlendirme gerektiren alanlarda insan faktörü önemini korumaktadır. Özellikle yönetim, eğitim, psikoloji, sağlık ve yaratıcı endüstriler gibi alanlarda insan merkezli becerilerin gelecekte daha değerli hâle geleceği değerlendirilmektedir (Russell ve Norvig, 2021).

Ayrıca geleceğin işgücü piyasasında esnek çalışma modellerinin yaygınlaşması beklenmektedir. Uzaktan çalışma, hibrit çalışma sistemleri ve proje bazlı çalışma modelleri birçok sektörde standart uygulamalar hâline gelebilir. COVID-19 pandemisi sonrasında hızlanan dijital çalışma modelleri işletmelerin çalışma anlayışını önemli ölçüde değiştirmiştir. Bu durum çalışanlara mekândan bağımsız çalışma imkânı sunarken işletmeler açısından da maliyet avantajı sağlayabilmektedir (ILO, 2021). Bununla birlikte esnek çalışma modellerinin yaygınlaşması çalışma saatlerinin belirsizleşmesi, iş güvencesinin zayıflaması ve dijital gözetim uygulamalarının artması gibi sorunları da beraberinde getirebilmektedir.

Küreselleşme ve dijitalleşme süreçlerinin etkisiyle işgücü piyasası daha uluslararası bir yapıya dönüşmektedir. Çevrim içi çalışma platformları sayesinde bireyler farklı ülkelerdeki şirketler için

çalışabilmekte ve dijital emek piyasası küresel ölçekte genişlemektedir. Upwork, Fiverr ve Amazon Mechanical Turk gibi platformlar aracılığıyla çalışan bireylerin sayısı giderek artmaktadır. Bu durum işgücü piyasasında küresel rekabeti artırırken ücret politikaları ve çalışma standartları açısından da yeni tartışmalar ortaya çıkarmaktadır (ILO, 2021).

Geleceğin işgücü piyasasında ortaya çıkabilecek bir diğer önemli konu ise etik sorunlardır. Yapay zekâ sistemlerinin işe alım süreçlerinde kullanılması, çalışan performansının dijital sistemler aracılığıyla takip edilmesi ve veri güvenliği uygulamaları çeşitli etik tartışmaları beraberinde getirmektedir. Özellikle algoritmik karar alma süreçlerinde ayrımcılık riski, bireysel mahremiyet sorunları ve veri güvenliği konuları akademik literatürde önemli tartışma alanları arasında yer almaktadır (Russell ve Norvig, 2021).

Bu nedenle geleceğin işgücü piyasasında yalnızca teknolojik gelişmeler değil aynı zamanda insan hakları, veri güvenliği ve etik ilkeler de önemli tartışma alanları arasında yer alacaktır. Yapay zekâ teknolojilerinin sürdürülebilir ve insan odaklı biçimde kullanılabilmesi için hukuki düzenlemelerin geliştirilmesi gerekmektedir. Ayrıca dijital çalışma modellerine uygun sosyal koruma mekanizmalarının oluşturulması ve çalışan haklarının yeni ekonomik koşullara göre yeniden düzenlenmesi büyük önem taşımaktadır (ILO, 2021; OECD, 2023).

3. SONUÇ VE ÖNERİLER

Yapay zekâ teknolojileri günümüz ekonomik sisteminde üretim süreçlerinden hizmet sektörüne kadar birçok alanı dönüştüren temel unsurlardan biri hâline gelmiştir. Dijitalleşme sürecinin hızlanmasıyla birlikte işletmelerin yapay zekâ destekli sistemlere yönelmesi; üretim verimliliğinin artması, maliyetlerin azalması, hata oranlarının düşmesi ve karar alma süreçlerinin hızlanması gibi önemli ekonomik avantajlar sağlamaktadır. Özellikle büyük veri analitiği, otomasyon sistemleri ve makine öğrenmesi uygulamaları işletmelerin rekabet gücünü artırmakta ve küresel ekonomide dijital dönüşüm sürecini hızlandırmaktadır.

Bununla birlikte yapay zekâ teknolojilerinin işgücü piyasasında önemli yapısal değişimlere neden olduğu görülmektedir. Özellikle rutin ve tekrar eden görevlerin otomasyon sistemleri tarafından gerçekleştirilebilmesi, düşük ve orta beceri düzeyine sahip çalışanlar açısından iş kaybı risklerini artırmaktadır. Muhasebe, veri işleme, müşteri hizmetleri, lojistik ve standart üretim süreçleri gibi alanlarda insan emeğine duyulan ihtiyaç giderek azalabilmektedir. Bu durum işgücü piyasasında mesleki dönüşümü hızlandırırken çalışanların yeni ekonomik yapıya uyum sağlayabilmesi için dijital beceriler edinmesini zorunlu hâle getirmektedir.

Ancak yapay zekâ teknolojileri yalnızca iş kayıplarına neden olmamakta; aynı zamanda yeni istihdam alanlarının oluşmasına da katkı sağlamaktadır. Veri analizi, yazılım geliştirme, yapay zekâ mühendisliği, siber güvenlik, robotik sistem yönetimi ve dijital platform yönetimi gibi alanlarda nitelikli işgücüne olan talep giderek artmaktadır. Bu nedenle yapay zekânın işgücü piyasası üzerindeki etkileri yalnızca istihdam kaybı perspektifiyle değil; yeni mesleklerin ortaya çıkışı, beceri dönüşümü ve ekonomik verimlilik artışı açısından da çok boyutlu biçimde değerlendirilmelidir.

Çalışmada elde edilen bulgular, geleceğin işgücü piyasasında dijital becerilerin belirleyici olacağını göstermektedir. Bu nedenle eğitim sistemlerinin dijital dönüşüme uygun biçimde yeniden yapılandırılması büyük önem taşımaktadır. İlköğretimden yükseköğretime kadar tüm eğitim süreçlerinde dijital okuryazarlık, kodlama, veri analizi, algoritmik düşünme ve problem çözme becerilerine yönelik eğitimlerin yaygınlaştırılması gerekmektedir. Ayrıca üniversitelerde yapay zekâ, veri bilimi, yazılım mühendisliği ve siber güvenlik gibi alanlarda yürütülen akademik çalışmaların desteklenmesi, nitelikli insan kaynağının geliştirilmesine katkı sağlayacaktır.

Yapay zekâ çağında yaşam boyu öğrenme politikalarının geliştirilmesi de büyük önem taşımaktadır. Teknolojik değişimlerin hızlanması nedeniyle çalışanların meslek hayatları boyunca sürekli yeni beceriler edinmesi gerekecektir. Bu kapsamda yeniden eğitim programlarının yaygınlaştırılması, çalışanların dijital dönüşüm sürecine uyum sağlamasına yardımcı olabilir. Kamu kurumları, üniversiteler ve özel sektör arasında kurulacak iş birliği mekanizmaları ise dijital becerilere sahip insan kaynağının artırılmasına katkı sağlayacaktır.

Dijital dönüşüm sürecinde sosyal politika uygulamalarının güçlendirilmesi de gereklidir. Özellikle iş kaybı riski taşıyan çalışanlara yönelik yeniden eğitim programlarının oluşturulması, sosyal güvenlik sistemlerinin dijital çalışma modellerine uygun şekilde güncellenmesi ve gelir eşitsizliklerini azaltacak

sosyal politikaların geliştirilmesi önem taşımaktadır. Dijital platform ekonomisinin yaygınlaşmasıyla birlikte uzaktan çalışma, esnek çalışma ve proje bazlı çalışma modelleri daha görünür hâle gelmiştir. Bu nedenle çalışma ilişkilerinde ortaya çıkan yeni sorunlara yönelik hukuki düzenlemelerin yapılması gerekmektedir. Özellikle sosyal güvenlik, çalışma hakları, veri güvenliği ve gelir güvencesi konularında yeni politika uygulamalarına ihtiyaç bulunmaktadır.

Türkiye açısından değerlendirildiğinde yapay zekâ teknolojileri ekonomik büyüme, üretim verimliliği ve uluslararası rekabet gücü açısından önemli fırsatlar sunmaktadır. Ancak bu fırsatların sürdürülebilir ekonomik kalkınmaya dönüşebilmesi için teknoloji yatırımlarının artırılması, Ar-Ge faaliyetlerinin desteklenmesi ve yerli teknoloji üretim kapasitesinin geliştirilmesi gerekmektedir. Özellikle küçük ve orta ölçekli işletmelerin dijital dönüşüm süreçlerine uyum sağlayabilmesi için kamu desteklerinin artırılması önem taşımaktadır.

Ayrıca Türkiye'nin yapay zekâ alanında küresel rekabet gücü kazanabilmesi için üniversiteler, kamu kurumları ve özel sektör arasında güçlü iş birliği mekanizmalarının kurulması gerekmektedir. Akademik araştırmaların desteklenmesi, teknoloji girişimlerinin teşvik edilmesi ve dijital altyapının güçlendirilmesi Türkiye'nin dijital ekonomide daha güçlü bir konuma ulaşmasına katkı sağlayacaktır. Bunun yanında kadınların ve gençlerin dijital ekonomiye katılımını artıracak eğitim ve istihdam politikalarının geliştirilmesi de kapsayıcı ekonomik büyüme açısından önem taşımaktadır.

Sonuç olarak yapay zekâ çağında işgücü piyasası köklü bir dönüşüm sürecinden geçmektedir. Bu dönüşüm sürecinin ekonomik ve toplumsal açıdan dengeli biçimde yönetilebilmesi için eğitim politikaları, sosyal koruma mekanizmaları, teknoloji yatırımları ve hukuki düzenlemelerin bütüncül bir yaklaşımla ele alınması gerekmektedir. Yapay zekâ teknolojilerinin insan odaklı, sürdürülebilir ve kapsayıcı biçimde yönetilmesi; ekonomik kalkınmanın desteklenmesi, gelir eşitsizliklerinin azaltılması ve geleceğin işgücü piyasasına uyum sağlanabilmesi açısından büyük önem taşımaktadır.

KAYNAKÇA

- Autor, D. H. (2015). Why are there still so many jobs? The history and future of workplace automation. *Journal of Economic Perspectives*, 29(3). (https://economics.mit.edu/sites/default/files/inline-files/Why%20Are%20there%20Still%20So%20Many%20Jobs_0.pdf Erişim tarihi: 20.05.2026)
- Brynjolfsson, E., & McAfee, A. (2014). *The second machine age: Work, progress, and prosperity in a time of brilliant technologies*. W. W. Norton & Company. (<http://digamo.free.fr/brynmcafee2.pdf> Erişim tarihi: 18.05.2026)
- Frey, C. B., & Osborne, M. A. (2017). The future of employment: How susceptible are jobs to computerisation? *Technological Forecasting and Social Change*, 114, 254–280. (<http://reparti.free.fr/freyosborne17.pdf> Erişim tarihi: 05.05.2026)
- International Labour Organization (ILO). (2021). *World employment and social outlook 2021: The role of digital labour platforms in transforming the world of work*. Geneva: ILO. (<https://researchrepository.ilo.org/esploro/outputs/report/World-Employment-and-Social-Outlook-2021/995218610802676> Erişim tarihi: 20.05.2026)
- Küçük ve Orta Ölçekli İşletmeleri Geliştirme ve Destekleme İdaresi Başkanlığı [KOSGEB]. (2022). *KOBİ dijital dönüşüm destek programı*. (<https://www.kosgeb.gov.tr> Erişim Tarihi: 22.05.2026)
- Manyika, J., Chui, M., Miremadi, M., Bughin, J., George, K., Willmott, P., & Dewhurst, M. (2017). A future that works: Automation, employment, and productivity. McKinsey Global Institute. (<https://www.mckinsey.com/~media/mckinsey/featured%20insights/Digital%20Disruption/Harnessing%20automation%20for%20a%20future%20that%20works/MGI-A-future-that-works-Executive-summary.ashx> Erişim tarihi: 20.05.2026)
- OECD. (2023). *OECD digital economy outlook 2023*. OECD Publishing. (https://www.oecd.org/en/publications/oecd-digital-education-outlook-2023_c74f03de-en.html Erişim tarihi: 28.04.2026)
- OECD. (2023). *OECD Employment Outlook 2023: Artificial intelligence and the labour market*. Paris: OECD Publishing. (https://www.oecd.org/en/publications/oecd-employment-outlook-2023_08785bba-en.html Erişim tarihi: 09.05.2026)
- Piketty, T. (2014). *Capital in the twenty-first century*. Harvard University Press. (<http://digamo.free.fr/piketty14.pdf> Erişim tarihi: 22.05.2026)

- Russell, S., & Norvig, P. (2021). *Artificial intelligence: A modern approach* (4th ed.). Pearson. (<https://people.engr.tamu.edu/guni/csce625/slides/AI.pdf> Erişim tarihi: 02.05.2026)
- Schwab, K. (2017). *The fourth industrial revolution*. Crown Business. (https://law.unimelb.edu.au/__data/assets/pdf_file/0005/3385454/Schwab-The_Fourth_Industrial_Revolution_Klaus_S.pdf Erişim tarihi: 17.05.2026)
- T.C. Cumhurbaşkanlığı Dijital Dönüşüm Ofisi. (2021). *Ulusal Yapay Zekâ Stratejisi 2021–2025*. Ankara. (<https://bilgem.tubitak.gov.tr/wp-content/uploads/sites/8/TR-UlusalYZStratejisi2021-2025.pdf> Erişim tarihi: 23.05.2026)
- TÜİK. (2024). Hanehalkı bilişim teknolojileri kullanım araştırması, 2024. Türkiye İstatistik Kurumu. (https://www.google.com/search?q=Hanehalk%C4%B1+bili%C5%9Fim+teknolojileri+kullan%C4%B1m+ara%C5%9F%C4%B1rmas%C4%B1%2C+2024.&rlz=1C1GCEU_trTR1172TR1172&oq=Hanehalk%C4%B1+bili%C5%9Fim+teknolojileri+kullan%C4%B1m+ara%C5%9F%C4%B1rmas%C4%B1%2C+2024.+&gs_lcrp=EgZjaHJvbWUyBggAEEUYOTIICAEQABgWGB4yCAgCEAAYFhgeMggIAxAGBYHjIICAQQABgWGB4yCggFEAAYogQYiQUyBwgGEAAY7wUyBwgHEAAY7wXSAQg4MjJqMGoxNagCCLACAfEF41RwRpZns47xBeNUcEaWZ7OO&sourceid=chrome&ie=UTF-8 Erişim tarihi: 28.05.2026)
- United Nations Development Programme [UNDP]. (2022). *Human development report 2021/2022: Uncertain times, unsettled lives: Shaping our future in a transforming world*. UNDP. (<https://hdr.undp.org> Erişim tarihi: 28.05.2026)
- World Economic Forum (WEF). (2023). *The future of jobs report 2023*. Geneva: World Economic Forum. (<https://www.weforum.org/publications/the-future-of-jobs-report-2023/> Erişim tarihi: 11.05.2026)

THE IMPACT OF GLOBAL FOOD CRISES ON AGRICULTURAL TRADE*KÜRESEL GIDA KRİZLERİNİN TARIM TİCARETİ ÜZERİNDEKİ ETKİLERİ***Öğr. Gör. Dilan ALKAÇ**

Beykent Üniversitesi, MYO, Dış Ticaret.

ORCID: 0000-0002-5271-6962

ÖZET

Küresel gıda krizleri son yıllarda dünya ekonomisi ve uluslararası ticaret sistemi üzerinde önemli etkiler yaratan çok boyutlu sorunlardan biri hâline gelmiştir. Özellikle iklim değişikliği, COVID-19 pandemisi, enerji fiyatlarındaki artış, lojistik sorunlar ve Rusya-Ukrayna savaşı gibi gelişmeler küresel gıda arz zincirlerinde ciddi kırılmalara neden olmuştur. Bu süreçte tarım ürünleri fiyatlarında yaşanan hızlı artışlar birçok ülkenin gıda güvenliği konusunda risklerle karşı karşıya kalmasına yol açmıştır. Tarım ticaretinin küresel ölçekte karşılıklı bağımlılık temelinde şekillenmesi krizlerin etkilerinin yalnızca üretici ülkelerle sınırlı kalmamasına neden olmuş; ithalata bağımlı ülkelerde ekonomik kırılganlıkları artırmıştır. Özellikle gelişmekte olan ülkelerde artan gıda fiyatları enflasyon, yoksulluk ve sosyal refah kayıpları gibi sorunları derinleştirmiştir.

Bu çalışmanın amacı; küresel gıda krizlerinin ortaya çıkış nedenlerini incelemek ve söz konusu krizlerin tarım ticareti üzerindeki etkilerini değerlendirmektir. Çalışmada literatür taraması yöntemi kullanılmış; FAO, Dünya Bankası (WB), Dünya Ticaret Örgütü (WTO) ve Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK) tarafından yayımlanan güncel raporlar ve verilerden yararlanılmıştır. Araştırmada küresel gıda krizlerinin tarım ürünleri fiyatlarında dalgalanmalara yol açtığı, uluslararası ticaret dengesini değiştirdiği ve ülkelerin alternatif tedarik kaynaklarına yönelmesine neden olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Ayrıca Türkiye açısından değerlendirildiğinde tarımsal üretimde sürdürülebilirliğin sağlanmasının, dışa bağımlılığın azaltılmasının ve gıda arz güvenliğine yönelik politikaların güçlendirilmesinin büyük önem taşıdığı belirlenmiştir. Çalışma küresel gıda krizlerinin ekonomik etkilerini tarım ticareti perspektifinden ele alarak literatüre katkı sunmayı amaçlamaktadır.

Anahtar Kelimeler: Küresel gıda krizi, tarım ticareti, gıda güvenliği

ABSTRACT

Global food crises have become one of the multifaceted problems that have had significant impacts on the world economy and the international trade system in recent years. In particular, developments such as climate change, the COVID-19 pandemic, rising energy prices, logistical problems, and the Russia-Ukraine war have caused serious disruptions in global food supply chains. The rapid increases in agricultural product prices during this process have led many countries to face risks regarding food security. The fact that agricultural trade is shaped on a global scale based on interdependence has meant that the effects of crises are not limited only to producing countries; it has increased economic vulnerabilities in import-dependent countries. In particular, rising food prices in developing countries have deepened problems such as inflation, poverty, and social welfare losses. The aim of this study is to examine the causes of global food crises and to evaluate the effects of these crises on agricultural trade. The study uses a literature review method; current reports and data published by FAO, the World Bank (WB), the World Trade Organization (WTO), and the Turkish Statistical Institute (TÜİK) have been utilized. The study concludes that global food crises lead to fluctuations in agricultural product prices, alter international trade balances, and cause countries to turn to alternative supply sources. Furthermore, when evaluated from Turkey's perspective, it is determined that ensuring sustainability in agricultural production, reducing external dependence, and strengthening policies aimed at food supply security are of great importance. This study aims to contribute to the literature by examining the economic impacts of global food crises from the perspective of agricultural trade.

Keywords: Global food crisis, agricultural trade, food security

1. GİRİŞ

Küreselleşme sürecinin hız kazanmasıyla birlikte ülkeler arasındaki ekonomik, ticari ve politik ilişkiler daha yoğun bir hâl almış bu durum tarım ve gıda sektörünün uluslararası sistem içerisindeki stratejik önemini artırmıştır. Tarım sektörü yalnızca ekonomik faaliyetlerin bir parçası olarak değil aynı zamanda toplumların temel yaşam ihtiyaçlarının karşılanması, sosyal refahın sürdürülebilmesi ve ülkelerin ekonomik bağımsızlığının korunması açısından kritik bir alan olarak değerlendirilmektedir. Gıda ürünleri insanların yaşamlarını sürdürebilmeleri için vazgeçilmez bir ihtiyaç olduğundan tarım sektöründe yaşanan üretim ve ticaret kaynaklı sorunlar doğrudan ekonomik ve toplumsal sonuçlar ortaya çıkarmaktadır. Bu nedenle küresel ölçekte meydana gelen krizler tarım üretimi ve gıda ticareti üzerinde ciddi etkiler yaratmaktadır.

Son yıllarda dünya genelinde yaşanan ekonomik ve politik gelişmeler küresel gıda sisteminin kırılgan yapısını daha görünür hâle getirmiştir. Özellikle iklim değişikliği, pandemi süreci, enerji krizleri, jeopolitik gerilimler ve lojistik sorunlar küresel gıda arz zincirlerinde önemli aksamalara neden olmuştur. Bu gelişmeler sonucunda tarım ürünleri fiyatlarında ciddi dalgalanmalar yaşanmış birçok ülke temel gıda ürünlerine erişim konusunda sorunlarla karşı karşıya kalmıştır. Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü (FAO) tarafından yayımlanan raporlarda dünya genelinde milyonlarca insanın yeterli ve dengeli beslenme imkânından yoksun olduğu belirtilmekte ve küresel gıda güvenliği sorununun giderek derinleştiği vurgulanmaktadır (FAO, 2023). Özellikle düşük ve orta gelirli ülkelerde gıda fiyatlarındaki artışlar yoksulluk ve gelir dağılımı sorunlarını daha da ağırlaştırmaktadır.

Küresel gıda krizleri yalnızca tarımsal üretimde yaşanan azalmalarla sınırlı olmayan çok boyutlu bir sorun alanını ifade etmektedir. Gıda krizlerinin ortaya çıkmasında iklim değişikliği, doğal afetler, savaşlar, enerji fiyatlarındaki yükselişler, tedarik zinciri aksaklıkları ve koruyucu ticaret politikaları gibi birçok faktör etkili olmaktadır. Özellikle küresel ticaret sisteminin karşılıklı bağımlılık temelinde şekillenmesi bir ülkede yaşanan üretim veya lojistik sorununun kısa sürede diğer ülkelere de yansımaya neden olmaktadır. Tarım ürünlerinin uluslararası ticarete stratejik bir konuma sahip olması küresel krizlerin ekonomik etkilerini daha da artırmaktadır. Bu durum tarım ticaretinin yalnızca ekonomik bir faaliyet değil aynı zamanda ulusal güvenlik ve sürdürülebilir kalkınma açısından da önemli bir unsur olduğunu göstermektedir.

2007–2008 küresel gıda krizi modern dönemde yaşanan en önemli gıda krizlerinden biri olarak kabul edilmektedir. Bu dönemde tahıl ve temel gıda ürünleri fiyatlarında meydana gelen hızlı artışlar özellikle ithalata bağımlı ülkelerde ciddi ekonomik ve sosyal sorunlara yol açmıştır. Dünya Bankası verilerine göre söz konusu süreçte milyonlarca insan yoksulluk sınırının altına düşmüş ve birçok ülkede sosyal huzursuzluklar ortaya çıkmıştır (World Bank, 2008). Gıda fiyatlarında yaşanan ani yükselişler hükümetleri korumacı ticaret politikaları uygulamaya yöneltmiş; bazı ülkeler iç piyasalarını korumak amacıyla ihracat kısıtlamaları getirmiştir. Ancak bu uygulamalar küresel arz daralmasını daha da artırarak fiyat yükselişlerini hızlandırmıştır (Headey ve Fan, 2008).

COVID-19 pandemisi ise küresel gıda sisteminin ne kadar hassas bir yapıya sahip olduğunu yeniden ortaya koymuştur. Pandemi sürecinde uygulanan karantina önlemleri, sınır geçişlerindeki kısıtlamalar ve üretim faaliyetlerindeki yavaşlamalar küresel tedarik zincirlerinde ciddi bozulmalara neden olmuştur. Özellikle lojistik maliyetlerinin yükselmesi ve iş gücü hareketliliğinin azalması tarım ticaretini olumsuz etkilemiştir. Pandemi sürecinde birçok ülke temel gıda ürünlerine erişim konusunda sorun yaşamış bu durum gıda güvenliği tartışmalarını yeniden gündeme taşımıştır. Laborde, Martin ve Vos'a (2020) göre pandemi nedeniyle yaşanan ekonomik daralma ve tedarik sorunları dünya genelinde gıda güvensizliği riskini önemli ölçüde artırmıştır.

Küresel gıda krizlerini derinleştiren bir diğer önemli gelişme ise Rusya-Ukrayna savaşı olmuştur. Rusya ve Ukrayna dünya tahıl ihracatında önemli paya sahip ülkeler arasında yer almaktadır. Özellikle buğday, mısır ve ayçiçek yağı ticaretinde söz konusu ülkelerin yüksek ihracat kapasitesi bulunmaktadır. Savaş nedeniyle Karadeniz'de yaşanan lojistik sorunlar ve ihracat faaliyetlerindeki aksaklıklar küresel tahıl piyasalarında arz daralmasına neden olmuş ve fiyatların yükselmesine yol açmıştır. Birleşmiş Milletler raporlarında, savaşın özellikle Afrika ve Orta Doğu'daki ithalata bağımlı ülkeler üzerinde ciddi riskler oluşturduğu belirtilmektedir (United Nations, 2022). Bunun yanında enerji fiyatlarında yaşanan artışlar tarımsal üretimde kullanılan gübre, yakıt ve taşımacılık maliyetlerini yükselterek gıda fiyatlarının daha da artmasına neden olmuştur.

Tarım ticareti açısından değerlendirildiğinde küresel krizlerin ülkelerin dış ticaret yapıları üzerinde önemli etkiler yarattığı görülmektedir. Özellikle ithalata bağımlı ülkeler küresel fiyat dalgalanmalarından daha fazla etkilenmekte bu durum dış ticaret açıklarının artmasına neden olmaktadır. Gıda ürünleri fiyatlarında yaşanan artışlar aynı zamanda enflasyon üzerinde baskı oluşturmakta ve makroekonomik istikrarı olumsuz etkilemektedir. Bu nedenle birçok ülke son yıllarda gıda arz güvenliğini sağlamaya yönelik yeni politika arayışlarına yönelmiştir. Yerli üretimin desteklenmesi, stratejik stok politikalarının geliştirilmesi ve alternatif tedarik kaynaklarının oluşturulması bu politikalar arasında öne çıkmaktadır.

Türkiye açısından bakıldığında ise ülkenin sahip olduğu coğrafi avantajlar ve üretim kapasitesi tarım sektörünü önemli bir ekonomik alan hâline getirmektedir. Türkiye yaş meyve-sebze, un ve makarna ihracatında dünya genelinde önemli bir konuma sahip olmasına rağmen bazı stratejik ürünlerde dışa bağımlı bir yapı sergilemektedir. Özellikle buğday, yağlı tohumlar ve yem hammaddelerinde ithalat ihtiyacının devam etmesi küresel gıda krizlerinin Türkiye ekonomisi üzerindeki etkilerini artırmaktadır. Son yıllarda döviz kuru dalgalanmaları, enerji maliyetlerindeki yükseliş ve küresel fiyat artışları Türkiye’de gıda enflasyonunun önemli ölçüde yükselmesine neden olmuştur (TÜİK, 2024). Bu durum tarım politikalarının sürdürülebilirlik ve arz güvenliği perspektifinde yeniden değerlendirilmesini gerekli kılmaktadır.

Bu çalışmada küresel gıda krizlerinin ortaya çıkış nedenleri ve tarım ticareti üzerindeki etkileri kapsamlı biçimde incelenmektedir. Çalışmada öncelikle gıda krizi ve gıda güvenliği kavramları teorik çerçevede ele alınmakta ardından küresel gıda krizlerinin temel nedenleri analiz edilmektedir. Daha sonra krizlerin tarım ticareti üzerindeki ekonomik etkileri değerlendirilmekte ve Türkiye açısından mevcut durum incelenmektedir. Çalışmanın temel amacı küresel gıda krizlerinin tarım ticareti üzerindeki etkilerini ekonomik perspektiften değerlendirerek literatüre katkı sunmak ve politika yapıcılara yol gösterici öneriler geliştirmektir.

2. KÜRESEL GIDA KRİZİ KAVRAMI VE TEORİK ÇEREVE

Küresel gıda krizlerini analiz edebilmek için gıda sistemlerinin yalnızca üretim ve tüketim dengesine dayalı yapılar olmadığını; aynı zamanda uluslararası ticaret, gelir dağılımı, politik kararlar ve küresel tedarik zincirleriyle doğrudan ilişkili çok boyutlu sistemler olduğunu kabul etmek gerekmektedir. Bu nedenle gıda krizleri hem mikro düzeyde hane halkı refahını hem de makro düzeyde uluslararası ekonomik istikrarı etkileyen yapısal bir sorun alanı olarak değerlendirilmektedir (FAO, 2023).

2.1. Gıda Krizi Kavramı

Gıda krizi temel gıda ürünlerinin arzında meydana gelen daralmalar veya fiyatlarda yaşanan ani ve aşırı artışlar sonucunda bireylerin yeterli gıdaya erişiminde ciddi güçlükler yaşadığı durumları ifade etmektedir (FAO, 2023). Ancak bu durum yalnızca fiziksel arz eksikliği ile sınırlı değildir. Sen (1981), gıda krizlerinin çoğu zaman üretim yetersizliğinden değil, bireylerin “gıdaya erişim kapasitesinin” (entitlement approach) bozulmasından kaynaklandığını vurgulamaktadır. Bu yaklaşım gıda krizlerinin gelir dağılımı, işsizlik, fiyat artışları ve piyasa işleyişindeki aksaklıklarla doğrudan ilişkili olduğunu ortaya koymaktadır. Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü ise gıda krizlerini yalnızca üretim şokları değil; aynı zamanda erişim, kullanım ve istikrar boyutlarını içeren çok katmanlı bir sorun olarak tanımlamaktadır (FAO, 2023). Bu bağlamda gıda krizleri ekonomik olduğu kadar sosyal ve politik sonuçlar da doğuran küresel nitelikli bir olgu olarak değerlendirilmektedir.

2.2. Gıda Güvenliği ve Gıda Arz Güvenliği

Gıda güvenliği kavramı uluslararası literatürde zaman içinde gelişim göstererek çok boyutlu bir yapıya kavuşmuştur. Kavram ilk kez 1996 Dünya Gıda Zirvesi’nde (World Food Summit) kapsamlı biçimde ele alınmış ve bireylerin her zaman yeterli, güvenli ve besleyici gıdaya fiziksel ve ekonomik erişiminin sağlanması olarak tanımlanmıştır (FAO, 1996). Bu tanım gıda güvenliğini yalnızca üretim miktarıyla sınırlı bir konu olmaktan çıkararak erişim ve beslenme boyutlarını da içeren daha geniş bir çerçeveye taşımıştır. Sonraki süreçte Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü gıda güvenliği kavramını daha sistematik bir yapıya oturtturarak dört temel boyut üzerinden açıklamıştır: gıdanın bulunabilirliği, gıdaya ekonomik ve fiziksel erişim, gıdanın kullanım (beslenme) kalitesi ve gıda arzının istikrarı (FAO, 2023).

Bu yaklaşım gıda güvenliğinin yalnızca üretim kapasitesine değil; gelir düzeyi, piyasa işleyişi, lojistik ağlar ve çevresel sürdürülebilirlik gibi çok sayıda yapısal faktöre bağlı olduğunu ortaya koymaktadır. Gıda arz güvenliği ise gıda güvenliği kavramının makroekonomik ve stratejik boyutunu oluşturmaktadır. Bu kavram bir ülkenin veya bölgenin gıda ihtiyacını kesintisiz, sürdürülebilir ve dış şoklara karşı dayanıklı biçimde karşılayabilme kapasitesini ifade etmektedir. Bu kapasite; yerli üretim gücü, stok yönetimi, ithalata bağımlılık düzeyi ve küresel ticaret ağlarına entegrasyon gibi unsurlarla doğrudan ilişkilidir (FAO, 2006). Dünya Bankası (2023), özellikle ithalata bağımlılığı yüksek olan ülkelerin küresel fiyat dalgalanmalarına karşı daha kırılgan olduğunu ve bu durumun gıda arz güvenliğini zayıflattığını vurgulamaktadır.

2.3. Tarım Ticareti Kavramı

Tarım ticareti tarımsal ürünlerin ulusal ve uluslararası pazarlarda üretimden tüketime uzanan süreçte el değiştirmesini ifade eden ekonomik faaliyetler bütünüdür (WTO, 2022). Bu ticaret yalnızca ekonomik büyüme, istihdam ve döviz geliri açısından değil; aynı zamanda küresel gıda arzının dengelenmesi ve gıda güvenliğinin sağlanması açısından da stratejik bir öneme sahiptir. Dünya Ticaret Örgütü (2022) tarım ticaretini küresel ticaret sisteminin temel bileşenlerinden biri olarak değerlendirmekte ve özellikle temel gıda ürünlerinde ülkeler arasındaki karşılıklı bağımlılığın giderek arttığını vurgulamaktadır. Tarım ürünleri piyasaları diğer mal piyasalarına kıyasla daha yüksek düzeyde devlet müdahalesine konu olmaktadır. İhracat yasakları, ithalat kotaları, tarımsal sübvansiyonlar ve gümrük tarifeleri gibi politika araçları tarım ticaretinin serbest piyasa mekanizması içerisinde tam anlamıyla işlemlerini sınırlandırmaktadır. Bu müdahaleler özellikle küresel kriz dönemlerinde arz-talep dengesini bozarak fiyat oynaklığını artırmakta ve uluslararası piyasalarda istikrarı zorlaştırmaktadır. Bu nedenle tarım ticareti ekonomik olduğu kadar politik ve stratejik boyutları da olan çok katmanlı bir alan olarak değerlendirilmektedir.

2.4. Küresel Tarım Ticaretinin Yapısı

Küresel tarım ticareti belirli üretici ülkelerin yüksek ihracat kapasitesine dayalı olarak şekillenen ve giderek daha fazla yoğunlaşan bir yapıya sahiptir (WTO, 2022; World Bank, 2023). ABD, Brezilya, Arjantin, Avrupa Birliği ülkeleri ve Rusya gibi aktörler özellikle tahıl, yağlı tohumlar ve yem hammaddeleri gibi stratejik ürünlerde küresel arzın önemli bir bölümünü karşılamaktadır (World Bank, 2023). Bu durum küresel gıda sisteminde üretici ve ithalatçı ülkeler arasında belirgin bir bağımlılık ilişkisi ortaya çıkarmaktadır.

Dünya Bankası (2023) tarım ticaretindeki bu yoğunlaşmanın sistemin dışsal şoklara karşı kırılganlığını artırdığını ve küresel ölçekte fiyat oynaklığını güçlendirdiğini belirtmektedir. Özellikle iklim değişikliği, savaşlar, ihracat kısıtlamaları ve lojistik aksamalar gibi faktörler, üretici ülkelerde ortaya çıkan sorunların kısa sürede uluslararası piyasalara yayılmasına neden olmaktadır. Bu nedenle küresel tarım ticareti yalnızca ekonomik bir mekanizma değil aynı zamanda jeopolitik risklerle iç içe geçmiş stratejik bir yapı olarak değerlendirilmektedir. Bu çerçevede sonraki bölümlerde ele alınacak olan küresel gıda krizlerinin nedenlerinin anlaşılmasında kritik bir zemin oluşturmaktadır. Özellikle üretim yoğunlaşması, dışa bağımlılık ve piyasa kırılganlığı gibi unsurlar gıda krizlerinin küresel düzeyde hızla yayılmasını açıklayan temel faktörler arasında yer almaktadır.

2.5. Gıda Krizlerinin Tarihsel Gelişimi

Gıda krizleri tarihsel süreç içerisinde farklı dönemlerde farklı ekonomik ve politik dinamiklerin etkisiyle ortaya çıkmıştır. Bu krizlerin ortak özelliği gıda arzı ile talebi arasındaki dengenin bozulması ve temel gıda ürünlerine erişimde ciddi sorunların yaşanmasıdır. Ancak her dönem kendi yapısal koşulları içinde farklı tetikleyici faktörlere sahiptir. Bu nedenle gıda krizlerinin tarihsel gelişimini incelemek günümüzde yaşanan küresel gıda sorunlarını anlamak açısından önemli bir analitik çerçeve sunmaktadır. 20. yüzyılın ikinci yarısından itibaren küresel gıda sistemi özellikle yeşil devrim (Green Revolution) ile birlikte üretim artışına dayalı bir yapıya evrilmiştir. Yüksek verimli tohumlar, kimyasal gübre kullanımı ve modern tarım tekniklerinin yaygınlaşması birçok ülkede gıda üretimini artırmış ve uzun süreli kıtlık riskini azaltmıştır. Ancak bu dönemde elde edilen üretim artışına rağmen gıda dağılımındaki eşitsizlikler

ve gelir farklılıkları gıda güvencesi sorunlarının tamamen ortadan kalkmasını engellemiştir (FAO, 2023).

1970'li yıllarda yaşanan petrol krizleri küresel gıda sisteminde önemli bir kırılma noktası oluşturmuştur. Petrol fiyatlarındaki hızlı artış tarımsal üretimde kullanılan enerji, gübre ve taşıma maliyetlerini yükseltmiş; bu durum gıda fiyatlarına doğrudan yansımıştır. Bu dönemde özellikle gelişmekte olan ülkeler artan gıda maliyetleri nedeniyle ciddi ekonomik zorluklarla karşı karşıya kalmıştır. Bu kriz tarım sektörünün enerji piyasalarına olan bağımlılığını açık biçimde ortaya koymuştur.

2007–2008 küresel gıda krizi ise modern dönemin en önemli gıda krizlerinden biri olarak kabul edilmektedir. Bu dönemde dünya genelinde pirinç, buğday ve mısır gibi temel tarım ürünlerinin fiyatlarında hızlı ve sert artışlar yaşanmıştır. Dünya Bankası verilerine göre, bu süreçte gıda fiyat endeksi önemli ölçüde yükselmiş ve birçok ülkede sosyal huzursuzluklar meydana gelmiştir (World Bank, 2008). Krizin temel nedenleri arasında biyoyakıt üretiminin artması, bazı ülkelerin ihracat kısıtlamaları uygulaması, düşük stok seviyeleri ve finansal piyasalardaki spekülasyon hareketleri yer almaktadır. Headey ve Fan (2008), bu krizin yalnızca arz yetersizliğinden değil aynı zamanda politika hataları ve piyasa beklentilerindeki bozulmalardan kaynaklandığını vurgulamaktadır.

2010'lu yıllar itibarıyla gıda krizleri daha çok bölgesel nitelikte ortaya çıkmakla birlikte küresel etkiler üretim ve ticaret kanalları üzerinden hissedilmeye devam etmiştir. Özellikle iklim değişikliğine bağlı kuraklık ve aşırı hava olayları tarımsal üretimde dalgalanmalara neden olmuştur. Bu dönemde gıda fiyatlarındaki oynaklık gelişmekte olan ülkelere gıda güvenliği risklerini artırmıştır.

2020 sonrası dönem ise küresel gıda sistemi açısından yeni bir kırılma evresi olarak değerlendirilmektedir. COVID-19 pandemisi küresel tedarik zincirlerini ciddi şekilde sekteye uğratmış; üretim, lojistik ve ticaret süreçlerinde eş zamanlı aksaklıklar yaşanmıştır. Bu durum gıda arzının sürekliliği konusunda önemli sorunlar ortaya çıkarmıştır (Laborde, Martin, & Vos, 2020). Ardından gelen Rusya-Ukrayna savaşı ise özellikle tahıl piyasalarında küresel arz şokuna neden olmuş, buğday ve ayçiçek yağı gibi stratejik ürünlerde fiyat artışlarını hızlandırmıştır (United Nations, 2022).

Tarihsel süreç genel olarak değerlendirildiğinde; gıda krizlerinin giderek daha karmaşık, çok boyutlu ve küresel nitelik kazandığı görülmektedir. Önceki dönemlerde daha çok üretim eksikliğine dayalı olan krizler günümüzde enerji piyasaları, finansal spekülasyonlar, jeopolitik çatışmalar ve tedarik zinciri kırılganlıkları gibi çok sayıda faktörün etkileşimiyle ortaya çıkmaktadır. Bu durum küresel gıda sisteminin yapısal olarak daha kırılgan hâle geldiğini ve tarım ticaretinin uluslararası ekonomik istikrar açısından stratejik bir alan olduğunu göstermektedir.

3. KÜRESEL GIDA KRİZLERİNİN RTAYA ÇIKIŞ NEDENLERİ

Küresel gıda krizleri tek bir nedene indirgenemeyecek kadar karmaşık ve çok katmanlı bir yapıya sahiptir. Günümüzde gıda sistemleri yalnızca tarımsal üretim kapasitesine bağlı olmaktan çıkmış; enerji piyasaları, uluslararası ticaret akışları, jeopolitik gerilimler ve iklim sistemi gibi birçok küresel değişkenin etkileşimine açık hâle gelmiştir. Bu nedenle gıda krizleri arz-talep dengesizliğinin ötesinde küresel ekonominin yapısal kırılganlıklarını yansıtan bir olgu olarak değerlendirilmektedir (FAO, 2023). Özellikle son yıllarda yaşanan gelişmeler gıda krizlerinin ortaya çıkışında çevresel ve politik faktörlerin giderek daha belirleyici olduğunu göstermektedir. İklim değişikliğine bağlı kuraklık, aşırı hava olayları ve su kaynaklarındaki azalma tarımsal üretim üzerinde doğrudan baskı oluştururken; savaşlar, ticaret kısıtlamaları ve korumacı politikalar küresel gıda arz zincirlerini kesintiye uğratmaktadır. Bu durum gıda krizlerinin yalnızca üretim yetersizliğinden değil aynı zamanda küresel sistemdeki koordinasyon eksikliğinden de kaynaklandığını ortaya koymaktadır. Diğer taraftan enerji fiyatlarındaki dalgalanmalar, lojistik maliyetlerindeki artış ve tedarik zinciri kırılmaları da küresel gıda krizlerini derinleştiren önemli unsurlar arasında yer almaktadır. Tarımsal üretim büyük ölçüde enerjiye bağımlı olduğu için petrol ve doğal gaz fiyatlarındaki artış doğrudan üretim maliyetlerine yansımakta ve nihai ürün fiyatlarını yükseltmektedir. Bu süreç özellikle gelişmekte olan ülkelere gıda enflasyonunu artırarak ekonomik kırılganlıkları daha da derinleştirmektedir (World Bank, 2023).

3.1. İklim Değişikliği ve Kuraklık Sorunu

İklim değişikliği küresel gıda krizlerinin ortaya çıkışında en temel yapısal belirleyicilerden biri olarak kabul edilmektedir. Küresel sıcaklık artışları, yağış rejimlerindeki düzensizlikler ve aşırı hava olaylarının sıklığındaki artış tarımsal üretim kapasitesini doğrudan etkilemektedir. Özellikle kuraklık,

sel ve sıcak hava dalgaları gibi iklim kaynaklı şoklar tarımsal verimliliği düşürerek gıda arzında dalgalanmalara neden olmaktadır. Bu durum, küresel gıda piyasalarında arz belirsizliğini artırmakta ve fiyat oynaklığını daha da şiddetlendirmektedir (IPCC, 2022). İklim değişikliğinin tarım üzerindeki etkisi yalnızca üretim miktarının azalmasıyla sınırlı değildir; aynı zamanda ürün deseninin değişmesine, ekim alanlarının daralmasına ve su kaynaklarının verimsiz kullanımına da yol açmaktadır. Özellikle su stresi yaşayan bölgelerde tarımsal üretim sürdürülebilir olmaktan uzaklaşmakta ve bu durum gıda arz güvenliğini tehdit etmektedir. FAO (2023) verilerine göre, iklim değişikliği nedeniyle tarımsal üretimde yaşanan kayıplar özellikle Afrika ve Güney Asya gibi bölgelerde gıda güvensizliği riskini önemli ölçüde artırmaktadır.

Kuraklık olgusu ise iklim değişikliğinin en somut ve doğrudan etkilerinden biri olarak öne çıkmaktadır. Yağışların azalması ve su kaynaklarının tükenmesi özellikle tahıl üretimi açısından kritik sonuçlar doğurmaktadır. Bu durum yalnızca yerel üretimi değil aynı zamanda küresel tarım ticaretini de etkilemektedir. Çünkü büyük ihracatçı ülkelerde yaşanan üretim düşüşleri dünya piyasalarında arz daralmasına yol açmakta ve fiyatların yükselmesine neden olmaktadır. Bu mekanizma küresel gıda krizlerinin hızla yayılmasının temel nedenlerinden biri olarak değerlendirilmektedir.

Sonuç olarak iklim değişikliği ve kuraklık sorunu yalnızca çevresel bir problem değil; aynı zamanda küresel gıda güvenliği ve tarım ticareti açısından stratejik bir risk faktörüdür. Bu nedenle gıda krizlerinin önlenmesi ve etkilerinin azaltılması için iklim değişikliğiyle mücadele politikalarının güçlendirilmesi ve sürdürülebilir tarım uygulamalarının yaygınlaştırılması büyük önem taşımaktadır.

3.2. Pandemi Sürecinin Gıda Tedarik Zincirine Etkileri

COVID-19 pandemisi küresel ölçekte yalnızca bir sağlık krizi değil aynı zamanda ekonomik ve ticari sistemleri derinden etkileyen yapısal bir şok olarak ortaya çıkmıştır. Bu süreç özellikle küresel tedarik zincirlerinin ne kadar kırılgan olduğunu açık biçimde göstermiş ve gıda sistemleri üzerinde önemli baskılar oluşturmuştur. Tarımsal üretim faaliyetlerinin kesintiye uğraması, iş gücü hareketliliğinin kısıtlanması ve sınır ötesi ticarete yaşanan yavaşlamalar küresel gıda arzının sürekliliğini olumsuz etkilemiştir (World Bank, 2021).

Pandemi döneminde uygulanan kapanma politikaları ve karantina önlemleri tarım sektöründe hem üretim hem de dağıtım aşamalarında ciddi aksamalara neden olmuştur. Özellikle mevsimlik iş gücüne dayalı tarımsal üretim sistemlerinde iş gücü eksikliği yaşanmış bu durum bazı ürünlerde arz daralmasına yol açmıştır. Aynı zamanda lojistik süreçlerde yaşanan aksaklıklar gıda ürünlerinin üretim merkezlerinden tüketim noktalarına ulaşmasını zorlaştırmış ve maliyetleri artırmıştır. Bu gelişmeler küresel gıda fiyatlarının yukarı yönlü baskı altında kalmasına neden olmuştur (OECD, 2021).

Tedarik zincirindeki kırılmalar yalnızca üretim ve taşımacılık süreçleriyle sınırlı kalmamış aynı zamanda uluslararası ticaret akışlarını da etkilemiştir. Limanlarda yaşanan yoğunluk, konteyner sıkıntısı ve navlun fiyatlarındaki artış tarım ürünlerinin küresel pazarlara erişimini zorlaştırmıştır. UNCTAD (2022), pandemi sürecinde deniz taşımacılığı maliyetlerinin önemli ölçüde arttığını ve bunun özellikle gıda ürünleri fiyatlarına doğrudan yansıdığını belirtmektedir. Bu durum gıda krizlerinin lojistik boyutunun ne kadar kritik olduğunu ortaya koymuştur.

Sonuç olarak COVID-19 pandemisi küresel gıda sisteminin yalnızca üretim kapasitesine değil aynı zamanda lojistik altyapı, ticaret ağları ve iş gücü hareketliliğine de bağlı olduğunu göstermiştir. Bu süreçte yaşanan deneyimler gelecekte benzer krizlere karşı daha dayanıklı ve esnek tedarik zincirlerinin oluşturulmasının önemini ortaya koymaktadır.

3.3. Rusya-Ukrayna Savaşının Tahıl Ticareti Üzerindeki Etkileri

Rusya-Ukrayna savaşı küresel gıda sisteminde özellikle tahıl ticareti açısından önemli yapısal kırılmalardan birini oluşturan jeopolitik bir şok olarak değerlendirilmektedir (United Nations, 2022; FAO, 2023). Savaş öncesi dönemde Rusya ve Ukrayna dünya buğday ihracatının yaklaşık %30'unu karşılayan; ayrıca mısır, arpa ve ayçiçek yağı gibi stratejik tarımsal ürünlerde de küresel arzın önemli bir bölümünü sağlayan iki kritik üretici konumundaydı (FAO, 2022). Bu nedenle çatışmanın başlaması yalnızca bölgesel bir güvenlik sorunu değil aynı zamanda küresel gıda arz zincirini doğrudan etkileyen sistemik bir kriz niteliği kazanmıştır.

Savaşın en doğrudan etkilerinden biri Karadeniz havzasındaki lojistik hatların ciddi biçimde aksaması olmuştur. Ukrayna'nın Odesa ve diğer limanlarının fiilen işlevsiz hale gelmesi tahıl ihracatını büyük

ölçüde sınırlandırmış ve küresel piyasalarda arz daralmasına yol açmıştır. FAO (2023) bu durumun özellikle düşük gelirli ve net gıda ithalatçısı ülkelerde gıda erişimini zayıflattığını ve fiyat dalgalanmalarına karşı kırılganlığı artırdığını belirtmektedir. Afrika, Orta Doğu ve Güney Asya ülkeleri gibi yüksek ithalat bağımlılığı bulunan bölgelerde gıda arz güvenliği tartışmaları bu süreçte belirgin biçimde derinleşmiştir.

Arz yönlü kesintilere ek olarak alternatif tedarik kaynaklarına yönelim de küresel ticaret yapısında önemli değişimlere neden olmuştur. Ancak bu yönelim kısa vadede dengeleyici bir etki yaratmak yerine taşıma maliyetlerinin artması, sigorta primlerindeki yükseliş ve yeni tedarik zincirlerinin sınırlı kapasitesi nedeniyle fiyat oynaklığını daha da artırmıştır (World Bank, 2023). Dünya Bankası (2023) bu dönemde özellikle tahıl ve bitkisel yağ fiyatlarında yaşanan artışın yalnızca arz eksikliğinden değil aynı zamanda lojistik maliyetler ve piyasa belirsizliklerinden de kaynaklandığını vurgulamaktadır.

Savaşın etkileri yalnızca fiziksel arz kaybı ile sınırlı kalmamış aynı zamanda küresel emtia piyasalarında beklenti kanalı üzerinden de fiyat oluşum mekanizmasını etkilemiştir. Artan jeopolitik risk algısı yatırımcıların tarım emtialarına yönelmesine ve spekülatif işlemlerin yoğunlaşmasına neden olmuştur. Bu durum fiyatların gerçek arz-talep dengesinden daha hızlı ve daha sert şekilde yükselmesine yol açmıştır (FAO, 2023). Böylece tarım piyasalarının yalnızca üretim ve tüketim dinamikleriyle değil finansal beklentiler ve risk algısıyla da şekillendiği daha görünür hale gelmiştir.

Ayrıca Birleşmiş Milletler raporları savaşın küresel gıda sisteminde “kırılganlık çarpanı” etkisi yarattığını yani mevcut yapısal sorunları (ithalata bağımlılık, düşük stok seviyeleri ve bölgesel yoğunlaşma) daha görünür ve etkili hale getirdiğini ortaya koymaktadır (United Nations, 2022). Bu bağlamda Rusya-Ukrayna savaşı yalnızca kısa vadeli bir arz şoku değil aynı zamanda küresel tarım ticaretinin jeopolitik risklere ne kadar duyarlı olduğunu gösteren kritik bir örnek olarak değerlendirilmektedir.

3.4. Enerji Fiyatlarındaki Artış ve Tarımsal Maliyetler

Enerji fiyatları modern tarımsal üretim sistemlerinde maliyet yapısını belirleyen en kritik unsurlardan biri olarak öne çıkmaktadır. Günümüz tarımı; gübre üretimi, sulama sistemleri, tarımsal mekanizasyon, hasat süreçleri ve lojistik faaliyetler açısından yüksek düzeyde enerji kullanımına bağımlı hale gelmiştir. Bu nedenle petrol ve doğal gaz fiyatlarında yaşanan dalgalanmalar doğrudan tarımsal üretim maliyetlerine yansımakta ve küresel gıda fiyatlarını etkileyen temel faktörlerden biri haline gelmektedir (World Bank, 2023).

Özellikle azotlu gübre üretimi doğal gaz girdisine yüksek derecede bağımlıdır. Uluslararası Enerji Ajansı (IEA, 2022), 2021–2022 döneminde doğal gaz fiyatlarında yaşanan sert artışın gübre üretim maliyetlerini tarihi seviyelere yükselttiğini ve bunun küresel tarımsal üretim maliyetleri üzerinde önemli bir baskı oluşturduğunu belirtmektedir. Gübre fiyatlarındaki bu artış çiftçilerin üretim kararlarını doğrudan etkilemiş; bazı bölgelerde girdi kullanımının azaltılmasına, hatta ekim alanlarının daralmasına yol açmıştır. Bu durum özellikle gelişmekte olan ülkelerde verimlilik kayıplarını daha belirgin hale getirmiştir.

Enerji maliyetlerindeki yükselişin etkisi yalnızca üretim aşamasıyla sınırlı kalmamış aynı zamanda tarımsal tedarik zincirinin tüm aşamalarına yayılmıştır. Tarım ürünlerinin uluslararası ticareti büyük ölçüde kara, deniz ve demir yolu taşımacılığına dayandığından lojistik maliyetler enerji fiyatlarına karşı oldukça hassastır. Dünya Bankası (2023), enerji fiyatlarındaki artışın özellikle navlun maliyetlerini yükselterek gıda fiyatlarını küresel ölçekte yukarı yönlü baskıladığını vurgulamaktadır.

Bununla birlikte enerji fiyatlarındaki oynaklık tarım sektöründe yalnızca maliyetleri artırmakla kalmayıp aynı zamanda üretim planlamasını da zorlaştırmaktadır. Çiftçiler açısından belirsiz girdi maliyetleri ekim kararlarının ertelenmesine veya daha düşük maliyetli ancak daha düşük verimli ürünlere yönelime neden olabilmektedir. Bu durum uzun vadede küresel arz yapısını etkileyerek gıda güvenliği üzerinde ek baskı oluşturmaktadır (FAO, 2023).

Tüm bu gelişmeler enerji piyasaları ile tarım piyasaları arasındaki yapısal bağı giderek güçlendiğini göstermektedir. Bu bağlamda enerji fiyatlarındaki değişimlerin tarım sektörüne etkisi yalnızca ekonomik bir maliyet sorunu değil aynı zamanda küresel gıda sisteminin istikrarını belirleyen stratejik bir faktör olarak değerlendirilmektedir.

3.5. Lojistik ve Tedarik Zinciri Problemleri

Küresel gıda ticareti çok katmanlı, zamanlamaya duyarlı ve birbirine bağımlı lojistik ağlar üzerine kurulmuş karmaşık bir sistemdir. Tarımsal ürünlerin hasat edilmesinden işlenmesine, depolanmasından uluslararası pazarlara ulaştırılmasına kadar geçen süreçte meydana gelebilecek herhangi bir aksama hem fiziksel arz miktarını hem de fiyat istikrarını doğrudan etkilemektedir. Özellikle COVID-19 pandemisi sonrasında küresel tedarik zincirlerinde yaşanan bozulmalar bu sistemin yapısal kırılganlığını daha görünür hale getirmiştir (World Bank, 2023; FAO, 2023).

Bu bağlamda UNCTAD (2022), küresel deniz taşımacılığı maliyetlerinde yaşanan keskin artışın özellikle düşük değerli ve yüksek hacimli tarım ürünlerinde ciddi fiyat baskısı oluşturduğunu belirtmektedir. Pandemi sürecinde limanlarda yaşanan yoğunluk, konteyner erişimindeki dengesizlikler ve teslimat gecikmeleri, tarım ürünlerinin uluslararası pazarlara zamanında ulaşmasını zorlaştırmış ve küresel tedarik zincirinde önemli aksamalara yol açmıştır.

Bu süreçte yalnızca maliyet artışı değil aynı zamanda arz-talep dengesizlikleri de belirgin hale gelmiştir. Lojistik gecikmeler nedeniyle bazı bölgelerde ürün yığılmaları (arz fazlası) ortaya çıkarken ithalata bağımlı bölgelerde ise arz açığı ve gıda erişim sorunları yaşanmıştır. Dünya Bankası (2023), bu durumun küresel gıda fiyatlarında oynaklığı artırdığını ve özellikle düşük gelirli ülkelerde gıda enflasyonunu daha da derinleştirdiğini vurgulamaktadır. Lojistik zincirindeki bu kırılganlık gıda krizlerinin yalnızca üretim kaynaklı olmadığını; aynı zamanda dağıtım, depolama ve erişim süreçlerinin de en az üretim kadar belirleyici olduğunu ortaya koymaktadır. Özellikle uzak coğrafyalara yapılan tarımsal ihracatta navlun maliyetlerinin artması ticaret akışlarını yeniden şekillendirmiş ve ülkeleri alternatif tedarik rotaları aramaya yöneltmiştir (UNCTAD, 2022). Bu gelişmeler küresel gıda sisteminin giderek daha fazla jeopolitik, ekonomik ve lojistik risklerin kesişiminde şekillendiğini göstermektedir.

3.6. Koruyucu Ticaret Politikaları ve İhracat Kısıtlamaları

Gıda krizleri dönemlerinde ülkelerin iç piyasayı koruma refleksi çoğu zaman korumacı ticaret politikalarının devreye girmesine neden olmaktadır. Bu politikalar genellikle ihracat yasakları, ihracat kotaları, lisans kısıtları veya gümrük vergilerinin artırılması şeklinde uygulanmaktadır. Ancak bu tür önlemler kısa vadede iç piyasada fiyat istikrarını sağlamayı amaçlasa da küresel ölçekte arzın daralmasına yol açarak uluslararası fiyatların daha da yükselmesine neden olabilmektedir (FAO, 2023; World Bank, 2023).

Dünya Ticaret Örgütü (2022), özellikle 2007–2008 gıda krizi ve COVID-19 pandemisi dönemlerinde çok sayıda ülkenin temel gıda ürünlerinde ihracat kısıtlamalarına başvurduğunu ve bunun küresel gıda piyasalarında belirsizliği artırdığını ortaya koymaktadır. Bu tür politikalar küresel ticaret akışlarında ani daralmalara yol açarak özellikle ithalata bağımlı ülkelerin gıda erişimini zorlaştırmıştır. WTO verilerine göre kriz dönemlerinde uygulanan ihracat kısıtlamaları fiyat oynaklığını artıran temel politika kaynaklı faktörlerden biri olmuştur (WTO, 2022).

Bu çerçevede Dünya Bankası (2023), ihracat kısıtlamalarının küresel gıda krizlerinde “çarpan etkisi” yarattığını ve bir ülkedeki arz güvenliği kaygısının diğer ülkelerde daha büyük fiyat şoklarına dönüşebildiğini vurgulamaktadır. Dolayısıyla bu politikalar sistemik düzeyde koordinasyon eksikliği bulunduğu küresel gıda piyasasında domino etkisi oluşturmaktadır. Bu bağlamda tarım ticareti yalnızca ekonomik bir faaliyet alanı değil aynı zamanda uluslararası politika koordinasyonuna son derece duyarlı stratejik bir sistem olarak değerlendirilmektedir. Ticaret politikalarındaki uyumsuzluklar ve korumacı eğilimlerin artması küresel gıda sisteminin kırılganlığını artıran temel unsurlar arasında yer almaktadır.

Küresel gıda krizlerini ortaya çıkaran bu çok boyutlu faktörler tarım ticaretinin işleyişinde fiyat dalgalanmaları, ticaret akışlarında yön değişimi ve ülkelerin ithalata bağımlılığında artış gibi sonuçlar doğurmaktadır. Bu nedenle kriz dinamiklerinin daha somut biçimde analiz edilebilmesi için tarım ticareti üzerindeki etkilerin ayrı bir çerçevede ele alınması gerekmektedir. Bu kapsamda bir sonraki bölümde küresel gıda krizlerinin tarım ticareti üzerindeki yapısal etkileri detaylı olarak incelenecektir.

4. KÜRESEL GIDA KRİZLERİNİN TARIM TİCARETİ ÜZERİNDEKİ ETKİLERİ

Küresel gıda krizleri tarım ticaretinin işleyişini yalnızca dönemsel fiyat artışları üzerinden değil aynı zamanda yapısal dönüşümler üzerinden etkileyen kritik ekonomik şoklar olarak değerlendirilmektedir. Günümüz küresel ekonomisinde tarım ticareti üretim fazlasının uluslararası dolaşımıyla sınırlı bir

mekanizma olmaktan çıkmış; enerji piyasaları, jeopolitik riskler, finansal spekülasyonlar ve lojistik ağlarla iç içe geçmiş kompleks bir sisteme dönüşmüştür. Bu nedenle gıda krizleri yalnızca arz-talep dengesini bozan geçici olaylar değil küresel ticaret mimarisini yeniden şekillendiren yapısal kırılmalar olarak ele alınmaktadır (FAO, 2023).

Bu krizlerin en somut etkilerinden biri tarım ürünleri fiyatlarında gözlenen yüksek düzeyli oynaklıktır. FAO Gıda Fiyat Endeksi verileri özellikle 2007–2008 küresel gıda krizi, COVID-19 pandemisi ve 2022 Rusya-Ukrayna savaşı dönemlerinde endeksin tarihsel ortalamaların oldukça üzerine çıktığını göstermektedir. Nitekim endeks Mart 2022’de yaklaşık 159,7 puana ulaşarak tarihsel olarak en yüksek seviyelerinden birini kaydetmiştir. Bu durum küresel gıda piyasalarında ciddi fiyat baskılarının oluştuğunu ortaya koymaktadır. Söz konusu artış yalnızca arz daralmasından değil; aynı zamanda enerji fiyatlarındaki yükseliş tarımsal girdi maliyetlerindeki artış, finansal piyasalardaki spekülatif hareketler ve ülkelerin uyguladığı ihracat kısıtlamalarının birleşik etkisinden kaynaklanmıştır (FAO, 2022; World Bank, 2022).

Özellikle stratejik tarım ürünleri olan buğday, mısır ve bitkisel yağlar, küresel krizlerden en hızlı etkilenen ürün grupları arasında yer almaktadır. Rusya-Ukrayna savaşının başlamasının ardından uluslararası buğday fiyatlarında keskin artışlar yaşanmış; bazı dönemlerde fiyat artışları yıllık bazda %40’a yaklaşmıştır. Bu durum küresel tahıl piyasasının jeopolitik gelişmelere karşı yüksek derecede kırılgan olduğunu göstermiştir (World Bank, 2023; FAO, 2022). Benzer şekilde COVID-19 pandemisi sürecinde küresel lojistik ve taşımacılık maliyetlerinde ciddi yükselişler meydana gelmiş; konteyner ve navlun fiyatlarındaki artışlar uluslararası tarım ticaretinin maliyet yapısını önemli ölçüde etkilemiştir (UNCTAD, 2022). Bu gelişmeler tarım ticaretinde fiyat oluşumunun yalnızca üretim düzeyine değil aynı zamanda küresel tedarik zinciri koşullarına, enerji maliyetlerine ve lojistik altyapıya da doğrudan bağlı hale geldiğini ortaya koymaktadır.

Krizlerin bir diğer önemli etkisi küresel tarım ticaretinin coğrafi ve yapısal olarak yeniden şekillenmesidir. Geleneksel ticaret akışlarının bozulması ülkeleri alternatif tedarikçilere yönlendirmekte ve yeni bölgesel ticaret ağlarının oluşmasına neden olmaktadır. Örneğin Karadeniz tahıl koridorunun işlev kaybı sonrası Avrupa Birliği ülkelerinin Brezilya, Kanada ve Hindistan gibi alternatif ihracatçılara yönelmesi küresel tarım ticaretinde coğrafi yeniden dağılım sürecini hızlandırmıştır. Ancak bu tür yeniden yönelimler kısa vadede lojistik uyumsuzluklar, kalite farklılıkları ve maliyet artışları yaratarak piyasa istikrarını zayıflatmaktadır.

Gelişmekte olan ülkeler açısından bu süreç çok daha derin etkiler üretmektedir. Dünya Bankası analizleri gıda fiyatlarındaki artışların düşük gelirli ülkelerde yoksulluk oranlarını doğrudan artırdığını ve hanehalkı refahını ciddi biçimde zayıflattığını göstermektedir (World Bank, 2023). Bu ülkelerde gıda harcamalarının toplam tüketim içindeki payının yüksek olması fiyat şoklarının doğrudan sosyal krizlere dönüşmesine neden olmaktadır. Özellikle net gıda ithalatçısı ülkelerde döviz kuru baskıları ile birleşen gıda fiyat artışları, dış ticaret dengesi üzerinde ek bir yük oluşturmaktadır.

Bunun yanında küresel gıda krizleri makroekonomik istikrar üzerinde de önemli etkiler yaratmaktadır. Gıda ürünlerinin tüketici fiyat endeksleri içindeki yüksek ağırlığı nedeniyle gıda enflasyonu özellikle gelişmekte olan ülkelerde toplam enflasyonun temel belirleyicilerinden biri haline gelmiştir. IMF ve Dünya Bankası verileri gıda fiyat şoklarının gelişmekte olan ekonomilerde enflasyon baskılarını önemli ölçüde artırdığını göstermektedir. Bu durum merkez bankalarının para politikası uygulamalarını zorlaştırmakta; fiyat istikrarının sağlanması ve enflasyon beklentilerinin yönetilmesi süreçlerini daha karmaşık hale getirmektedir (IMF, 2023; World Bank, 2022).

Son olarak kriz dönemlerinde artan korumacı ticaret politikaları küresel tarım ticaretini daha da kırılgan hale getirmektedir. 2020–2022 döneminde çok sayıda ülkenin ihracat kısıtlamalarına yönelmesi küresel arzın daralmasına ve fiyatların daha da yükselmesine neden olmuştur (WTO, 2022). Aynı zamanda ülkeler stratejik stok politikalarını güçlendirmeye, ithalat kaynaklarını çeşitlendirmeye ve uzun vadeli tedarik anlaşmalarına yönelmeye başlamıştır. Bu gelişmeler küresel tarım ticaretinin giderek daha parçalı, bölgesel ve rekabetçi bir yapıya evrildiğini göstermektedir. Küresel gıda krizlerinin tarım ticareti üzerindeki bu çok boyutlu etkileri ülkelerin dış ticaret yapıları ve gıda güvenliği stratejileri üzerinde de belirleyici sonuçlar doğurmaktadır. Bu çerçevede bir sonraki bölümde Türkiye’nin tarım dış ticareti özelinde bu küresel dinamiklerin nasıl yansıma bulduğu ele alınacaktır.

5. TÜRKİYE AÇISINDAN DEĞERLENDİRME

Küresel gıda krizlerinin Türkiye ekonomisi üzerindeki etkileri tarım ve gıda sektörünün hem üretim yapısı hem de dış ticaret bağımlılıkları nedeniyle oldukça katmanlı bir görünüm sergilemektedir. Türkiye iklim ve coğrafi çeşitlilik sayesinde birçok tarımsal üründe üretim kapasitesine sahip olmakla birlikte özellikle stratejik gıda ve yem hammaddelerinde küresel piyasalara yüksek derecede entegre bir yapıya sahiptir. FAO (2023) verileri Türkiye'nin tarım ticaretinde hem ihracatçı hem ithalatçı özellik taşıyan hibrit bir yapı sergilediğini ortaya koymaktadır.

Türkiye'nin tarım dış ticareti incelendiğinde ihracat tarafında yaş meyve ve sebze (narenciye, domates, kiraz, üzüm), kuruyemişler (özellikle fındık), kuru meyveler (kuru kayısı, incir, üzüm) ve işlenmiş gıda ürünleri (un, makarna, zeytinyağı) öne çıkmaktadır. Buna karşılık ithalat tarafında buğday, mısır, arpa, soya fasulyesi, ayçiçeği tohumu ve bitkisel yağlar kritik bir yer tutmaktadır. OECD (2022), özellikle yem hammaddelerinde dışa bağımlılığın hayvancılık sektörünü kırılgan hale getirdiğini vurgulamaktadır.

Küresel gıda krizleri bu yapıyı doğrudan etkilemektedir. 2007–2008 gıda krizi döneminde küresel tahıl fiyatlarındaki artış Türkiye'nin buğday ithalat maliyetlerini yükseltmiş ve iç piyasa fiyatlarına yansımıştır (World Bank, 2023). COVID-19 pandemisi sürecinde ise lojistik maliyetlerdeki artışın gıda fiyatlarını küresel ölçekte yukarı çektiğini belirtmektedir UNCTAD (2022). 2022 Rusya-Ukrayna savaşı ise Karadeniz tahıl koridorunu etkileyerek Türkiye'nin en önemli tedarik bölgelerinden biri olan Rusya ve Ukrayna'dan yapılan ithalat akışında dalgalanmalara neden olmuştur (FAO, 2023).

Türkiye açısından kritik bir diğer konu gıda enflasyonunun makroekonomik etkileridir. TÜİK (2025) verileri gıda ve alkolsüz içeceklerin tüketici fiyat endeksi içindeki yüksek ağırlığı nedeniyle gıda fiyatlarındaki artışların toplam enflasyon üzerinde belirleyici bir role sahip olduğunu göstermektedir. IMF (2023) raporları da gelişmekte olan ülkelerde gıda fiyat şoklarının enflasyon baskılarını önemli ölçüde artırdığını ve manşet enflasyon üzerinde güçlü etkiler oluşturduğunu ortaya koymaktadır. Bu durum Türkiye'de özellikle düşük ve orta gelirli hanehalklarının satın alma gücü ile refah düzeyini doğrudan etkilemektedir.

Tarım ürünleri bazında değerlendirildiğinde Türkiye'nin farklı alt sektörlerde farklı düzeylerde kırılganlıklar yaşadığı görülmektedir. Buğday, mısır ve arpa gibi tahıllar; ayçiçeği ve soya gibi yağlı tohumlar; ayrıca et ve süt sektöründe yem bağımlılığı en kritik alanları oluşturmaktadır. FAO (2023), özellikle yağlı tohumlarda küresel arz şoklarının Türkiye gibi ithalatçı ülkelerde fiyat oynaklığını artırdığını vurgulamaktadır.

Türkiye'nin jeopolitik konumu tarım ticareti açısından hem fırsat hem risk barındırmaktadır. Avrupa, Orta Doğu ve Asya arasındaki lojistik konumu Türkiye'yi önemli bir ticaret merkezi haline getirirken, Karadeniz havzasındaki jeopolitik gerilimler tedarik zincirini kırılgan hale getirmektedir. World Bank (2023), bölgesel çatışmaların gıda güvenliği üzerindeki etkilerinin özellikle ithalata bağımlı ülkelere daha yoğun hissedildiğini belirtmektedir.

Tarım politikaları açısından Türkiye son yıllarda üretim planlaması, sulama yatırımları ve stratejik ürünlerde yerli üretimi artırmaya yönelik destekleme politikalarını güçlendirmektedir. Ancak enerji, gübre ve yem gibi temel girdilerde dışa bağımlılık devam etmektedir. IMF (2023), girdi maliyetlerindeki artışın tarımsal üretim kararlarını doğrudan etkilediğini vurgulamaktadır.

Son olarak Türkiye'de gıda güvenliği ile dış ticaret politikaları arasındaki denge giderek daha kritik hale gelmektedir. WTO (2022), kriz dönemlerinde uygulanan ihracat kısıtlamalarının kısa vadede iç piyasayı korusa da uzun vadede fiyat oynaklığını artırabildiğini belirtmektedir. Bu çerçevede Türkiye için temel ihtiyaç üretim kapasitesini artıran, dışa bağımlılığı azaltan ve küresel şoklara karşı dayanıklılığı güçlendiren bütüncül bir tarım politikası çerçevesidir.

6. KÜRESEL TARIM TİCARETİNDE YENİ EĞİLİMLER

Küresel tarım ticareti son yıllarda yalnızca arz ve talep dengesi üzerinden açıklanabilecek klasik bir ekonomik faaliyet olmaktan çıkarak teknoloji, iklim politikaları, jeopolitik rekabet ve sürdürülebilirlik baskılarının birlikte belirlediği çok katmanlı bir yapıya dönüşmüştür. Özellikle 2008 gıda krizi, COVID-19 pandemisi ve 2022 Rusya-Ukrayna savaşı gibi küresel şoklar tarım ticaretinin kırılganlıklarını görünür hale getirmiş ve ülkeleri daha dayanıklı sistemler kurmaya zorlamıştır. FAO (2023), bu dönüşümü "küresel gıda sisteminde dayanıklılık odaklı yeniden yapılanma süreci" olarak tanımlamaktadır.

Bu dönüşümün en belirgin boyutlarından biri dijital tarım uygulamalarının hızla yaygınlaşmasıdır. Akıllı tarım teknolojileri, sensörler, uydu görüntüleme sistemleri, yapay zekâ tabanlı üretim tahmin modelleri ve büyük veri analitiği sayesinde tarımsal üretimde daha öngörülebilir ve verimli bir yapı ortaya çıkmaktadır. OECD (2022), dijital tarım uygulamalarının özellikle iklim risklerinin yönetilmesi, su kullanımının optimize edilmesi ve üretim verimliliğinin artırılması açısından kritik rol oynadığını vurgulamaktadır. Bu teknolojiler aynı zamanda tarım ticaretinde arz belirsizliğini azaltarak fiyat istikrarına katkı sağlama potansiyeline sahiptir. Ancak bu teknolojilere erişimdeki eşitsizlik gelişmiş ve gelişmekte olan ülkeler arasındaki farkı daha da belirgin hale getirmektedir.

Yeni eğilimler arasında sürdürülebilir tarım ve yeşil dönüşüm politikaları da önemli bir yer tutmaktadır. İklim değişikliğinin tarım üzerindeki etkilerinin artması, üretim süreçlerinde karbon salımının azaltılması, su kaynaklarının daha verimli kullanılması ve toprak sağlığının korunması gibi hedefleri ön plana çıkarmıştır. Avrupa Yeşil Mutabakatı gibi politik çerçeveler tarım ürünlerinin uluslararası ticaretinde çevresel standartları belirleyici hale getirmekte ve karbon ayak izi düşük ürünleri daha rekabetçi konuma taşımaktadır. World Bank (2023), sürdürülebilir tarım uygulamalarının uzun vadede üretim maliyetlerini azaltırken çevresel riskleri önemli ölçüde düşürdüğünü belirtmektedir. Bu durum tarım ticaretinde “yeşil rekabetçilik” kavramını öne çıkarmaktadır.

Bununla birlikte yeşil dönüşüm süreci ülkeler arasında yeni bir uyum maliyeti farklılığı da yaratmaktadır. Gelişmiş ülkeler bu dönüşüme daha hızlı adapte olurken gelişmekte olan ülkeler hem finansal hem de teknolojik kısıtlar nedeniyle sürece daha yavaş uyum sağlamaktadır. Bu durum küresel tarım ticaretinde yeni bir yapısal eşitsizlik alanı oluşturmaktadır. UNCTAD (2022), çevresel standartların ticaret politikalarıyla entegre edilmesinin gelişmekte olan ülkeler açısından ihracat rekabetçiliğini zorlaştırabileceğini ifade etmektedir.

Küresel tarım ticaretinde dikkat çeken bir diğer eğilim bölgesel ticaret bloklarının güçlenmesi ve çok taraflı ticaret sisteminden kısmi bir kayış yaşanmasıdır. Son yıllarda özellikle BRICS ülkeleri, Avrupa Birliği ve Asya-Pasifik bölgesindeki ekonomik entegrasyon girişimleri daha dayanıklı ve bölgesel ölçekte güvence altına alınmış gıda tedarik zincirleri oluşturma yönünde politikalar geliştirmektedir (OECD ve FAO, 2023). Bu durum küresel ticaretin tamamen parçalanmasından ziyade üretim ve tedarik ağlarının belirli coğrafi bölgeler etrafında yeniden yapılandığı bir “bölgeselleşme” eğilimine işaret etmektedir (UNCTAD, 2023). Dünya Ticaret Örgütü (WTO, 2022) ise bu eğilimin küresel ticarete çok taraflı yapının etkinliğini zayıflatma riski taşıdığını; buna karşın bölgesel arz güvenliği ve ekonomik dayanıklılığı artırabileceğini belirtmektedir. Bu dönüşüm sürecinde stratejik gıda stoklama politikaları da yeniden önem kazanmıştır. Pandemi ve savaş dönemlerinde yaşanan arz şokları, ülkelerin kritik gıda ürünlerinde (buğday, pirinç, mısır ve yağlı tohumlar) stoklama kapasitesini artırma yönünde politikalar geliştirmesine neden olmuştur. IMF (2023), stratejik stok politikalarının kısa vadede fiyat istikrarına katkı sağladığını ancak aşırı stoklama eğilimlerinin küresel piyasalarda arz esnekliğini azaltabileceğini vurgulamaktadır. Bu durum ülkeler arasında rekabeti artıran yeni bir güvenlik odaklı ticaret yaklaşımını ortaya çıkarmaktadır.

Genel olarak değerlendirildiğinde küresel tarım ticareti dijitalleşme, sürdürülebilirlik, bölgeselleşme ve güvenlik temelli stok politikalarının birlikte şekillendirdiği yeni bir döneme girmiştir. Bu yeni yapı tarım ticaretini yalnızca ekonomik bir faaliyet alanı olmaktan çıkararak aynı zamanda teknoloji, çevre ve jeopolitik stratejilerin kesiştiği kritik bir küresel sistem haline getirmektedir.

7. SONUÇ VE DEĞERLENDİRME

Küresel gıda krizleri günümüz uluslararası ekonomik sisteminde yalnızca dönemsel arz-talep dengesizlikleri olarak değil tarım ticaretinin yapısal işleyişini yeniden şekillendiren çok boyutlu ve uzun vadeli süreçler olarak ortaya çıkmaktadır. İklim değişikliğinin tarımsal üretim üzerindeki baskısı, jeopolitik çatışmaların ticaret yollarını kesintiye uğratması, enerji fiyatlarındaki dalgalanmaların üretim maliyetlerini artırması ve küresel tedarik zincirlerinde yaşanan kırılmalar gıda sistemlerini giderek daha kırılgan hale getirmektedir. FAO (2023) verileri özellikle 2008 sonrası dönemde gıda fiyat endeksinde yaşanan sert ve tekrarlayan dalgalanmaların küresel gıda sisteminin yapısal istikrarsızlığını açık biçimde ortaya koyduğunu göstermektedir.

Çalışma bulguları küresel gıda krizlerinin tarım ticareti üzerinde üç temel ve birbirini besleyen etki alanı oluşturduğunu göstermektedir. İlk olarak fiyat mekanizması aşırı derecede oynak hale gelmekte ve temel tarım ürünlerinde kısa sürede yüksek oranlı fiyat artışları gözlemlenmektedir. Özellikle buğday, mısır,

pirinç, soya ve ayçiçeği yağı gibi stratejik ürünler bu dalgalanmalardan doğrudan etkilenmektedir. İkinci olarak küresel ticaret akışları yeniden şekillenmekte, ülkeler geleneksel tedarikçilerden uzaklaşarak alternatif pazarlara yönelmekte ve bu durum küresel tarım ticaretinde coğrafi yeniden dağılım sürecini hızlandırmaktadır. Üçüncü olarak ise korumacı ticaret politikalarının artışı, ihracat kısıtlamaları ve stoklama eğilimleri küresel arzı daraltarak fiyat baskısını daha da artırmaktadır (WTO, 2022).

Türkiye örneği bu küresel dinamiklerin ulusal ekonomiler üzerindeki etkisini oldukça net bir biçimde ortaya koymaktadır. Türkiye bir yandan sebze-meyve, fındık, kuru meyve ve işlenmiş gıda ürünlerinde güçlü bir ihracat kapasitesine sahipken diğer yandan buğday, mısır, arpa, soya fasulyesi ve ayçiçeği gibi stratejik ürünlerde ithalata bağımlı bir yapı sergilemektedir. Bu durum ülkenin küresel fiyat şoklarına karşı “sektörel kırılabilirlik” yaşamasına neden olmaktadır. TÜİK verileri gıda fiyatlarının tüketici fiyat endeksi içindeki yüksek ağırlığı nedeniyle küresel gıda fiyatlarındaki artışların doğrudan iç enflasyona yansıdığını göstermektedir. Bu etki özellikle düşük ve orta gelirli hanhalklarında refah kaybını daha belirgin hale getirmektedir (World Bank, 2023).

Bunun yanında küresel gıda krizlerinin makroekonomik etkileri de oldukça önemlidir. Gıda enflasyonu birçok ülkede toplam enflasyonun ana belirleyicilerinden biri haline gelmiş bu durum para politikasının etkinliğini sınırlamıştır. IMF (2023) verileri, gelişmekte olan ekonomilerde gıda fiyat şoklarının toplam enflasyonun önemli bir bölümünü oluşturduğunu ve enflasyonun kalıcılığını artırdığını göstermektedir. Türkiye de bu eğilimin belirgin şekilde gözlemlendiği ülkeler arasında yer almaktadır.

Ayrıca krizlerin yalnızca ekonomik değil aynı zamanda sosyal ve politik etkiler doğurduğu da görülmektedir. Gıda fiyatlarındaki artışlar özellikle düşük gelir gruplarında satın alma gücünü azaltmakta, gelir dağılımı eşitsizliğini derinleştirmekte ve sosyal refah üzerinde baskı oluşturmaktadır. Bu durum gıda güvenliğini yalnızca ekonomik bir konu olmaktan çıkararak sosyal istikrarın da temel belirleyicilerinden biri haline getirmektedir.

Sonuç olarak tarım ticareti günümüzde yalnızca ekonomik bir faaliyet alanı değil; aynı zamanda enerji güvenliği, iklim değişikliği, jeopolitik istikrar ve ulusal güvenlik ile doğrudan ilişkili stratejik bir alan haline gelmiştir. Küresel gıda krizleri bu çok katmanlı yapıyı daha görünür hale getirmekte ve ülkeleri daha bütüncül politikalar geliştirmeye zorlamaktadır.

Bu çalışma kapsamında elde edilen bulgular doğrultusunda geliştirilen politika önerileri; tarım ticaretinde dayanıklılığın artırılmasına odaklanmaktadır. İlk olarak stratejik tarım ürünlerinde yerli üretim kapasitesinin artırılması ve üretim planlamasının güçlendirilmesi gerekmektedir. Buğday, mısır, arpa ve yağlı tohumlar gibi ürünlerde arz güvenliğini artıracak politikalar, dış şoklara karşı kırılabilirliği azaltacaktır.

İkinci olarak tarımsal üretimde girdi bağımlılığının azaltılması kritik öneme sahiptir. Gübre, enerji ve yem gibi temel girdilerde dışa bağımlılığın yüksek olması üretim maliyetlerini doğrudan artırmaktadır. Bu nedenle yerli gübre üretimi, yenilenebilir enerji kullanımı ve su verimliliği yatırımları stratejik öncelik haline getirilmelidir.

Üçüncü olarak lojistik ve tedarik zinciri altyapısının güçlendirilmesi gerekmektedir. Pandemi ve savaş dönemlerinde ortaya çıkan taşıma maliyetleri ve liman tıkanıklıkları gıda arzının sürekliliğini olumsuz etkilemiştir. Bu nedenle alternatif ticaret rotalarının geliştirilmesi, depolama kapasitesinin artırılması ve lojistik ağların çeşitlendirilmesi önem arz etmektedir.

Dördüncü olarak gıda güvenliği politikalarının uluslararası iş birliği çerçevesinde ele alınması gerekmektedir. İhracat kısıtlamalarının azaltılması, veri paylaşım mekanizmalarının güçlendirilmesi ve çok taraflı ticaret sisteminin desteklenmesi küresel gıda istikrarına katkı sağlayacaktır.

Son olarak, iklim değişikliğiyle mücadele ve sürdürülebilir tarım uygulamalarının yaygınlaştırılması uzun vadeli gıda güvenliği açısından temel bir zorunluluktur. Su yönetimi, toprak koruma, dijital tarım uygulamaları ve düşük karbonlu üretim modelleri bu kapsamda öncelikli alanlar olarak öne çıkmaktadır. Genel olarak değerlendirildiğinde küresel gıda krizlerine karşı dayanıklı bir tarım ticareti yapısının oluşturulması; ekonomik, çevresel ve jeopolitik boyutların birlikte ele alındığı bütüncül bir politika yaklaşımını zorunlu kılmaktadır.

KAYNAKÇA

- Food and Agriculture Organization. (1996). *Rome declaration on world food security and world food summit plan of action*. FAO. (<https://www.fao.org/4/w3613e/w3613e00.htm> Erişim tarihi: 18.03.2026)
- Food and Agriculture Organization. (2022). *The importance of Ukraine and the Russian Federation for global agricultural markets and the risks associated with the war in Ukraine*. FAO. (<https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/bd0267ca-75a6-44d6-a387-7eb6b150630d/content> Erişim tarihi: 29.03.2026)
- Food and Agriculture Organization. (2023). *The state of food security and nutrition in the world 2023*. FAO. (<https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/1f66b67b-1e45-45d1-b003-86162fd35dab/content> Erişim tarihi: 07.03.2026)
- Headey, D., & Fan, S. (2008). *Anatomy of a crisis: The causes and consequences of surging food prices. Agricultural Economics*, (<https://cgspace.cgiar.org/server/api/core/bitstreams/2aec46e9-6bd7-440c-b82c-e2f7231107d9/content> Erişim tarihi: 08.03.2026)
- Intergovernmental Panel on Climate Change. (2022). *Climate change 2022: Impacts, adaptation and vulnerability*. Cambridge University Press. (<https://www.cambridge.org/core/books/climate-change-2022-impacts-adaptation-and-vulnerability/161F238F406D530891AAAE1FC76651BD> Erişim tarihi: 22.03.2026)
- International Energy Agency. (2022). *World energy outlook 2022*. IEA. (<https://www.iea.org/reports/world-energy-outlook-2022> Erişim tarihi: 07.04.2026)
- International Monetary Fund. (2023). *World economic outlook: Inflation and disinflation*. IMF. ([https://www.google.com/search?q=International+Monetary+Fund+\(IMF\).+\(2023\).+World+economic+outlook+2023%3A+A+rocky+recovery.+IMF.&rlz=1C1GCEU_trTR1172TR1172&oq=International+Monetary+Fund+\(IMF\).+\(2023\).+World+economic+outlook+2023%3A+A+rocky+recovery.+IMF.&gs_lcrp=EgZjaHJvbWUyBggAEEUYOdIBCTg4MDdqMGoxNagCCLA CAfEF4_FWFks562LxBePxVhZLOeti8QXj8VYWSznrYvEF4_FWFks562I&sourceid=chrome&ie=UTF-8](https://www.google.com/search?q=International+Monetary+Fund+(IMF).+(2023).+World+economic+outlook+2023%3A+A+rocky+recovery.+IMF.&rlz=1C1GCEU_trTR1172TR1172&oq=International+Monetary+Fund+(IMF).+(2023).+World+economic+outlook+2023%3A+A+rocky+recovery.+IMF.&gs_lcrp=EgZjaHJvbWUyBggAEEUYOdIBCTg4MDdqMGoxNagCCLA CAfEF4_FWFks562LxBePxVhZLOeti8QXj8VYWSznrYvEF4_FWFks562I&sourceid=chrome&ie=UTF-8) Erişim tarihi: 09.04.2026)
- Laborde, D., Martin, W., & Vos, R. (2020). *Poverty and food insecurity could grow dramatically as COVID-19 spreads*. International Food Policy Research Institute (IFPRI). (https://www.researchgate.net/publication/343267777_Poverty_and_food_insecurity_could_grow_dramatically_as_COVID-19_spreads Erişim tarihi: 11.03.2026)
- OECD. (2021). *COVID-19 and the food and agriculture sector: Issues and policy responses*. OECD Publishing. (https://www.oecd.org/content/dam/oecd/en/publications/reports/2020/04/covid-19-and-the-food-and-agriculture-sector-issues-and-policy-responses_02cb65e9/a23f764b-en.pdf Erişim tarihi: 27.03.2026)
- OECD. (2022). *Digital opportunities for better agricultural policies*. OECD Publishing. (<https://www.oecd.org/> Erişim tarihi: 15.04.2026)
- (OECD). (2021). *Making better policies for food systems*. OECD Publishing. (https://www.oecd.org/content/dam/oecd/en/publications/reports/2021/01/making-better-policies-for-food-systems_0fd8c682/ddfba4de-en.pdf Erişim tarihi: 27.03.2026)
- Sen, A. (1981). *Poverty and famines: An essay on entitlement and deprivation*. Oxford University Press. (<http://164.52.217.92:8080/jspui/bitstream/123456789/1774/1/AMARTYA%20SEN%20Poverty%20and%20Famines%20An%20Essay%20on%20Entitlement%20-%20ILO%20%28%20PDFDrive.com%20%29.pdf> Erişim tarihi: 17.03.2026)
- Türkiye İstatistik Kurumu. (2024). *Tüketici fiyat endeksi verileri*. (<https://www.tuik.gov.tr> Erişim tarihi: 17.03.2026)
- United Nations. (2022). *Global impact of war in Ukraine on food, energy and finance systems*. United Nations. (<https://news.un.org/pages/wp-content/uploads/2022/04/UN-GCRG-Brief-1.pdf> Erişim tarihi: 14.03.2026)
- United Nations Conference on Trade and Development. (2022). *Review of maritime transport 2022*. UNCTAD. (https://unctad.org/system/files/official-document/rmt2022_en.pdf Erişim tarihi: 27.03.2026)

- United Nations Conference on Trade and Development. (2023). *Trade and development report update: Global trends and regionalization*. UNCTAD. (https://unctad.org/system/files/official-document/gdsinf2023d1_en.pdf Erişim tarihi: 15.04.2026)
- World Bank. (2008). *Double jeopardy: Responding to high food and fuel prices*. World Bank. (<https://documents1.worldbank.org/curated/en/482021468176949829/pdf/449510REPLACEM0B0G80HL0summit0paper.pdf> Erişim tarihi: 08.03.2026)
- World Bank. (2021). *Food security and COVID-19*. World Bank Group. (<https://www.worldbank.org> Erişim tarihi: 20.03.2026)
- World Bank. (2022). *Food security update: The impact of the war in Ukraine on food markets*. World Bank Group. (<https://www.worldbank.org/en/programs/food-security-update> Erişim tarihi: 09.04.2026)
- World Bank. (2023). *Food security update*. World Bank Group. (<https://www.worldbank.org/en/topic/agriculture/brief/food-security-update> Erişim tarihi: 18.03.2026)
- World Trade Organization. (2022). *World trade report 2022: Climate change and international trade*. WTO. (https://www.wto.org/english/res_e/booksp_e/wtr22_e/wtr22_e.htm Erişim tarihi: 20.03.2026)

**THE IMPACT OF METHANE GAS RISK ON SEARCH AND RESCUE OPERATIONS IN
CONFINED SPACES SUCH AS CAVES AND SHELTERS: A CBRN PERSPECTIVE**

*MAĞARA VE SIĞINAK GİBİ KAPALI ALANLARDA METAN GAZI RİSKİNİN ARAMA KURTARMA
FAALİYETLERİNE KBRN PERSPEKTİFİNDEN ETKİSİ*

Samet ŞENCAN

Iskenderun Technical University, Graduate School of Education, Department of CBRN, Hatay, Türkiye
ORCID: 0009-0000-3245-0266

Prof. Dr. Abdullah ÖZKAN

Iskenderun Technical University, Graduate School of Education, Department of CBRN, Hatay, Türkiye
ORCID: 0000-0002-6799-2396

ABSTRACT

Search and rescue and security operations in confined spaces such as caves, shelters, and tunnels face environmental gas risks due to limited ventilation and poor air circulation. Methane (CH₄) constitutes an invisible threat in these environments; its asphyxiating effect and explosive mixture potential between approximately 5% and 15% in air must be assessed jointly. This study presents a qualitative literature review that evaluates methane gas risk not solely within industrial occupational health and safety, but from a Chemical, Biological, Radiological, and Nuclear (CBRN) perspective in relation to search and rescue activities. The physical and chemical properties of methane, accumulation dynamics in confined spaces, detection approaches, multi-gas risks, and a risk-based decision and management framework are examined systematically. Findings indicate that methane risk should be managed through awareness, early detection, dynamic risk assessment, and holistic management in addition to technical measures. The study does not include experimental field data and offers a conceptual and analytical framework.

Keywords: Methane gas, CBRN, confined space safety, search and rescue, risk management

ÖZET

Kapalı alanlarda (mağara, sığınak, tünel vb.) yürütülen arama kurtarma ve güvenlik faaliyetleri, sınırlı havalandırma ve düşük hava sirkülasyonu nedeniyle çevresel gaz riskleriyle karşı karşıya kalmaktadır. Metan (CH₄), renksiz ve kokusuz yapısıyla bu ortamlarda görünmez bir tehdit oluşturmakta; boğucu (asfiksian) etki ile %5-%15 aralığındaki patlayıcı karışım potansiyeli bir arada değerlendirilmeyi gerektirmektedir. Bu çalışma, metan gazı riskini yalnızca endüstriyel iş sağlığı ve güvenliği bağlamında değil, arama kurtarma faaliyetleri açısından Kimyasal, Biyolojik, Radyolojik ve Nükleer (KBRN) perspektifiyle ele alan nitel bir literatür değerlendirmesidir. Metanın fizikokimyasal özellikleri, kapalı alanlardaki birikim dinamikleri, tespit yaklaşımları, çoklu gaz riskleri ve risk temelli karar-yönetim çerçevesi sistematik biçimde incelenmiştir. Bulgular, metan riskinin teknik önlemlerin yanı sıra farkındalık, erken tespit, dinamik risk değerlendirmesi ve bütüncül yönetim yaklaşımlarıyla ele alınması gerektiğini göstermektedir. Çalışma deneysel saha verisi içermemekte; kavramsal ve analitik bir çerçeve sunmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Metan gazı, KBRN, kapalı alan güvenliği, arama kurtarma, risk yönetimi

GİRİŞ

Hibrit askerî ve acil müdahale ortamlarında yer altı yapıları—mağaralar, sığınaklar, tüneller ve benzeri kapalı alanlar—operasyonel ve stratejik açıdan giderek daha belirgin bir cephe haline gelmektedir (Mills, 2019; South, 2019a; US Army, 2019). Türkiye'nin coğrafi yapısı ve sınır ötesi operasyon deneyimi, bu tür ortamlarda karşılaşılan fark edilmesi güç çevresel tehditlerin önemini artırmaktadır. Kapalı alanlarda biriken metan gazı, klasik tehdit unsurlarının dışında kalan ancak operasyon başarısını ve personel güvenliğini doğrudan etkileyebilen bir çevresel faktördür. Mevcut literatürün büyük bölümü metanı endüstriyel süreçler, enerji sistemleri ve madencilik çerçevesinde ele alırken; mağara ve sığınak gibi doğal veya yarı kapalı alanlarda arama kurtarma bağlamında KBRN perspektifiyle değerlendirilen çalışmalar sınırlıdır. Bu bildiri, 01.06.2026 tarihli revize yüksek lisans tezinin temel bulgu ve çerçevesine dayanmaktadır; tezdeki kaynaklar dışına çıkılmamıştır.

Kapalı alanlarda metan; patlayıcı ve boğucu özellikleri, sınırlı hava değişimi ve ölçüm gerektiren görünmez karakteriyle çok katmanlı bir risk sistemi oluşturur (NIOSH, 2007). Çalışmanın amacı, metan riskinin doğasını ve değerlendirilmesine yönelik kavramsal–risk temelli bir çerçeveyi, operasyonel taktik rehberi niteliğinde olmaksızın sunmaktır. Bu çerçevede çalışma; kapalı alan gaz risklerine ilişkin farkındalık oluşturmaya, karar verme süreçlerini desteklemeyi ve personel güvenliğini önceleyen genel bir değerlendirme sunmayı hedeflemektedir.

KAVRAMSAL ÇERÇEVE

Metan Gazının Temel Özellikleri ve Kapalı Alan Davranışı

Metan, renksiz, kokusuz ve tatsız bir hidrokarbondur; doğal ve antropojenik kaynaklardan kapalı ortamlarda birikebilir (Wang ve diğerleri, 2019; Liu ve diğerleri, 2023; Agerton ve diğerleri, 2023). Sınırlı hava dolaşımına sahip yer altı ortamlarında birikim boğucu etki yaratabilir ve belirli konsantrasyonlarda patlayıcı karışım oluşturabilir. Metan için alt patlama sınırı (LEL) yaklaşık %5, üst patlama sınırı (UEL) yaklaşık %15'tir; bu aralıkta kıvılcım veya elektriksel temas şiddetli patlamaya yol açabilir (Tomkins ve diğerleri, 2017). Atmosferik oksijen %20,9 civarındayken metan arttıkça oksijen oranı düşer; %19'un altında hayati risk, %16'nın altında bilinç kaybı ve ölüm riski bildirilmektedir (Foulds ve Gray, 1995). Metan aynı zamanda güçlü bir sera gazıdır; yer altı ortamlarında yalnızca jeolojik değil, organik maddenin anaerobik bozunması (metanojenez) ile de üretilir (Engedahl ve diğerleri, 2020; Inagaki ve diğerleri, 2004).

Kapalı Alanlarda Metan Birikimi ve Oluşum Dinamikleri

Kapalı ortamlarda metan üretimi biyogenik (mikrobiyal) ve termojenik (jeolojik) kaynaklara ayrılır; risk değerlendirmesi için kaynak tipinin belirlenmesi önemlidir (Kaplan, 1994; Laughrey ve Baldassare, 1998). Biyogenik metan, organik maddece zengin ve oksijensiz alanlarda metanojen mikroorganizmalar tarafından üretilir (Kleikemper ve diğerleri, 2005). İzotop analizleri ($\delta^{13}\text{C}$, δD) kaynak ayrımında kullanılır (Hackley ve diğerleri, 1999; Jenden ve diğerleri, 1988; Coleman ve diğerleri, 1995; James, 1983). Gazın gözenekli zemin ve kırık sistemler üzerinden migrasyonu, toplanma noktalarında tehlikeli konsantrasyonlara ulaşmasına neden olabilir (Lundegard ve diğerleri, 2000). Metan çoğu zaman karbondioksit (CO_2), hidrojen sülfür (H_2S) ve azot (N_2) ile birlikte bulunur; çoklu maruziyet riski artar (Khalil ve Rasmussen, 1983, 1990).

Kapalı Alanlarda Diğer Gaz Riskleri ve Tespit Yaklaşımları

Kapalı alanlarda metan yanında karbonmonoksit (CO) ve hidrojen sülfür (H_2S) gibi gazlar da patlayıcılık ve toksisite açısından kritiktir (NIOSH, 2007; Littlechild, 2020; US Army, 2019). Metan tespiti için çoklu gaz dedektörleri (CH_4 , O_2 , CO , H_2S), kızılötesi ve lazer spektroskopisi, iz gazı (tracer) yöntemleri ve biyosensör araştırmaları literatürde yer almaktadır (Chambers ve diğerleri, 2004; Mønster ve diğerleri, 2014; Scheutz ve diğerleri, 2009; Rosenzweig ve diğerleri, 1993; Chan ve diğerleri, 2004). Düşük oksijen, nem ve toz koşullarında kalibrasyon ve eğitimli personel kullanımı gereklidir (Pfahl ve diğerleri, 2000). Erken uyarı ve merkezi izleme, çöp depolama sahalarındaki uygulamalarda örnek teşkil etmektedir (Spokas ve diğerleri, 2006).

Kapalı Alan Risklerinin KBRN Perspektifinde Değerlendirilmesi

KBRN olaylarında tehdidin çoğu zaman doğrudan algılanamaması ve özel tespit sistemine ihtiyaç duyulması, metanın renksiz ve kokusuz yapısıyla benzer bir görünmez tehdit profili oluşturur. Maruziyet etkileri konsantrasyon, ortam koşulları ve personel farkındalığı ile ilişkilidir. Kapalı alanlarda metan riski çoğu zaman tek başına ortaya çıkmamakta; oksijen yetersizliği, karbonmonoksit, hidrojen sülfür ve diğer çevresel risklerle birlikte değerlendirilmektedir. Bu çoklu risk yapısı, KBRN risk yönetiminde benimsenen bütüncül yaklaşımın kapalı alan gaz risklerinin değerlendirilmesinde de yararlı olabileceğini göstermektedir.

Kapalı Alan Ortamlarında Risk Yönetimi ve Teknik Destek Sistemleri

Kapalı alanlar; fiziksel çökme riski, sınırlı hava kalitesi, psikolojik stres (klostrofobi, yön kaybı) ve teknik ekipman kısıtlarını bir arada barındıran karmaşık sistemlerdir (Hinchliffe, 2019; Rozman, 2019; Solescu, 2020). Mağara, tünel ve sığınaklar düzensiz geometri, sınırlı erişim ve değişken gaz dağılımı açısından ortak bir çerçevede ele alınabilir (US Army, 2019). Aydınlatma, termal görüntüleme, gaz ölçüm sistemleri, yer altı algılama (radar, sonar), robotik keşif ve haberleşme altyapısı risk yönetiminde tamamlayıcı unsurlardır (Mills, 2019; Solescu, 2020; Cox, 2018; Collins, 2019; Harper, 2019; Springer, 2015; Barak, 2018).

Kapalı alanlarda risk yönetimi; planlama, hazırlık, icra ve değerlendirme safhalarından oluşan bütüncül bir süreç gerektirir (US Army, 2019; Collins, 2019; South, 2019b). Planlama aşamasında ortam analizi, KBRN ve hava kalitesi sensörleri ile çoklu senaryo geliştirilmesi; hazırlık aşamasında personel ve ekipman kontrolü; icra aşamasında sürekli hava kalitesi değerlendirmesi; değerlendirme aşamasında ise olay sonrası öğrenme ve kurumsal bilgi birikimi öne çıkmaktadır.

Karar ve Yönetim Çerçevesi

Metan tespiti, doğrudan müdahale değil öncelikle risk değerlendirmesi gerektiren bir kırılma noktasıdır. Konsantrasyon, ortam geometrisi, havalandırma, oksijen seviyesi ve eş zamanlı gazlar birlikte ele alınmalıdır. LEL–UEL aralığı ile oksijen yer değiştirmesi, patlayıcı ve boğucu riskin birlikte değerlendirilmesini zorunlu kılar. Olay yeri güvenliği kapsamında alan izolasyonu ve giriş–çıkış kontrolü önceliklidir (U.S. Army Corps of Engineers, 2014). Metan tespitinde hava değişim oranı, alev geciktirici sistemler ve elektrikli ekipmanların durumu kritiktir (UK Health Security Agency, 2024; İnanır, 2017).

Gaz maruziyetinde tahliye; ölçüm, eşik belirleme, fiziksel–zamansal yayılım modeli ve tıbbi değerlendirmeyi içeren çok katmanlı bir süreçtir. ASTM E741-11 iz gazı ile tek bölge hava değişim oranının belirlenmesini standartlaştırır (ASTM International, 2011). Coburn ve arkadaşlarının (1965) karbon monoksit maruziyetinde karboksihemoglobin ölçümüne ilişkin biyobelirteç vurgusu, boğucu gaz senaryolarında karar desteğine uyarlanabilir niteliktedir. Havalandırma yöntemleri doğal, mekanik ve yer değiştirci (displacement) olarak sınıflandırılabilir; NFPA 12A halon sonrası havalandırma gereksinimleri bu süreçle ilişkilidir (National Fire Protection Association, 2012). Maruziyet sınırları için NIOSH Pocket Guide ve OSHA hava kirleticileri referans alınabilir (NIOSH, 2007; Occupational Safety and Health Administration, 1998). Metan %30'un üzerinde konsantrasyonda oksijenin yerini alarak hipoksiye yol açabilir; bilinç kaybı yönetiminde oksijen takviyesi ve güvenli tahliye önceliklidir (Legters ve diğerleri, 1980; Walter Reed Army Institute of Research, 1989; Chief Preventive and Military Medicine Consultants Division, 1987).

YÖNTEM

Bu çalışma, kapalı alanlarda ortaya çıkabilecek metan gazı risklerini KBRN perspektifi çerçevesinde değerlendirmeyi amaçlayan nitel bir araştırma niteliğindedir. Araştırma sürecinde kapalı alan güvenliği, metanın fiziksel ve kimyasal özellikleri, gaz kaynaklı riskler, iş sağlığı ve güvenliği uygulamaları ile KBRN risk yönetimi konularına ilişkin literatür incelenmiştir. Çalışmada deneysel uygulama veya saha çalışması yerine, mevcut bilimsel bilgi ve açık kaynak veriler üzerinden kavramsal ve analitik bir değerlendirme yaklaşımı benimsenmiştir.

Veri toplama sürecinde açık kaynak akademik yayınlar, bilimsel makaleler, teknik raporlar, kurumsal yayınlar ve ulusal–uluslararası standartlardan yararlanılmıştır. Elde edilen veriler risk değerlendirme yaklaşımı çerçevesinde analiz edilmiş; kapalı alanlarda oluşabilecek metan gazı riskleri gazın oluşum kaynakları, ortam içerisindeki davranışı, tespit süreçleri, insan sağlığı üzerindeki etkileri ve operasyonel çevre üzerindeki olası sonuçları bakımından değerlendirilmiştir. Çalışmada herhangi bir saha uygulaması, deneysel ölçüm veya operasyonel test gerçekleştirilmemiştir. Güvenlik hassasiyeti nedeniyle sahaya özgü taktik detaylar bilinçli olarak kapsam dışında bırakılmıştır.

SONUÇ VE TARTIŞMA

Bu çalışmada, kapalı alanlarda metan gazı riskinin yalnızca teknik bir problem olmadığı, aynı zamanda kapsamlı ve dinamik bir risk sistemi oluşturduğu ortaya konulmuştur. Metan gazının renksiz ve kokusuz

yapısı, kapalı ortamlarda fark edilmeden birikmesine neden olmakta ve riskin görünmez bir karakter kazanmasına yol açmaktadır. Metan gazının oluşturduğu tehlikenin oksijen yer değiştirme etkisine bağlı asfiksi riski ile belirli konsantrasyon aralıklarındaki patlayıcılık riski aynı ortamda eş zamanlı bulunabilmektedir. Metanın homojen dağılmaması, ortam içerisinde öngörülemeyen risk bölgeleri oluşmasına neden olmaktadır.

Kapalı alan riskleri; ortamın fiziksel yapısı (düzensizlik, dar alanlar, sınırlı erişim), çevresel koşullar (hava sirkülasyonu, nem, sıcaklık) ve gaz kaynaklı risklerin (metan başta olmak üzere) etkileşimiyle şekillenmektedir. Bu yapı, kapalı alan risklerinin yalnızca teknik ölçümlerle değil, risk farkındalığı ve karar verme süreçleriyle birlikte değerlendirilmesi gerektiğini göstermektedir. KBRN perspektifinin katkısı, metanı konvansiyonel düşman tehdidinden ayrı bir görünmez çevresel tehdit olarak konumlandırması; erken tespit, çoklu sensör, bütüncül risk yönetimi ve karar verme disiplini boyutlarını bir arada ele almasıdır.

Literatürdeki teknik-mühendislik odaklı çalışmalar (Han ve diğerleri, 2016; Galvita ve Bos, 2023; Zhang ve diğerleri, 2024) katalitik dönüşüm ve emisyon azaltımına yönelirken; arama kurtarma ve kapalı alan operasyonlarında öncelik fiziksel tehlike, personel korunması ve ortam stabilizasyonudur (Arutyunov, 2014). Türkiye'ye özgü saha verilerinin sınırlı olması, bulguların kavramsal düzeyde kalmasına yol açmaktadır. Buna karşılık açık kaynak ve operasyonel deneyimler, kapalı alanlarda metan riskinin göz ardı edilmemesi gerektiğini desteklemektedir.

Çalışmanın özgün katkısı, metan gazı riskini yalnızca endüstriyel güvenlik kapsamında değil, mağara ve sığınak gibi kapalı alanlarda yürütülen faaliyetler açısından KBRN perspektifiyle ele almasıdır. Gelecekte yapılacak çalışmaların; risk değerlendirme modelleri, karar destek sistemleri, sensör tabanlı izleme teknolojileri ve simülasyon temelli analizlere yönelmesi önem taşımaktadır. Farklı kapalı alan tiplerinde gerçekleştirilecek saha çalışmaları, mevcut literatürün geliştirilmesine katkıda bulunabilir. Sonuç olarak kapalı alanlarda metan gazı riski, farklı değişkenlerin etkileşimiyle şekillenen karmaşık bir güvenlik problemi olarak değerlendirilmeli; etkin yönetimi teknik bilgi ile analitik düşünme, sistematik risk değerlendirmesi ve bütüncül bir yönetim yaklaşımını gerektirmektedir.

KAYNAKLAR

- Agerton, M., Gilbert, B., ve Upton, G. B. (2023). The economics of natural gas flaring and methane emissions in US shale: An agenda for research and policy. *Review of Environmental Economics and Policy*, 17(2), 251–273. <https://doi.org/10.1086/725004>
- Arutyunov, V. (2014). *Direct Methane to Methanol: Foundations and Prospects of the Process*. Elsevier. <https://doi.org/10.1016/C2012-0-06330-2>
- ASTM International. (2011, September 1). ASTM E741-11: Standard test method for determining air change in a single zone by means of a tracer gas dilution.
- Barak, D. R. (2018). *Underground warfare*. New York: Oxford University Press.
- Chan, S. I., Chen, K. H. C., Yu, S. S. F., Chen, C. L., ve Kuo, S. S. J. (2004). Toward delineating the structure and function of the particulate methane monooxygenase from methanotrophic bacteria. *Biochemistry*, 43(15), 4421–4430. <https://doi.org/10.1021/bi0497603>
- Chambers, P., Austin, E. A. D., ve Dakin, J. P. (2004). Theoretical analysis of a methane gas detection system, using the complementary source modulation method of correlation spectroscopy. *Measurement Science and Technology*, 15(8), 1629–1636. <https://doi.org/10.1088/0957-0233/15/8/010>
- Chief Preventive and Military Medicine Consultants Division. (1987, February 20). Memorandum: Fire survivability parameters for combat vehicle crewman.
- Coburn, R. F., Forster, R. E., ve Kane, P. G. (1965). Considerations for the physiological variables that determine the blood carboxyhemoglobin concentration in man. *Journal of Clinical Investigation*, 44, 1899–1910.
- Coleman, D. D., Liu, C. L., Hackley, K. C., ve Pelphrey, S. R. (1995). Isotopic identification of landfill methane. *Environmental Geoscience*, 2, 95–103.
- Collins, L. (2019, August 20). Facing our underground nightmares: Casting light on the subterranean fight. Association of the United States Army (AUSA). Erişim adresi <https://www.ausea.org/articles/facing-our-underground-nightmares-casting-light-subterranean-fight>

- Cox, M. (2018, June 24). Army is spending half a billion to train soldiers to fight underground. Military.com. Erişim adresi <https://www.military.com/daily-news/2018/06/24/army-spending-half-billion-train-troops-fight-underground.html>
- Engedahl, U., Arvidsson, A. A., Grönbeck, H., ve Hellman, A. (2020). Reaction mechanism for methane-to-methanol in Cu-SSZ-13: First-principles study of the Z2[Cu2O] and Z2[Cu2OH] motifs. *Catalysts*, 11(1), 17. <https://doi.org/10.3390/catal11010017>
- Foulds, G. A., ve Gray, B. F. (1995). Homogeneous gas-phase partial oxidation of methane to methanol and formaldehyde. *Fuel Processing Technology*, 42(2–3), 129–150. [https://doi.org/10.1016/0378-3820\(94\)00122-A](https://doi.org/10.1016/0378-3820(94)00122-A)
- Galvita, V., ve Bos, R. (2023). Methane conversion routes: Status and prospects (Vol. 76). Royal Society of Chemistry. <https://doi.org/10.1039/9781839160257>
- Hackley, K. C., Liu, C. L., ve Trainor, D. (1999). Isotopic identification of the source of methane in subsurface sediments of an area surrounded by waste disposal facilities. *Applied Geochemistry*, 14, 119–131.
- Han, B., Zhang, X., Wang, Z., Chen, K., ve Fan, W. (2016). A review of the direct oxidation of methane to methanol. *Chinese Journal of Catalysis*, 37(8), 1206–1215. [https://doi.org/10.1016/S1872-2067\(15\)61097-X](https://doi.org/10.1016/S1872-2067(15)61097-X)
- Harper, J. (2019, July 29). What lies beneath: Inside DARPA's subterranean challenge. *National Defense Magazine*. Erişim adresi <https://www.nationaldefensemagazine.org/articles/2019/7/29/darpa-subterranean-challenge>
- Hinchliffe, T. (2019). Subterranean wartime blues: DARPA preps for battle underground. *The Sociable*. Erişim adresi <https://sociable.co/technology/subterranean-wartime-darpa-battle-underground/>
- Inagaki, F., Tsunogai, U., Suzuki, M., Kosaka, A., Machiyama, J., Takai, K., ... ve Horikoshi, K. (2004). Characterization of C1-metabolizing prokaryotic communities in methane seep habitats at the Kuroshima Knoll, southern Ryukyu Arc, by analyzing pmoA, mmoX, mxaP, mcrA, and 16S rRNA genes. *Applied and Environmental Microbiology*, 70, 7445–7455.
- İnanır, M. (2017). Patlayıcı emniyeti ve patlayıcı risk yönetimi uygulamalarının araştırılması. *HEYS 2017 Sempozyumu*, 231–253.
- James, A. T. (1983). Correlation of natural gas by use of carbon isotopic distribution between hydrocarbon components. *AAPG Bulletin*, 67, 1176–1191.
- Jenden, P. D., Newell, K. D., Kaplan, I. R., ve Watney, W. L. (1988). Composition and stable isotope geochemistry of natural gases from Kansas, Midcontinent, USA. *Chemical Geology*, 71, 117–147.
- Kaplan, I. R. (1994). Identification of formation process and source of biogenic gas seeps. *Israel Journal of Earth Sciences*, 43, 297–308.
- Khalil, M. A. K., ve Rasmussen, R. A. (1983). Sources, sinks, and seasonal cycles of atmospheric methane. *Journal of Geophysical Research*, 88, 5131–5144.
- Khalil, M. A. K., ve Rasmussen, R. A. (1990). Atmospheric methane: Recent global trends. *Environmental Science ve Technology*, 24, 549–553.
- Kleikemper, J., Pombo, S. A., Schroth, M. H., Sigler, W. V., Pesaro, M., ve Zeyer, J. (2005). Activity and diversity of methanogens in a petroleum hydrocarbon-contaminated aquifer. *Applied and Environmental Microbiology*, 71, 149–158.
- Laughrey, C. D., ve Baldassare, F. J. (1998). Geochemistry and origin of some natural gases in the Plateau province, central Appalachian Basin, Pennsylvania and Ohio. *AAPG Bulletin*, 82, 317–335.
- Legters, L., Morton, J. D., Nightingale, I. E., ve Normandy, M. J. (1980, June 5). Biological effects of short, high-level exposure to gases: Ammonia, carbon monoxide, sulfur dioxide, and nitrogen oxide.
- Littlechild, M. R. (2020). Going underground – A subterranean capability for the CAF. *Canadian Forces College Service Paper*.
- Liu, S., Xue, M., Cui, X., ve Peng, W. (2023). A review on the methane emission detection during offshore natural gas hydrate production. *Frontiers in Energy Research*, 11, 1130810. <https://doi.org/10.3389/fenrg.2023.1130810>

- Lundegard, P. D., Sweeney, R. E., ve Ririe, G. T. (2000). Soil gas methane at petroleum-contaminated sites: Forensic determination of origin and source. *Environmental Forensics*, 1, 3–10.
- Mills, W. (2019, March 19). The elephant in the tunnel: Preparing to fight and win underground. Modern War Institute. Erişim adresi <https://mwi.usma.edu/elephant-tunnel-preparing-fight-win-underground/>
- Mønster, J. G., Samuelsson, J., Kjeldsen, P., Rella, C. W., ve Scheutz, C. (2014). Quantifying methane emission from fugitive sources by combining tracer release and downwind measurements – A sensitivity analysis based on multiple field surveys. *Waste Management*, 34(8), 1416–1428. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2014.04.018>
- National Fire Protection Association. (2012). NFPA 12A: Standard on Halon 1301 fire extinguishing systems.
- National Institute for Occupational Safety and Health. (2007, September). NIOSH pocket guide to chemical hazards (DHHS Publication No. 2005-149). U.S. Department of Health and Human Services.
- Occupational Safety and Health Administration. (1998, July 1). Air contaminants: Final rule. In Code of Federal Regulations (Title 29, Subpart Z, Part 1910.1000).
- Pfahl, U., Ross, M., Shepherd, J., Pasamehmetoglu, K., ve Unal, C. (2000). Flammability limits, ignition energy, and flame speeds in H_2 - CH_4 - NH_3 - N_2O - O_2 - N_2 mixtures. *Combustion and Flame*, 123(1–2), 140–158. [https://doi.org/10.1016/S0010-2180\(00\)00158-3](https://doi.org/10.1016/S0010-2180(00)00158-3)
- Rosenzweig, A. C., Frederick, C. A., Lippard, S. J., ve Nordlund, P. (1993). Crystal structure of a bacterial non-haem iron hydroxylase that catalyses the biological oxidation of methane. *Nature*, 366(6455), 537–543. <https://doi.org/10.1038/366537a0>
- Rozman, J. (2019, July 3). The army is preparing to go underground. RealClearDefense. Erişim adresi https://www.realcleardefense.com/articles/2019/07/03/the_army_is_preparing_to_go_underground_114555.html
- Scheutz, C., Kjeldsen, P., Bogner, J. E., De Visscher, A., Gebert, J., Hilger, H. A., ... ve Spokas, K. (2009). Microbial methane oxidation processes and technologies for mitigation of landfill gas emissions. *Waste Management ve Research*, 27(5), 409–455. <https://doi.org/10.1177/0734242X09339325>
- Solescu, D. (2020). Considerations concerning fighting actions in the subterranean environment. *International Conference – Knowledge-Based Organization*, 26(1), 136–142.
- South, T. (2019a, February 26). The subterranean battlefield: Warfare is going underground, into dark, tight spaces. *Military Times*. Erişim adresi <https://www.militarytimes.com/news/your-army/2019/02/26/the-subterranean-battlefield-warfare-is-going-underground-into-dark-tight-spaces/>
- South, T. (2019b, June 3). Here's how the Marine Corps is dealing with the looming underground combat threat. *Marine Corps Times*. Erişim adresi <https://www.marinecorpstimes.com/news/your-marine-corps/2019/06/03/heres-how-the-marine-corps-is-dealing-with-the-looming-underground-combat-threat/>
- Spokas, K., Bogner, J., Chanton, J. P., Morcet, M., Aran, C., Graff, C., ... ve Hebe, I. (2006). Methane mass balance at three landfill sites: What is the efficiency of capture by gas collection systems? *Waste Management*, 26(5), 516–525. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2005.07.021>
- Springer, P. J. (2015, April 23). Fighting under the earth: The history of tunneling in warfare. Foreign Policy Research Institute (FPRI). Erişim adresi <http://www.fpri.org/article/2015/04/fighting-under-the-earth-the-history-of-tunneling-in-warfare/>
- Tomkins, P., Ranocchiari, M., ve Van Bokhoven, J. A. (2017). Direct conversion of methane to methanol under mild conditions over Cu-zeolites and beyond. *Accounts of Chemical Research*, 50(2), 418–425. <https://doi.org/10.1021/acs.accounts.6b00534>
- U.S. Army Corps of Engineers. (2014). EM 385-1-1: Safety and health requirements manual. Department of the Army.
- UK Health Security Agency. (2024, October). Incident management: Methane (Full document update: October 2024). UKHSA Radiation, Chemicals, Climate and Environmental Hazards Directorate. Erişim adresi

- https://assets.publishing.service.gov.uk/media/671fbcc4ae0462c448fc40d1/UKHSA_Incident_Management_Methane_.pdf
- US Army. (2019). ATP 3-21.51 Subterranean operations. Washington DC: Headquarters, Department of the Army.
- Walter Reed Army Institute of Research. (1989, September). Medical evaluation of non-fragment injury effects in armored vehicle live fire tests: Instrumentation requirements and injury criteria.
- Wang, K., Zhang, J., Cai, B., ve Yu, S. (2019). Emission factors of fugitive methane from underground coal mines in China: Estimation and uncertainty. *Applied Energy*, 250, 273–282. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2019.05.024>
- Zhang, H., Li, J., Wang, D., Wang, Y., ve Xiong, H. (2024). A review on the active sites for direct oxidation of methane to methanol by copper-zeolites: Coordination structure, formation and activity. *Coordination Chemistry Reviews*, 503, 215637. <https://doi.org/10.1016/j.ccr.2023.215637>

**MİMARLIK DİSİPLİNİNİN STEAM MODELİNDEKİ YERİ VE UZAMSAL AKIL
YÜRÜTME BECERİSİNE KATKISI**
*THE PLACE OF THE ARCHITECTURE DISCIPLINE IN THE STEAM MODEL AND ITS
CONTRIBUTION TO SPATIAL REASONING SKILLS*

Osman KÖKTEPE

Bursa Uludağ Üniversitesi, Eğitim Bilimleri Enstitüsü.
ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0008-3628-2296>

Melisa KUMLU

Bursa Uludağ Üniversitesi, Eğitim Bilimleri Enstitüsü.
ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0008-8165-0705>

Doç. Dr. Tuğçe KOZAKLI ÜLGER

Bursa Uludağ Üniversitesi, Eğitim Fakültesi.
ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-8413-8290>

Prof. Dr. Gül KALELİ YILMAZ

Bursa Uludağ Üniversitesi, Eğitim Fakültesi.
ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-8567-3639>

Prof. Dr. Menekşe Seden TAPAN BROUTIN

Bursa Uludağ Üniversitesi, Eğitim Fakültesi.
ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-1860-852X>

ÖZET

Uzamsal akıl yürütme becerisi, bireylerin günlük yaşamlarında karşılaştıkları problemlerin çözümünde ve matematik öğrenme süreçlerinde önemli rol oynayan temel bilişsel becerilerden biridir. Bu beceri, özellikle mekânsal ilişkilerin yorumlanmasını ve üç boyutlu düşünmeyi gerektiren mimarlık mesleğinin temel yetkinlikleri arasında yer almaktadır. STEAM yaklaşımında disiplinler arası etkileşim ön planda tutulmakta ve bu disiplinlerin bütünlük içinde ele alınmasının öğrencilerin üst düzey düşünme becerilerini geliştirdiği kabul edilmektedir. Bununla birlikte, mimarlık disiplininin STEAM yaklaşımı içerisindeki konumu ve uzamsal akıl yürütme becerisinin geliştirilmesine sağlayabileceği katkılar yeterince açıklığa kavuşturulmuş değildir. Bu doğrultuda araştırmada, mimarlık disiplininin STEAM yaklaşımındaki yerinin ve uzamsal akıl yürütme becerisine olan katkısının mimarların görüşleri doğrultusunda incelenmesi amaçlanmıştır. Araştırma, nitel araştırma yöntemlerinden durum çalışması desenine göre yürütülmüştür. Çalışma grubunu, uzmanlık alanları, mesleki deneyimleri ve görev pozisyonları bakımından farklılık gösteren dört mimar oluşturmaktadır. Katılımcıların belirlenmesinde amaçlı örnekleme yöntemlerinden maksimum çeşitlilik örnekleme kullanılmıştır. Araştırma verileri yarı yapılandırılmış görüşmeler aracılığıyla toplanmış, elde edilen veriler ise içerik analizi yöntemiyle çözümlenmiştir. Verilerin analizi sonucunda mimarların, mimarlığı STEAM yaklaşımında farklı disiplinleri bir araya getiren bütünleştirici bir alan olarak değerlendirdikleri görülmüştür. Katılımcılar, mimarlığın sanat ve mühendislik boyutlarını dengeli biçimde bir araya getiren yapısının, STEAM yaklaşımının disiplinler arası doğasıyla örtüştüğünü vurgulamışlardır. Bununla birlikte, mimarlık disiplininin soyut kavramları somutlaştırma, geometrik düşünmeyi destekleme ve mekânsal ilişkilerin anlaşılmasını kolaylaştırma özellikleri sayesinde uzamsal akıl yürütme becerisinin gelişimine önemli katkılar sağladığını ifade etmişlerdir. Ayrıca katılımcılar, uzamsal akıl yürütme becerisinin yalnızca bireysel yetkinlikle açıklanamayacağını, uygun öğrenme ortamları ve deneyimler aracılığıyla geliştirilebileceğini belirtmişlerdir. Bu görüşler doğrultusunda mimarlar, erken yaşlardan itibaren mimarlık temelli uygulamalara eğitim programlarında yer verilmesini önermiştir. Özellikle tasarım süreçleri, model oluşturma çalışmaları ve kodlama temelli etkinliklerin öğrencilerin uzamsal düşünme becerilerini destekleyebileceği ifade edilmiştir. Benzer şekilde mevcut öğretim programlarında maket

yapımı, üç boyutlu modelleme etkinlikleri ve Minecraft benzeri dijital ortamların kullanımının da bu becerilerin gelişimine katkı sağlayabileceği vurgulanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Uzamsal Akıl Yürütme, STEAM, Matematik Eğitimi, Mimarlık Disiplini.

ABSTRACT

Spatial reasoning is one of the fundamental cognitive skills that plays an important role in solving problems individuals encounter in daily life and in mathematics learning processes. This skill is among the core competencies of the architecture profession, which specifically requires the interpretation of spatial relationships and three-dimensional thinking. In the STEAM approach, interdisciplinary interaction is prioritized, and it is acknowledged that addressing these disciplines in an integrated manner develops students' higher-order thinking skills. However, the position of the architecture discipline within the STEAM approach and the contributions it can provide to the development of spatial reasoning skills have not been sufficiently clarified. Accordingly, this research aimed to examine the place of the architecture discipline in the STEAM approach and its contribution to spatial reasoning skills in line with the opinions of architects. The research was conducted according to the case study design, one of the qualitative research methods. The study group consists of four architects who differ in terms of their areas of expertise, professional experiences, and job positions. Maximum variation sampling, one of the purposive sampling methods, was used in determining the participants. The research data were collected through semi-structured interviews, and the obtained data were analyzed using the content analysis method. As a result of the data analysis, it was observed that architects evaluate architecture as an integrative field that brings together different disciplines within the STEAM approach. The participants emphasized that the structure of architecture, which brings together the art and engineering dimensions in a balanced manner, aligns with the interdisciplinary nature of the STEAM approach. In addition, they stated that the architecture discipline makes significant contributions to the development of spatial reasoning skills through its characteristics of concretizing abstract concepts, supporting geometric thinking, and facilitating the understanding of spatial relationships. Furthermore, the participants indicated that spatial reasoning skills cannot be explained solely by individual aptitude, and that they can be developed through appropriate learning environments and experiences. In line with these opinions, the architects recommended that architecture-based applications be included in educational programs starting from early ages. In particular, it was stated that design processes, model-building activities, and coding-based activities could support students' spatial thinking skills. Similarly, it was emphasized that model making, three-dimensional modeling activities, and the use of digital environments similar to Minecraft in current educational programs could also contribute to the development of these skills.

Keywords: Spatial Reasoning, STEAM, Mathematics Education, Architecture Discipline.

GİRİŞ

STEAM, farklı disiplinleri bir araya getiren, etkili ve kaliteli öğrenmeyi teşvik eden doğada bulunan bilgileri alıp günlük hayata uygulayan ve askeri, ekonomik ve ileri düzey düşüncüyü kapsayan, bir kavramdır (Yıldırım ve Altun, 2015). 1950'lerin sonlarında STEM olarak ortaya çıkan, ancak son yıllarda STEAM olarak anılmaya başlanan bu eğitim yaklaşımı, dört disiplini kapsayan STEM'in yaratıcılık ve yeniliği teşvik etme konusunda yetersiz kalması nedeniyle, büyük öneme sahip bir alan olan sanatı bünyesine dahil etmiştir (Mercin, 2019). Hatta bazı tanımlara göre STEM'e eklenen 'A' harfi sanat (art) sözcüğü için kullanılmışken kimi tanımlara göre bu 'A' harfi mimarlık (architecture) sözcüğü için kullanılmıştır (Güneş ve Çakmakkaya, 2019).

STEAM ile ilgili çalışmaların günümüzde daha çok eğitim alanında yoğunlaştığı görülmektedir (Akyürek vd., 2021). STEAM eğitiminin okul öncesi sınıf düzeyinden başlayarak doktora düzeyine kadar devam edebildiği görülmektedir (Mercin, 2019). STEAM eğitimi doğrultusunda öğrenciler temel düzeyde elektrik mühendisliğinden, endüstriyel tasarıma ve mimarlık yeteneklerine ve düşünme becerilerine kadar öğretim programlarında yer alan işlevsellik boyutu doğrultusunda bilgiler kazanırken, aynı zamanda teknolojiyi kullanarak, özgün ürünler de ortaya çıkmaktadır (Azkin ve Çevik, 2022).

STEAM bağlamında mimarlık disiplindeki sanat ve mühendislik arasındaki sınır yıllardır tartışılmaktadır. Örneğin, mimarlığın endüstriyel tasarım, mühendislik ve sanat (estetik) bilgisi gerektirdiği bilinmektedir (Mercin, 2019). Mimari tasarım süreci, doğası gereği yoğun uzamsal beceri

kullanımı gerektirmektedir. Mimarlık mesleğinin matematik ile güçlü ve çok yönlü bir ilişkisi vardır. Mimarlık eğitiminde STEAM yaklaşımının ODTÜ Tasarım Fabrikası birimi tarafından desteklendiği görülmektedir (Tasarım Fabrikası, 2018).

Uzamsal akıl yürütme, iki veya üç boyutlu nesneleri zihinde; döndürerek, farklı açılardan canlandırarak, nesnelerin ilişkisini anlayarak yorumlamasını ihtiva eden zihinsel beceridir (Erdem, 2022, 148). Buna göre uzamsal akıl yürütme, matematik eğitiminde teknoloji ile desteklenerek STEAM eğitimi dahilinde kullanılabilir. Bunlar göz önüne alındığında mimarlık disiplini, fiziksel çevrenin üç boyutlu algılanması, düzenlenmesi ve organize edilmesini ele aldığı için mimari tasarım sürecinin hemen hemen her aşamasında uzamsal yetenekler kullanıldığı görülmektedir (Dural, 2022).

Geometri eğitimi, öğrencilere görsel algı ve uzamsal düşünme becerilerini geliştirmek için zengin fırsatlar sunar. Geometri başarısında gerekli olduğu düşünülen ve zihinsel yeteneğin bir parçası olarak kabul edilen uzamsal becerilerin önemi, birçok araştırmacının odaklandığı bir konudur. Bu alanda yapılan araştırmaların bolluğu, bilim, geometri, mühendislik ve mimaride uzamsal yeteneklere çok fazla ihtiyaç duyulmasından kaynaklanmaktadır (Yolcu ve Kurtuluş, 2010).

Alan yazın incelendiğinde STEM eğitiminde yer alan dört farklı disiplinin birbiriyle ilişkisini inceleyen çok sayıda çalışmaya rastlanırken (Çetin vd., 2023; Panqueban vd., 2025; Rodriguez vd., 2024) mimarlık disiplinin ise STEM boyutunda matematik eğitimi ile ilişkisi bakımından ele alındığı çalışmalara rastlanmamıştır. Literatürde fark edilen bu eksikliği gidermeye katkı sağlayacağı düşünülen mimarlık disiplininin STEAM modelindeki yeri ve uzamsal akıl yürütme becerisine katkısının incelenmesi amacıyla bu çalışma yürütülmüştür. Bu bağlamda çalışmada aşağıda verilen araştırma problemlerine yanıt aranmıştır:

- STEAM ve mimarlık disiplini arasındaki ilişki nasıldır?
- Matematik eğitimi ile mimarlık disiplini arasındaki ilişki nasıldır?
- Mimarlık disiplini ile uzamsal akıl yürütme becerisi arasındaki ilişki nasıldır?

Kuramsal Çerçeve

Bu araştırmanın kuramsal çerçevesi iki boyutta ele alınmaktadır. STEM entegrasyonu ve uzamsal akıl yürütme becerisi olarak ele alınmaktadır. Bu kuramsal çerçeve sayesinde, araştırmada ele alınan STEM ve uzamsal akıl yürütme kavramlarının araştırma sürecinde nasıl ele alındığı açıklanmaktadır. Bu şekilde araştırma sürecinde elde edilen verilerin analizinde bu kavramsal çerçeve yol göstermektedir.

STEM Entegrasyonu

STEM eğitiminde yer alan disiplinlerle etkileşim kuran bir yapıdır. Özkan'a (2020) göre, STEM eğitimi iki veya daha fazla disiplinin barındırdığı kavramların bir arada işlendiği, eğitim alanında yer alan pedagojik bir yaklaşım olarak tanımlanmaktadır. Bu tanım doğrultusunda, öğrenciler STEM eğitiminde karşılaştıkları bu kavramlarla disiplinler arası bir öğretim gerçekleşir. STEM eğitiminin var olan bu doğası STEM entegrasyonu yapısını ortaya çıkarmaktadır (Özkan, 2020).

Kelley ve Knowles (2016) entegre STEM eğitiminde, öğrenme stratejilerinin dahil edilmesi sonucu informal ve formal öğrenmenin sağlanması, mühendislik uygulamalarının günümüz öğretim müfredatına eklenmesi, bu eğitimi alan öğrencilerin bir bilim insanı gibi düşünmesi ve hareket etmesinin sağlanması ve öğrencilerin bu eğitim ile yeni fikirler üretme konusunda özgün bakış açılarının sağlanması olarak ifade etmişlerdir.

STEM entegrasyonu bağlam ve içerik entegrasyonu olmak üzere iki ayrı başlıkta incelenmektedir (Moore ve Smith, 2014). Bağlamsal entegrasyon, mühendislik tasarımının, başka bir disiplinin öğretiminde motive edici bir etkisinin varlığından bahseder (Özcan, 2020). İçerik entegrasyonu ise mühendislik düşüncesiyle birlikte matematik kavramlarının birlikte yürütüldüğü ve STEM disiplinlerinden mühendislik dahil olmak üzere daha fazla disiplinin hedeflerinin bir arada yer aldığı yapının yer almasından bahseder (Moore ve Smith, 2014). Bu süreç içinde STEM içeriğinin hem teorik hem de uygulamalı bir şekilde ele alınması gerekmektedir (Roehrig vd., 2021). Bu iki yaklaşım sayesinde, öğrenciler farklı disiplinlerin birlikte yürütüldüğünde kavramların öğretimlerinde karşılıklı bağlantıların fark edilmesinde yardımcı olmaktadır.

Bu araştırma, STEM eğitiminden matematik disipliniindeki kavram öğretiminde sanat, mühendislik ve mimarlık disiplinlerinin entegrasyonunu incelemektedir. Bundan dolayı içeriksel entegrasyon bu araştırma dahilinde kullanılmaktadır. Mimarlık disiplininin STEM bağlamında, ortak hedefler

doğrultusunda, sanat ve mühendislik disiplinlerinin katkılarıyla beraber matematik eğitiminde yer alan uzamsal akıl yürütme kavramının öğretimine dair ilişkisi bu araştırma dahilinde araştırılmaktadır.

Uzamsal Akıl Yürütme Becerisi

Alan yazında uzamsal düşünme becerisinin farklı tanımları olduğu görülmekle birlikte, bu alanda yapılan çalışmalarda uzamsal görselleştirme, uzamsal ilişkiler ve uzamsal yönelim kavramlarından sıkça yararlanıldığı görülmektedir (Erdem, 2022). Bu bağlamda çalışmada uzamsal akıl yürütme, bu üç bileşen üzerinden ele alınmıştır.

Bazı çalışmalarda uzamsal yetenek ve uzamsal görselleştirme kavramları birbirinin yerine kullanılmaktadır (Yüksel ve Bülbül, 2014). Uzamsal yetenek, uzamsal akıl yürütme kavramını bütün bileşenleriyle ifade eden bir kavramdır. Uzamsal görselleştirme ise McGee'ye (1979) göre resmedilmiş iki veya üç boyutlu nesneleri zihinde canlandırıp değiştirebilme yeteneği olarak tanımlanmıştır (akt. Tekin, 2007). Yine McGee (1979), uzamsal yönelimin uzamsal görselleştirmeden farkını cismin hareketine bağlı tanımlamış, uzamsal yönelimde sadece zihinde canlandırma ve farklı açılardan görünüşlerini hayal edebilme söz konusuysa uzamsal düşünmede cismin hareketi ve dönmesi de dahil edilmiştir (akt. Turğut, 2010). Olkun ve Altun (2003), uzamsal ilişkileri iki veya üç boyutlu çizimleri zihinde canlandırabilme ve çevirebilme olarak tanımlamıştır.

Literatür Taraması

Uzamsal düşünme, STEM eğitimindeki başarı için temel bir bileşendir (Slattery vd., 2024; Sonneveld vd., 2024), ancak genellikle okullarda yeterince yer bulamamaktadır (Sonneveld vd., 2024).

Uzamsal yetenek, doğuştan gelen sabit bir kapasite değil; yapılandırılmış pedagojik modellerle okul ortamında geliştirilebilen bir beceridir (Pujawan vd., 2020). Erken STEAM Eğitim Programı'nın çocukların görsel-uzamsal akıl yürütme becerileri üzerindeki olumlu etkisi açıktır (Mercan ve Kandır, 2022). Uzamsal düşünmenin gelişimi için etkinliklerin erken yaşta uygulanmasının daha iyi sonuçlar vereceği vurgulanmıştır (Şafhalter vd., 2022; Pellas, 2024; Mercan ve Kandır, 2022). Kwon ve diğerlerinin (2024) yaptığı çalışmada, öğrencilerin yaşları ile öğrenme performansları arasında güçlü bir ilişki saptanmıştır.

Literatürde uzamsal düşünme becerilerini geliştirmek için Minecraft kullanımı, üç boyutlu tasarım ve kodlama eğitimi, inşa etme oyunları, programlanabilir robot kullanımı gibi önerilerde bulunduğu görülmektedir. Slattery ve diğerlerinin (2024) çalışmasında 5. ve 6. sınıf öğrencileri deney ve kontrol grupları olarak ikiye ayrılmış, deney grubunda klasik öğretime devam ederken kontrol grubunda 8 haftalık Minecraft Education kullanılmıştır. Çalışma sonucunda, Minecraft Education'ın öğrencilerin uzamsal düşünme becerilerinin anlamlı derecede daha fazla gelişmesine katkı sağladığı görülmüştür. Avcı, 2025 yılında gerçekleştirdiği çalışmada üniversite öğrencileriyle çalışmış ve üç boyutlu tasarım ile kodlama eğitiminin uzamsal düşünme becerilerine etkisini incelemiştir. Verilen bu eğitimler sonucunda uzamsal becerilerin gelişimine olumlu etkisi olduğu görülmüş ve bu sonuç nicel verilerle desteklenmiştir. Uzamsal bilgiyi kodlara dönüştürme ve bilgi işlemsel düşünme ile uzamsal akıl yürütme becerisindeki gelişimi 6-7 yaş aralığındaki okul öncesi öğrencileri üzerinden inceleyen bir çalışmada (Kwon vd., 2024), uzamsal bilgileri kodlara dönüştürmenin istatistiksel olarak anlamlı ve belirgin bir gelişim sağladığı ortaya konmuştur. Buna karşın, programlanabilir bir robotun okul öncesi dönemdeki çocukların uzamsal yeteneklerini geliştirmeye yönelik katkısını inceleyen nicel bir çalışmada (Brainin vd., 2022) yapılan müdahalelerin uzamsal ilişkiler açısından istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunamamıştır. Ancak 10 haftalık uygulama sonrasında programlanabilir kod grubunun hem geleneksel müdahale grubuna hem de kontrol grubuna kıyasla istatistiksel olarak çok daha yüksek ve anlamlı bir gelişim saptanmıştır. Araştırma sonucunda, programlanabilir robotların çocuklara eylemlerinin sonuçlarını anında görme imkânı sunduğu; bu nedenle rotayı hayal etme, planlama ve zihinde canlandırma gerektiren uzamsal düşünme becerisinde pozitif bir gelişim sağladığı görülmüştür. Oyunlaştırma tabanlı programlama öğrenimi sürecinde kullanılan üç farklı programlama aracının (somut, blok ve kâğıt-kalem tabanlı araçlar) 12-14 yaş aralığındaki öğrencilerin uzamsal akıl yürütme becerilerindeki gelişimi inceleyen bir çalışmada (Gong vd., 2025), en fazla etkinin somut araçlarla, en az etkinin ise kâğıt-kalemle alındığı sonucuna ulaşılmıştır. Sonneveld vd. 2024 yılında gerçekleştirdiği çalışmada okul öncesi öğrencilerle çalışmış ve öğrenciler, seçtikleri nesneleri oyuncaklarla (lego veya blok gibi) oluşturmuş, ardından kendi yorumlarını katarak genişletmişlerdir. Araştırma sonucunda, inşa

etme etkinliklerinin öğrencilerin uzamsal düşünme becerilerini geliştirdiği sonucuna varılmış ve bu uygulamanın uzamsal düşünmeyi geliştirmek amacıyla erken yaştan itibaren uygulanması önerilmiştir. Kwon ve diğerlerinin (2024) yaptığı çalışma kapsamında ilkökul öğrencilerinin uzamsal düşüncelerini gerektiren görevlerde ilk başta zorluk çektiği görülmüştür. Devamında, kodlama programları aracılığıyla bu beceride artış tespit edilmiştir. Uzamsal düşünme konusunda öğrencilerin üst düzey becerilerde gelişim eksikleri olduğu görülmüştür. Uzamsal düşünmede karşılaşılan zorluklar görselleştirme (Diezmann ve Lowrie, 2012; Pertiwi vd., 2023), yüzeyler arasındaki ilişkileri anlamama (Diezmann ve Lowrie, 2012; Pertiwi vd., 2023), 2D sunumlara aşırı bağılılık ve akıl yürütme eksikliği (Sudirman vd., 2022) olarak sayılabilir.

Sudirman ve diğerlerinin (2023) çalışması, ortaokul öğrencileriyle yürütülmüş ve öğrencilere geometri testi uygulanıp ardından mülakatlar gerçekleştirilerek üç boyutlu geometri konusunda zorlandıkları alanlar incelenmiştir. Araştırma sonucunda öğrencilerin geometrik nesneleri tanımlama, açınım yapma, iki boyutlu nesneleri üç boyutlu algılama, katmanlı düşünememe (hacim hesabında sadece görünen küpleri sayarak içini boş bırakma gibi) konularında zorluklar yaşadıkları saptanmıştır. Bu zorlukların giderilmesi için model kullanma ve zihinde yapılandırma etkinlikleri önerilmiştir. Bunu destekler nitelikte 1-3. Sınıf öğrencileriyle yürütülen Žilková ve diğerlerinin (2019) çalışmasında, uzamsal becerileri geliştirmeye yönelik tasarlanmış geometrik eğitim yazılımları kullanılmış ve matematiksel yetkinlik, hesaplama becerileri ile geometri becerilerindeki değişim incelenmiştir. EduMat yazılımı kullanılmış ve en büyük gelişimin uzamsal becerilerde olduğu gözlemlenmiştir. Kazimova ve diğerleri (2025) tarafından STEAM dersinde altıncı sınıf öğrencilerinin geometri konusuna yönelik iki boyutlu planlardan üç boyutlu yapıların görselleştirilmesine ve inşasına geçişin anlaşılması boyutunun düşük seviyede olduğu ortaya çıkmış ancak SketchUp yazılımı kullanılarak 11-14 yaş aralığında bulunan öğrencilerin üç boyutlu modelleme ile uzamsal düşünme ve görselleştirme becerisindeki gelişimi inceleyen nicel bir çalışmada da (Şafhalter vd., 2022) istatistiksel olarak anlamlı ve oldukça yüksek bir etki görülmektedir.

Uzamsal düşünme becerisi yüksek öğrencilerin soyut düşünme, zihinde canlandırma ve formülleri şekil üzerindeki mantıksal yapılarla ilişkilendirme konusunda daha başarılı oldukları ancak uzamsal becerisi düşük öğrencilerin ezberlediği formüllere güvendiği ve şeklin görünmeyen kısımlarını hayal etme gibi konularda yetersiz oldukları görülmüştür (Pertiwi vd., 2023; Sudirman vd. 2023)

YÖNTEM

Bu çalışmada mevcut bir durum ele alınarak derinlemesine incelendiği için nitel araştırma desenlerinden durum çalışması kullanılmıştır. Bu araştırma kapsamında dört mimar ile mülakat yapılmıştır. Görüşme yapılan mimarlara ilişkin demografik bilgiler Tablo 1’de yer almaktadır.

Tablo 1 Katılımcılara ilişkin demografik bilgiler

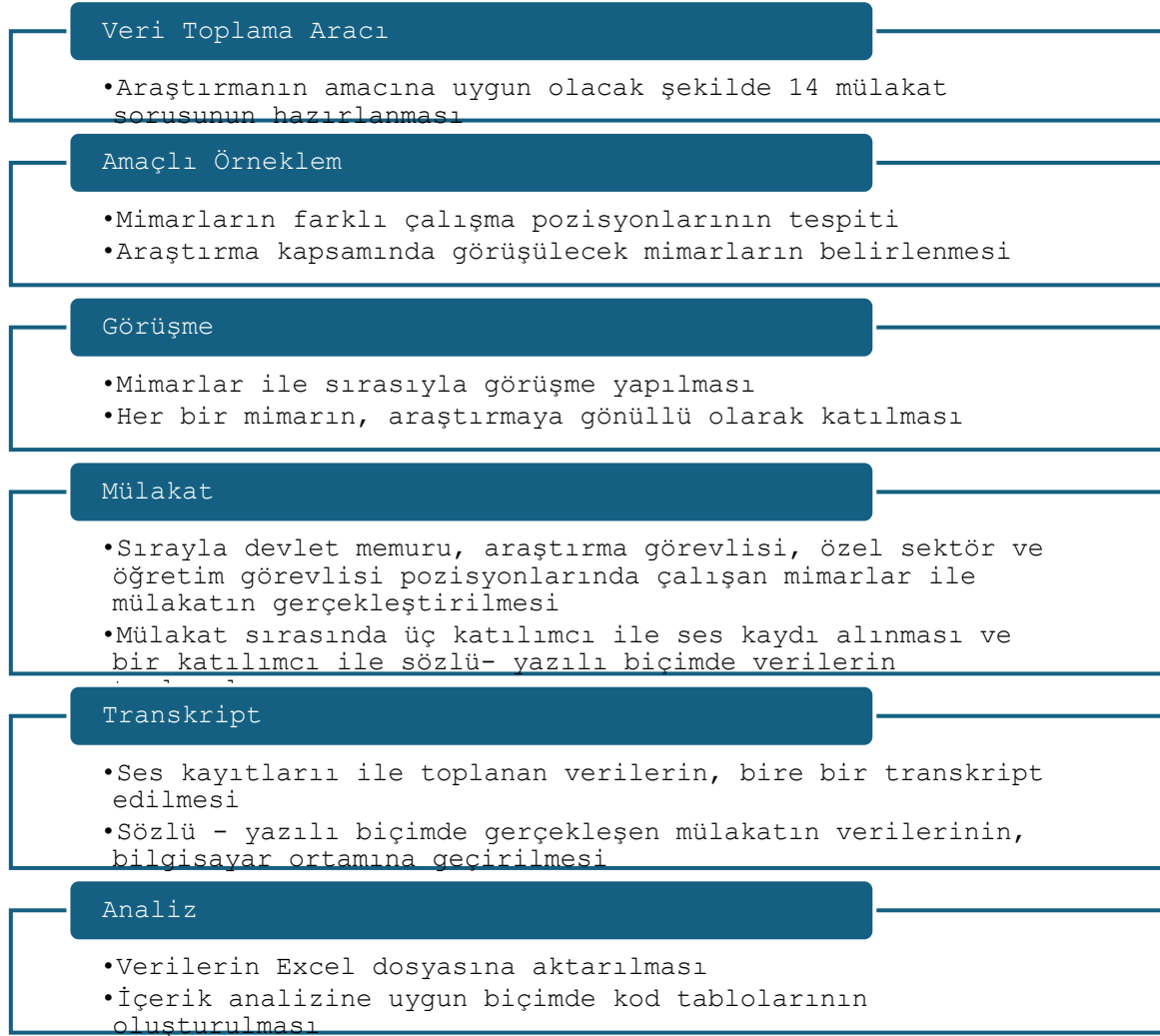
Katılımcı	Cinsiyet	Öğrenim Düzeyi	Uzmanlık Alanı	Çalışma Süresi	Çalışma Pozisyonu	STEAM Kavramını Tanıma	Uzamsal Akıl Yürütme Kavramını Tanıma
M1	K	Doktora Devam Etmekte	Rölöve	16 Yıl	Devlet	✓	✓*
M2	K	Doktora Devam Etmekte	Bina Bilgisi Anabilim Dalı	2,5 Yıl	Araştırma Görevlisi	✓	✓*
M3	K	Lisans	Restorasyon	1 Yıl	Özel Sektör	X	✓*
M4	K	Doktora	Çocuklar ve Lisans	9 Yıl	Doç. Dr. Öğretim Görevlisi	✓	✓

Öğrencileri için Mimarlık Eğitimi

(* işaretli öğeler, ilgili kavramı doğrudan bilmediklerini ancak tanım olarak bildiklerini ifade eden katılımcıları göstermektedir.)

Bu araştırma için örnekleme yönteminde maksimum çeşitlilik örnekleme kullanılmıştır. Bu doğrultuda örneklem, dört farklı çalışma pozisyonunda bulunan mimarlardan oluşmaktadır. Veri toplama araçları ve süreç hakkındaki bilgiler Şekil 1’de gösterilmiştir.

Şekil 1 Veri toplama araçları ve süreci



Geçerlik ve güvenilirlik için mülakat soruları hazırlandıktan sonra uzman görüşü alınmıştır. Katılımcı olmayan bir mimarla pilot uygulama yapılmıştır. Ayrıca yapılan görüşmeler yazıya dökülmüş ve çalışmada alıntılara yer verilmiştir.

BULGULAR

Bu araştırma kapsamında dört farklı çalışma pozisyonunda bulunan mimarlar ile mülakatlar gerçekleştirilmiştir. Bu mülakatlardan elde edilen veriler detaylıca incelenmekte ve ayrı temalar ile kod tablosu oluşturulmaktadır. Böylece, amaç doğrultusunda oluşturulan araştırma problemlerine yanıt aranmaktadır.

STEAM modeli çerçevesinde mimarlık disiplininin konumu hakkındaki görüşler detaylı bir şekilde analiz edilmektedir. Bu doğrultuda, mülakat yapılan dört mimarın görüşleriyle kod tablosu oluşturulmakta olup Tablo 2’de yer almaktadır.

Tablo 2: STEAM Bağlamında Mimarlık Temasına Ait Kategori ve Kodlar

TEMA	KATEGORİ	KOD
STEAM Bağlamında Mimarlık	STEAM Kavramında Mimarlığın Konumu	Birleştirici Disiplin Yapısı
		Çok Yönlü Problem Çözme
		Çoklu Disiplin Kullanımı
		Sosyolojik İlişkisellik
	Sanat ve Mühendislik İlişkisi	Sanat ve Mühendislik Dengesi Estetik-Teknik Bütünlüğü

Tablo 2 incelendiğinde, “STEAM Bağlamında Mimarlık” kapsamında; “STEAM Kavramında Mimarlık Konumu” ve “Sanat ve Mühendislik İlişkisi” olmak üzere 2 kategori ortaya çıkmaktadır. M4: “*Mimarlık ara birleştirici bir disiplin olduğu için hem işin mühendislik kısmını hem de sanat kısmını üzerinde barındırır. (...)*” ifadesine yer vermektedir. Bu görüşün yanında M1: “*(...) STEAM’in beş bileşenini de birbirine bağlıyor diyebiliriz. Yani mimarlık bence aslında bütün STEAM alanlarını bağlayan bir çatıdır.*” görüşünü belirtmektedir.

Devamında M1, “*(...) Mühendisler, yapılar belli bir ölçekte yıkılmasın diye uğraşırken, mimarlar yapılara sanat ve estetik getirir ve insan kullanımına uygun hale getirir.*” Görüşünü belirtmektedir. Mimarlığın mühendislikten daha az ilişkili olmadığını, aksine, çok güçlü bir entegrasyona sahip olduğunu düşünmektedir. Bu doğrultuda, mimarlığın karşılaştığı durumlarda üstün problem çözme becerisi göz önünde bulundurulmaktadır.

Elde edilen görüşlerin devamında M4: “*Diğer bildiğim bütün bilim alanlarına göre en multidisipliner olanlardan bir tanesi. Hem sosyal bilim bilimleri içinde barındırıyor hem matematik odaklı bilimleri içinde barındırıyor hem sanatsal öğeleri yani bütün bunların sentezinden bir şey ortaya koymaya çalışıyorsunuz. (...)*” Şeklinde görüş bildirmiştir.

Tablo 2’de yer alan “*Sosyolojik İlişkisellik*” koduna yönelik görüş bildiren tek mimar M4: “*Mimarlığa sosyolojik boyutu eklemek gerektiğini düşünüyorum. (...)*” ifadesine yer vermektedir.

Sanat ve mühendislik kategorisi kapsamında M1: “*STEAM’deki ‘A’ harfi ‘Art’ (Sanat) değil, ‘Architecture’ (Mimarlık) olabilir.*” ifadesiyle mimarlığın doğrudan STEAM içinde güçlü bir şekilde yer alması gerektiğini savunmaktadır. Bu görüşe yönelik olarak M1 devamında, “*Kesin bir seçim yapması gerekirse mühendisliği seçerim (...)*” görüşünü belirtmektedir. Benzer şekilde M2 ve M3 ise sırasıyla: “*(...) Bilmiyorum, illa birine yönelmem gerekiyor mu ki? Ben açıkçası ikisinin çok arasındayım. (M2)*” ve “*Bence dengedeler. Bence ayrılmazlar. Yani biri yeniden daha üstün değil diye düşünüyorum. (M3)*” ifadelerine yer vermektedir. Verilen bu görüşlere karşı olan M3 ise “*Yani eskiden sanat olabilirdi ama şu an bence mühendisliğe daha yakın. (...)*” İfadesiyle, mühendislik disiplininin mimarlık disipliniyle daha yakın olduğu görüşünü ortaya koymaktadır.

Estetik-teknik bütünlüğü kategori dahilinde tek görüş bildiren M4, “*Ben mesela heykelin mühendislikten azade bir alan olduğunu düşünmüyorum. Onun teknik olarak nasıl ayakta kaldığını, kalabileceğini düşünmeden, hesaplamaadan zaten o heykeli ayağa dikemiyorsunuz. (...)*” ifadesine yer vermektedir.

İncelenen görüşlerin devamında “Mimarlık Disiplini ve Uzamsal Akıl Yürütme Becerisinin İlişkisi” teması ele alınmıştır. Bu doğrultuda Tablo 3’te yer alan kod tablosu oluşturulmuştur.

Tablo 3: Mimarlık Disiplini ve Uzamsal Akıl Yürütme Becerisinin İlişkisi Temasına Ait Kategori ve Kodlar

TEMA	KATEGORİ	KOD
Mimarlık Disiplini ve Uzamsal Akıl Yürütme Becerisinin İlişkisi	Bilişsel Boyutta Ele Alma	Üç Boyutlu Düşünme
		Üç Boyuttan İki Boyuta Geçiş
		Perspektif ve Kesit Okuma
	Uzamsal Farkındalık	Taşıyıcı Yapı Farkındalığı
		Uzamsal Yönelim
		Uzamsal Konumlandırma
		Perspektif Öngörüsü
		Zihinsel Navigasyon
	Uzamsal Becerinin Gelişimi	Eğitsel Geliştirilebilirlik
		Doğuştan Gelen Yatkınlık
		Erken Dönem Farkındalığı

Tablo 3'te ele alınan bu tema doğrultusunda 3 kategori oluşturulmuştur. Bu kategorilerden birincisi "Bilişsel Boyutta Ele Alma"dır. Bu kategori kapsamında oluşturulan "Üç Boyutlu Düşünme" koduna yönelik M1, bir plana bakarak yapıyı zihninde üç boyutlu olarak canlandırabildiğini ve canlandırma esnasında kendisini binanın içinde geziniyormuş gibi hissettiğini ifade etmiştir. Buna ek olarak M2, *"Yani bence ben üç boyutlu düşünme becerimi mimarlık eğitimiyle kazandım. Onun öncesinde bu kadar aktif kullandığım bir şey değildi. (...)"* ifadesiyle görüşünü açıklamıştır.

Devamında yer alan kodlar dahilinde M1, öncelikle kâğıt-kalem kullanarak rölöve aldığını, binayı üç boyutlu hayal edip iki boyuta indirdikten ve ölçü aldıktan sonra bilgisayara aktardığını söylemiştir. Ek olarak M2, *"Nasıl perspektiften iki boyutlu çizime geçebilecekleri ya da iki boyutlu çizilmiş bir planın görünüşünü nasıl üç boyuta geçirebilecekleri konusunda dersler veriyoruz."* ifadesine yer vermektedir. Tablo 3'te yer alan bir diğer kategori ise "Uzamsal Farkındalık"tır. Bu kategori kapsamında 5 ayrı kod bulunmaktadır. İlk kod olan "Taşıyıcı Yapı Farkındalığı" koduna yönelik M1, *"Bir binaya girdiğimde taşıyıcılarını hemen fark ederim. Binaya girdiğimde kroki, giriş-çıkışlar aklımda kalır ve bir yapıda kolay kolay kaybolmam (...)"* cümleleriyle düşüncesini açıklayarak mimarlığın kendisine bu zihinsel beceriyi ifade etmiştir. Bu kategorideki diğer kodlara yönelik M4, *"İlk defa bir mekâna girdiğinizde oradaki tuvalet nerededir, diğer hizmet alanları nerededir? Bunu tahmin edebiliyorsunuz. Sormadan yolunuzu bulabiliyorsunuz."* cümleleriyle düşüncelerini ifade etmiştir. Bu ifadesiyle, uzamsal becerilerin koşullandırılmasıyla zihinde mekânın canlandırılmasının mimarlar için bir beceri olduğunu vurgulamıştır. Devamında M4, *"Ben genelde, yani bir iki boyutlu çizim olsa bile, üç boyutta nasıl görünüyor diye tahmin etmeye çalışıyorum ya da beynim öyle algılıyor. (...) Bence bu uzamsal bir düşünme."* ifadesini eklemiştir.

Tablo 3'te yer alan son kategori ise "Uzamsal Becerinin Gelişimi"dir. "Eğitsel Geliştirilebilirlik", "Doğuştan Gelen Yatkınlık" ve "Erken Dönem Farkındalığı" olmak üzere 3 kod bulunmaktadır. Bu kategori kapsamında yer alan kodlara yönelik olarak M2, uzamsal akıl yürütme becerisini mimarlık eğitimiyle kazandığını belirtmektedir. M1, uzamsal becerinin çocukluktan itibaren gelişebilen bir beceri

olduğundan bahsetmekte ve buna bağlı olarak M4, “Çocukluktan itibaren gelişen, belki de içinde olan bir şey. Bazısı da hiç göremiyor çünkü.” görüşüne yer vermektedir.

Yapılan analizler sonucu ortaya çıkan 3. Tema “Matematik Öğretim Programlarına Mimarlık Temelli Derslerin Eklenmesi” olarak ortaya çıkmış ve bu temaya ilişkin kategori ve kodlara Tablo 4’te yer verilmiştir.

Tablo 4: Matematik Öğretim Programına Mimarlık Temelli Derslerin Eklenmesi Temasına Ait Kategori ve Kodlar

TEMA	KATEGORİ	KOD
Matematik Öğretim Programına Mimarlık Temelli Derslerin Eklenmesi	Uygulama Yöntemleri	Maket Yapımı
		Oyun Tabanlı Öğrenme (Minecraft)
		Geometri Uygulamaları
	Matematik Eğitime Olumlu Yansıma	Geometri Altyapısı Oluşturma
		Soyut Kavramları Somutlaştırma Uzamsal Düşünmeyi Geliştirme
	Müfredat Önerileri	Yapılı Çevre Eğitimi
		Temel Tasarım Dersi Eklenmesi
		Mimarlığın Basite İndirgenip Küçüklükten İtibaren Verilmesi

Tablo 4’e göre “Matematik Öğretim Programlarına Mimarlık Temelli Derslerin Eklenmesi” temasına ilişkin 3 kategori ortaya çıkmıştır. Mimarların, mevcut müfredatta uygulanabilecek olan, mimarlık becerilerini geliştirmek için yapılabilecek önerilerini maket yapımı, Minecraft tarzı oyunların kullanımı ve geometri uygulamalarının yapılması olarak sıralamışlardır. Bu düşüncelerini “(...) *Minecraft’ın küçük yaş gruplarında uzamsal düşünmenin gelişmesinde faydalı olabileceğini düşünüyorum. (...) (M2)*” ve “(...) *Mesela teknoloji tasarım derslerinde maketler yapıp onları keserek farklı açılardan görmeleri sağlanabilir. Bu eğitim hem geometri altyapısını oluşturur hem de zihinde sürecin anlamlandırılmasına katkısı olur. (M1)*” cümleleriyle açıklamışlardır. Bu tema altında ikinci kategori “Matematik Eğitime Olumlu Yansıma” olarak ortaya çıkmış ve mimarlar, matematik öğretim programına mimarlık temelli derslerin eklenmesinin geometri altyapısı oluşturacağı, soyut kavramları somutlaştırma konusunda öğrencilere fayda sağlayacağı ve uzamsal düşünmeyi geliştireceği yönünde görüş bildirmişlerdir. Bu görüşlerini “(...) *Yani işte atıyorum prizmanın yüzeylerinin açılımı yapıyorduk ya sorularda, onda mesela tamamen o üç boyutlu düşünme, o kutuyu açma süreci mimarlıkla çok uyumlu. (...) O cepheleri çözerken kutuyu açıyoruz ya da atıyorum prizmayı açıyoruz. (...) (M3)*” ve “*Hem de mimarlığın matematik eğitimini, özellikle de küçük yaşlarda orta öğretim ve ilköğretimdeki matematik eğitimini, o mekansal düşünemeye yönelik egzersizlerle daha somut verilerle daha pratik hale getirebiliriz diye düşünüyorum. (...)*” ifadeleriyle açıklamışlardır. Bu tema altında oluşan son kategoride ise mimarların, öğretim programına eklenecek ders önerilerine yer verilmiştir. Bu bağlamda M1, üniversitede aldığı ve maket oluşturmaya yönelik ‘temel tasarım’ dersinin küçük yaştan itibaren programa eklenebileceğini ifade etmiş ve kod oluşturmaya yönelik etkinliklerle desteklenerek daha faydalı hale getirilebileceğini eklemiştir. Benzer şekilde M3 de parametrik tasarım dersinin eklenebileceğini ya da teknoloji tasarım dersi yerine kullanılabileceğini ifade etmiştir. M2, “(...) *Yani direkt mimarlığın basitleştirilmiş haliyle ortaokul ya da lise grubu öğrencilerine uyarlanabileceğini düşünüyorum.*” cümlesiyle düşüncesini açıklamıştır. Son olarak M4 ise düşüncelerini “(...) *Mimarlığın kendine vücut bulduğu kentsel çevrelere yapılı çevre diyoruz. (...) Kullanıcının, bütün o mekânı beraber*

kullandığımız her kent sakinin bilmesi ve farkındalık geliştirmesi gereken bir alan. (...) Dolayısıyla bence ilköğretim seviyesinden itibaren mutlaka eğitim müfredatının içine eklenmesi gerekir. (...)” cümleleriyle ifade etmiştir.

Yapılan analizler sonucunda ortaya çıkan son tema “Mimarlık Disiplini ve Matematik Eğitimi İlişkisi” olmuştur. Bu temaya ilişkin kategori ve kodlar Tablo 5’te sunulmuştur.

Tablo 5: Mimarlık Disiplini ve Matematik Eğitimi İlişkisi Temasına Ait Kategori ve Kodlar

TEMA	KATEGORİ	KOD
Mimarlık Disiplini ve Matematik Eğitimi İlişkisi	Karşılıklı İlişki	Çift Yönlü Etkileşim
	Mimarlıkta Kullanılan Matematik Alanları	Matematik Konu Alanları
		Matematiksel Düşünme Süreci
	Teknik Uygulamalarda Matematik	Taşıyıcı Statik Hesapları
		Parametrik Tasarım Formülleri/Kodlar Çevrenin Fiziksel Etkilerinin Hesaplanması Taşıyıcı Statik Hesapları

Tablo 5’e göre bu tema altında 3 kategori oluşmuştur. İlk kategori, mimarlık disiplini ve matematik eğitiminin karşılıklı ilişki içerisinde olduğu ve ikisinin de birbirini etkilediği yönünde olmuştur. “*Matematik ve mimarlık arasında çift yönlü bir ilişki olduğunu ve hem mimarlığın matematiğe hem matematiğin mimarlığa katkı sağladığını düşünüyorum. (M2)*”, “*(...) Çünkü mimarlık özellikle üçüncü boyutta düşünebilmeyi, analitik düşünebilmeyi, matematiksel düşünebilmeyi gerektiriyor diye düşünüyorum. (...) Dolayısıyla bu da matematikle çok ilişkili. O yüzden hem matematiğin mimarlığa hem de mimarlığın matematiğe etkisi var diye düşünüyorum (...) (M4)*” gibi cümlelerle bu düşüncelerini dile getirmişlerdir. Diğer bir kategoride ise mimarlar, matematiği mesleklerinde nasıl kullandıklarını açıklamışlardır. Bütün mimarlar geometri, analitik geometri ve üç boyutlu cisimlerle mimarlığın ilişkili olduğuna dair hemfikir olmuşlardır. M1, üniversitedeki matematik eğitimi bir çatı olarak tanımlamış, meslekte sezgisel olarak kullandığını ifade etmiştir. Konu alanlarından ise oran-orantı, eğim ve ölçüm birimleri gibi alanları aktif kullandığını eklemiştir. M2 bu konudaki düşüncelerini “*Matematiği çok aktif kullanmıyorum. (...) Biz biraz daha sayısal düşünme mantığını kullanıyoruz. (...)*” ifadesiyle açıklamış ve pratik matematikten ziyade matematiksel düşünme sürecini kullandığını ifade etmiştir. Konu alanı olarak ise, mimarlığı daha çok problem çözme süreci olarak tanımlamış; bu yüzden matematikte problem çözme aktif kullandığını ifade etmiştir.

TARTIŞMA VE SONUÇ

Bu araştırma, mimarlık disiplininin STEAM modelindeki yeri ve uzamsal akıl yürütme becerisine katkısını incelemiştir. Amaç doğrultusunda, STEAM’in matematik eğitimi ve mimarlık disiplini arasındaki ilişkisi ve bu kapsamda matematik eğitimi ile mimarlık disiplini arasındaki ilişkinin nasıl olduğu araştırılmıştır.

Araştırma sonucunda mimarların, mimarlık disiplininin STEAM modelinde yer alan disiplinlerle doğrudan ilişkili olduğu ve mimarlığı multidisipliner bir yapı olarak tanımladıkları görülmektedir. Buna ek olarak toplumların istek ve ihtiyaçlarından doğrudan etkilenen bir disiplin olmasından ötürü, sosyoloji alanıyla da ilişkilendirilmiştir. Sanat ve mühendislik kısımlarında ise bir dengenin söz konusu olduğu ve ikisini ayıramadıkları görülmüştür. Bulgular doğrultusunda, STEAM modelinde sanat disiplini yerine mimarlık (architecture) disiplininin yer alması görüşünün literatürde yer alan bazı araştırmacılar tarafından desteklendiği görülmüştür (Güneş ve Çakmakkaya, 2019).

Mimarlık disiplininin, uzamsal akıl yürütme becerisine olumlu yönde katkı sağladığı sonucuna ulaşılmıştır. Bu doğrultuda mimarlık disiplininin barındırdığı, üç boyutlu düşünebilme, üç boyuttan iki boyuta geçişin sağlanması, perspektif ve kesit okunulması bilişsel bir boyut olarak uzamsal becerinin gelişimine olumlu yönde etki ettiği tespit edilmiştir. Literatürde yer alan Sudirman ve diğerlerinin (2023) araştırması kapsamında, öğrencilerin başlangıçta iki boyutlu nesneleri üç boyutlu algılamada zorlandıkları; ancak maket/model ve zihinde yapılandırma temelli etkinliklerle olumlu sonuçlar elde edildiği görülmektedir. Bu durumun mimarlık eğitiminde yer aldığı ve maket/model ile yazılım araçlarıyla zihinde algılamının güçlendiği görülmektedir. Bunu destekler nitelikte bulunan bir araştırmada (Şafhalter vd., 2022), SketchUp yazılımı kullanılarak ortaokul öğrencilerin üç boyutlu modelleme ile uzamsal düşünme ve görselleştirme becerisindeki gelişiminde olumlu bir etki görülmüş, ancak başka bir araştırmada (Kazimova vd., 2025) altıncı sınıf öğrencilerinin iki boyutlu planlardan üç boyutlu yapıların görselleştirilmesi boyutunun düşük bir etkiye sahip olduğuna ulaşılmıştır.

Mimarların, uzamsal becerinin mesleklerinin her bir alanında kullandıkları görülmektedir. Bu sonuca göre mimarlar, uzamsal yönelime, uzamsal konumlandırmaya, perspektif öngürüsüne ve zihinsel bir navigasyon becerilerine sahip olduğu tespit edilmiştir. Bu bakımdan mimarlık eğitimi boyunca alınan derslerin uzamsal akıl yürütme ve dolayısıyla matematik eğitime olumlu yönde bir katkı sağladığı sonucuna ulaşılmaktadır. Öğrenilebilen bir beceri olan uzamsal akıl yürütme, erken yaşta başlanıldığında mimarlık eğitimi başta olmak üzere matematik eğitiminde de olumlu etkileri olacağı tespit edilmiştir. Bu doğrultuda literatür incelendiğinde, uzamsal akıl yürütme becerilerindeki gelişimin erken yaşta başlamasının olumlu sonuçları yer almaktadır (Şafhalter vd., 2022; Pellas, 2024; Mercan ve Kandir, 2022).

Çalışmada elde edilen sonuçlara göre mimarlar, uzamsal düşünmeyi geliştirmek için maket yapımı, oyun tabanlı öğrenme, geometri uygulamaları ve kodlama yapmaya yönelik etkinlikler yapılmasını önermişlerdir. Bunu destekler nitelikte, literatürde Minecraft kullanımı (Slattery vd., 2024), üç boyutlu tasarım (Avcı, 2025) ve kodlama eğitimi (Avcı, 2025; Kwon vd., 2024), oyunlaştırma (Gong vd., 2024; Sonneveld vd., 2024) etkinliklerinin uzamsal düşünme becerisinin gelişimini olumlu etkilediği görülmüştür. Buna karşın programlanabilir robot kullanımının uzamsal düşünme üzerinde etkisini inceleyen Brainin ve diğerleri (2022), yapılan müdahale sonucu anlamlı bir fark olmadığını görmüş ancak bu uygulamanın 10 hafta süreklilik oluşturması durumunda öğrencilerin uzamsal becerilerinin olumlu etkilendiği sonucuna varılmıştır.

Çalışmada mimarlar, müfredata yapıli çevre eğitimi, temel tasarım dersi gibi derslerin eklenmesi ve mimarlığın yaş gruplarına uyarlanıp küçüklükten itibaren verilmesi önerilerinde bulunmuşlar; öğretim programlarına mimarlık temelli derslerin eklenmesinin, öğrencilerin geometri altyapısı oluşturmaya, soyut kavramları somutlaştırmasına ve uzamsal düşünmelerinin gelişmesine katkı sağlayacağını belirtmişlerdir. Literatürde öğrencilerin üç boyutlu düşünmede zorlandığını gösteren çalışmaların yoğunluğu düşünüldüğünde (Diezmann ve Lowrie, 2012; Kazimova vd., 2025; Perwiti vd., 2023; Sudirman vd., 2023) bu öneriler küçük yaştan itibaren uzamsal düşünme becerisinin gelişimi için önem arz etmektedir.

Çalışmada, mimarların görüşüne göre matematik eğitimi ile mimarlık disiplini arasında çift yönlü bir etkileşim olduğu sonucuna varılmıştır. Mimarlar, matematiği daha çok matematiksel düşünme süreci olarak kullandıklarını ve sezgisel olarak da kullandıklarını ifade etmişlerdir. Pür matematik olarak ise genel hesaplama yapmada, parametrik tasarımda ve formüllerde kullandıklarını eklemişlerdir.

ÖNERİLER

Araştırma bulgularından hareketle, mimarlık temelli öğretim uygulamalarının uzamsal beceriler üzerindeki etkisinin deneysel araştırmalarla incelenmesi önerilmektedir. Özellikle deney ve kontrol gruplarının kullanıldığı nicel çalışmalar aracılığıyla bu etkinin istatistiksel olarak ortaya konulması mümkün olabilir. Bunun yanı sıra, mimarlık temelli uygulamaların öğrencilerin akademik başarıları ve matematik dersine yönelik motivasyonları üzerindeki etkilerinin de gelecekteki araştırmalarda ele alınmasının alana önemli katkılar sağlayacağı düşünülmektedir.

KAYNAKÇA

- Akyürek, S., Göbel, T., & Akyol, C. (2021). Niğde Alaaddin Camii mimari unsurların STEM/STEAM yaklaşımı bakımından incelenmesi [The investigation of the architecture Nigde Alaaddin Mosque in terms of STEM/STEAM approach]. *Bilim Armonisi Dergisi*, 4(2), 36–44. <https://doi.org/10.37215/bilar.927199>
- Avcı, Ü. (2025). The effect of cognitive flexibility on students' spatial visualization abilities and computational thinking skills in a three-dimensional design and coding training. *Research in Science & Technological Education*, 43(3), 924–950. <https://doi.org/10.1080/02635143.2023.xxxxxxx>
- Azkın, Z., & Çevik, M. (2022). STEAM yaklaşımının öğrencilerin sanata yönelik tutumlarına, STEAM anlayışlarına ve mesleki ilgilerine etkisinin incelenmesi. *Gazi Üniversitesi Gazi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 42(3), 2081–2124.
- Brainin, E., Shamir, A., & Eden, S. (2022). Robot programming intervention for promoting spatial relations, mental rotation and visual memory of kindergarten children. *Journal of Research on Technology in Education*, 54(3), 345–358. <https://doi.org/10.1080/15391523.2020.1858464>
- Çetin, A., Gündoğdu, B., Hökkaş, H., & Genç, M. (2023). STEM eğitimi yaklaşımı konulu araştırmalar üzerine sistematik bir derleme. *Düzce Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 13(1), 1–23.
- Diezmann, C. M., & Lowrie, T. (2012). Learning to think spatially: What do students 'see' in numeracy test items? *International Journal of Science and Mathematics Education*, 10(7), 1469–1490.
- Dural, M. (2022). *Mimarlık eğitiminde uzamsal yetenek sorunsalı* (Order No. 31185455) [Doktora tezi/Yüksek lisans tezi, ProQuest Dissertations & Theses Global]. ProQuest Dissertations and Theses Global. (Doküman No. 2937199604). <https://www.proquest.com/dissertations-theses/mimarlik-egitiminde-uzamsal-yetenek-sorunsali/docview/2937199604/se-2>
- Gong, X., Xu, W., Yu, S., Ma, J., & Qiao, A. (2022). *Enhancing computational thinking and spatial reasoning skills in gamification programming learning: A comparative study of tangible, block and paper- and- pencil tools* (Key Project of Education Sciences Research of Chinese Ministry of Education in 2022, Grant/Award Number: DCA220449) [Araştırma Raporu].
- Güneş, A., & Çakmakaya, İ. (2019). Çocuk kütüphanelerinde STEM/STEAM eğitimi ve makerspace hizmeti. *Bilgi ve Belge Araştırmaları*, 11, 25–39. <https://izlik.org/JA57TK57BS>
- Kazimova, D., Sadykova, S., Kostangeldinova, A., Tazhigulova, G., & Shertser, A. (2025). Developing geometric thinking through culturally contextualized mathematical modeling: A yurt-building lesson for middle-school students in Kazakhstan. *Frontiers in Education*, 10, Makale 1622697. <https://doi.org/10.3389/feduc.2025.1622697>
- Kösa, T., & Kalay, H. (2018). 7. sınıf öğrencilerinin uzamsal yönelim becerilerini geliştirmeye yönelik tasarlanan öğrenme ortamının değerlendirilmesi. *Kastamonu Eğitim Dergisi*, 26(1), 83–92. <https://doi.org/10.24106/kefdergi.348100>
- Kwon, K., Jeon, M., Zhou, C., Kim, K., & Brush, T. A. (2024). Embodied learning for computational thinking in early primary education. *Journal of Research on Technology in Education*, 56(4), 410–430. <https://doi.org/10.1080/15391523.2022.2158146>
- Mercan, Z., & Kandır, A. (2022). The effect of the Early STEAM Education Program on the visual-spatial reasoning skills of children: Research from Turkey. *Education 3-13*, 52(2), 123–153. <https://doi.org/10.1080/03004279.2022.xxxxxxx>
- Mercin, L. (2019). STEAM eğitiminde sanatın yeri. *İnönü Üniversitesi Sanat ve Tasarım Dergisi*, 9(19), 28–41.
- Moore, T. J., & Smith, K. A. (2014). Advancing the state of the art of STEM integration. *Journal of STEM Education: Innovations and Research*, 15(1), 5–12.
- ODTÜ Tasarım Fabrikası. (2018, 20 Kasım). <http://tf.metu.edu.tr/>
- Olkun, S., & Altun, A. (2003). İlköğretim öğrencilerinin bilgisayar deneyimleri ile uzamsal düşünme ve geometri başarıları arasındaki ilişki. *The Turkish Online Journal of Educational Technology*, 2(4), 86–91.
- Özkan, C. (2020). *STEM eğitimi bağlamında öğretmenlerin el becerilerinin ölçümü ve değerlendirmesi* (Order No. 28734383) [Doktora tezi/Yüksek lisans tezi, ProQuest Dissertations & Theses Global]. ProQuest Dissertations and Theses Global. (Doküman No.

- 2572152867). <https://www.proquest.com/dissertations-theses/stem-eğitimi-bağlamında-öğretmenlerin-el/docview/2572152867/se-2>
- Panqueban, D., & Henríquez-Rivas, C. (2025). Interdisciplinary mathematics education: A systematic review. *European Journal of Educational Research*, 14(3), 873–887.
- Pellas, N. (2025). Enhancing computational thinking, spatial reasoning, and executive function skills: The impact of tangible programming tools in early childhood and across different learner stages. *Journal of Educational Computing Research*, 63(1), 3–32.
- Pertiwi, S., Suhendra, Nurjanah, & Dasari, D. (2023). Solving of polyhedron problems based on spatial sense of junior high school students. *International Journal of Instruction*, 16(4), 1025–1040. <https://doi.org/10.29333/iji.2023.16456a>
- Pujawan, I. G. N., Suryawan, I. P. P., & Prabawati, D. A. A. (2020). The effect of Van Hiele learning model on students' spatial abilities. *International Journal of Instruction*, 13(3), 461–474. <https://doi.org/10.29333/iji.2020.13332a>
- Rodríguez, C. M. A., González-Reyes, R. A., Ballen, A. B., Merchán, M. A. M., & Barrera, E. A. L. (2024). Characterization of STEM teacher education programs for disciplinary integration: A systematic review. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 20(3), Makale em2408.
- Roehrig, G. H., Dare, E. A., Ellis, J. A., & Ring-Whalen, E. (2021). Beyond the basics: A detailed conceptual framework of integrated STEM. *Disciplinary and Interdisciplinary Science Education Research*, 3(11), 1–18. <https://doi.org/10.1186/s43031-021-00041-y>
- Šafhalter, A., Glodež, S., Šorgo, A., & Ploj Virtič, M. (2022). Development of spatial thinking abilities in engineering 3D modeling course aimed at lower secondary students. *International Journal of Technology and Design Education*, 32, 167–184. <https://doi.org/10.1007/s10798-020-09597-8>
- Slattery, E. J., Butler, D., Marshall, K., Barrett, M., Hyland, N., O'Leary, M., & McAvinue, L. P. (2024). Effectiveness of a minecraft education intervention for improving spatial thinking in primary school children: A mixed methods two-level cluster randomised trial. *Learning and Instruction*, 94, Makale 102003. <https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2024.102003>
- Sonneveld, L., Klapwijk, R. M., & Stappers, P. J. (2024). Constructing and storytelling: Accommodating different play orientations in learning spatial thinking. *Frontiers in Education*, 9, Makale 1307951. <https://doi.org/10.3389/feduc.2024.1307951>
- Sudirman, Runisah, Kusumah, Y. S., & Martadiputra, B. A. P. (2023). Epistemological obstacle in 3D geometry thinking: Representation, spatial structuring, and measurement. *Pegem Journal of Education and Instruction*, 13(4), 292–301.
- Tekin, A. T. (2007). *Dokuzuncu ve on birinci sınıf öğrencilerinin zihinde döndürme ve uzamsal görselleştirme yeteneklerinin karşılaştırmalı olarak incelenmesi* (Order No. 31159903) [Doktora tezi/Yüksek lisans tezi, ProQuest Dissertations & Theses Global]. ProQuest Dissertations and Theses Global. (Doküman No. 3107471192). <https://www.proquest.com/dissertations-theses/dokuzuncu-ve-on-birinci-sınıf-öğrencilerinin/docview/3107471192/se-2>
- Turğut, M. (2010). *Teknoloji destekli lineer cebir öğretiminin ilköğretim matematik öğretmen adaylarının uzamsal yeteneklerine etkisi* (Order No. 30854252) [Doktora tezi/Yüksek lisans tezi, ProQuest Dissertations & Theses Global]. ProQuest Dissertations and Theses Global. (Doküman No. 2956858411). <https://www.proquest.com/dissertations-theses/teknoloji-destekli-lineer-cebir-öğretiminin/docview/2956858411/se-2>
- Yıldırım, B., & Altun, Y. (2015). STEM eğitim ve mühendislik uygulamalarının fen bilgisi laboratuvar dersindeki etkilerinin incelenmesi. *El-Cezerî Fen ve Mühendislik Dergisi*, 2(2), 28–40.
- Yolcu, B., & Kurtuluş, A. (2010). 6. sınıf öğrencilerinin uzamsal görselleştirme yeteneklerini geliştirme üzerine bir çalışma. *İlköğretim Online*, 9(1), 256–274. <https://izlik.org/JA39US57FB>
- Yüksel, N. S., Bülbül, A., & Bülbül, A. (2014). Uzamsal görselleştirme üzerine test geliştirme çalışması. *Necatibey Faculty of Education Electronic Journal of Science and Mathematics Education*, 8(2), 124–142. <https://doi.org/10.17522/nefmed.32631>
- Žilková, K., Partová, E., Gunčaga, J., Nemcová, J., Koczyński, T., & Zegzuła, D. (2019). Development of geometrical thinking via educational software by pupils of elementary school. In E. Smyrnova-Trybulska (Ed.), *E-learning and STEM Education* (pp. 483–501). University of Silesia in Katowice.

**MÜŞTERİ İLİŞKİLERİ YÖNETİMİ SÜREÇLERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ:
TELEKOMÜNİKASYON SEKTÖRÜNDE BİR ARAŞTIRMA****EVALUATION OF CUSTOMER RELATION MANAGEMENT PROCESSES:
A STUDY IN THE TELECOMMUNICATIONS INDUSTRY****Fatma Kaymaz KARAHAN**

Istanbul Sabahattin Zaim University, Institute of Graduate Studies, Engineering Management
Department, Istanbul, Türkiye
ORCID: ID/ 0009-0002-207-6064

Doç. Dr. Emine Elif Nebati

Associate Professor, Department of Industrial Engineering, Istanbul Sabahattin Zaim University,
Halkali, Kucukcekmece, 34303, Istanbul, Turkey
ORCID: ID/ 0000-0002-3950-4279

ABSTRACT

Digital transformation and increasing competitive pressures have made the effectiveness of Customer Relationship Management (CRM) processes a strategic priority in the telecommunications industry. Call centers, in particular, represent one of the primary touchpoints shaping customer experience, and performance indicators such as First Contact Resolution (FCR), escalation management, and resolution time play a critical role in service quality. This study aims to evaluate the effectiveness of CRM processes in the call center operations of a telecommunications company using statistical methods. The research analyzes a dataset consisting of 2,500 call records collected between January and March 2026. Service category, call duration, initially assigned department, and daily call volume were considered as independent variables, while First Contact Resolution (FCR) rate, escalation status, and resolution time were examined as dependent variables. Chi-square analysis, logistic regression, and analysis of variance (ANOVA) were applied to test six main hypotheses. The findings indicate that service category has a significant effect on the FCR rate, while longer call durations reduce the likelihood of resolving customer issues at the first contact. In addition, statistically significant differences were identified among departments in terms of both FCR rates and resolution times. However, daily call volume was found to have no significant effect on either call duration or escalation rates. The results suggest that strengthening CRM data infrastructure, implementing department-specific training programs, and developing dynamic escalation mechanisms can contribute to improvements in customer experience and operational performance.

Keywords: Customer Relationship Management, CRM, Call Center, Telecommunications Industry.

ÖZET

Dijital dönüşüm ve artan rekabet koşulları, telekomünikasyon sektöründe müşteri ilişkileri yönetimi (MİY) süreçlerinin etkinliğini stratejik bir öncelik haline getirmiştir. Özellikle çağrı merkezleri, müşteri deneyiminin şekillendiği temel temas noktalarından biri olup İlk Temasta Çözüm (İTÇ) oranı, eskalasyon yönetimi ve çözüm süresi gibi performans göstergeleri hizmet kalitesi açısından kritik önem taşımaktadır. Bu çalışma, telekomünikasyon sektöründe faaliyet gösteren bir işletmenin çağrı merkezi operasyonlarında MİY süreçlerinin etkinliğini istatistiksel yöntemlerle değerlendirmeyi amaçlamaktadır. Araştırma kapsamında, Ocak–Mart 2026 dönemine ait 2.500 çağrı kaydından oluşan veri seti analiz edilmiştir. Hizmet kategorisi, çağrı süresi, ilk atanan birim ve günlük çağrı yoğunluğu bağımsız değişkenler olarak ele alınırken; İlk Temasta Çözüm (İTÇ) oranı, eskalasyon durumu ve çözüm süresi bağımlı değişkenler olarak incelenmiştir. Veriler üzerinde, Ki-kare analizi, lojistik regresyon ve varyans analizi (ANOVA) yöntemleri uygulanarak altı temel hipotez test edilmiştir. Analiz sonuçları, hizmet kategorisinin İTÇ oranı üzerinde anlamlı bir etkiye sahip olduğunu, çağrı süresinin artmasının ise ilk temasta çözüm olasılığını azalttığını göstermektedir. Ayrıca farklı birimler arasında hem İTÇ oranları hem de çözüm süreleri bakımından istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar tespit edilmiştir. Buna karşılık günlük çağrı yoğunluğunun çağrı süresi ve eskalasyon oranı üzerinde anlamlı bir etkisi bulunmamıştır. Elde edilen bulgular, CRM veri altyapısının güçlendirilmesi, birim bazlı eğitim

programlarının geliştirilmesi ve dinamik eskalasyon mekanizmalarının uygulanması yoluyla müşteri deneyimi ve operasyonel performansın iyileştirilebileceğini ortaya koymaktadır.

Anahtar Kelimeler: Müşteri İlişkileri Yönetimi, CRM, Çağrı Merkezi, Telekomünikasyon Sektörü.

GİRİŞ

Dijital dönüşümün tetiklediği hızlı teknolojik ilerlemeler, telekomünikasyon sektöründeki rekabet dinamiklerini kökten değiştirerek işletmeleri geleneksel hizmet modellerinin ötesine geçmeye zorlamaktadır (Mathews & Sivaraman, 2025; Meraviglia et al., 2025). Bu süreçte müşteri ilişkileri yönetimi, yalnızca bir operasyonel araç olmaktan çıkıp sürdürülebilir rekabet avantajı ve pazar konumlandırması için vazgeçilmez bir stratejik sütun haline gelmiştir (Almarshad et al., 2020; Alshura, 2018). Müşteri beklentilerinin giderek karmaşıklaştığı ve kişiselleştirilmiş hizmet talebinin arttığı bu ortamda çağrı merkezleri, MİY ekosisteminin en kritik temas noktalarından birini oluşturmaktadır (Abdullateef et al., 2010; Saberi et al., 2017). Söz konusu temas noktaları; sunulan hizmetin kalitesi, çözüm hızı ve İlk Temasta Çözüm gibi temel performans göstergeleri aracılığıyla müşteri deneyimini şekillendirerek kurumun başarısını doğrudan etkileyen stratejik bir role sahiptir (Abdullateef et al., 2010; Bruggen, 2004). Bu çalışma, telekomünikasyon sektöründe faaliyet gösteren bir işletmenin çağrı merkezi operasyonlarını veri odaklı bir yaklaşımla ele alarak MİY süreçlerinin etkinliğini istatistiksel yöntemlerle analiz etmeyi amaçlamaktadır. ren işletmeleri; pazarda tutunabilmek, verimliliklerini korumak ve başarılı olabilmek adına müşteri memnuniyetini stratejik bir zorunluluk olarak konumlandırmaya mecbur bırakmaktadır (Özbek, 2024). Müşteri sadakatini pekiştiren ve maliyet tasarrufu sağlayan bütünsel bir iletişim felsefesi olarak Müşteri İlişkileri Yönetimi, işletmelerin müşteri beklentilerini doğru zamanda ve etkili bir biçimde karşılayabilmeleri için temel bir gereksinim haline gelmiştir (Yavuz & Leloğlu, 2012). Özellikle teknoloji ve emek yoğun bir yapıda olan çağrı merkezleri, işletmelerin müşteri ilişkilerini yönetme, maliyet tasarrufu sağlama ve rekabet avantajı elde etme hedefleri doğrultusunda merkezi bir konuma yerleşmiştir (Gürün & KARAÇORLU, 2017). Bu doğrultuda, çağrı merkezi süreçlerinin etkin bir şekilde optimize edilmesi, işletmelerin müşteri taleplerini şikayet ve öneri perspektifinden ele alarak hizmet kalitesini sürekli kılmalarına olanak tanımaktadır (Bayram, 2017; GÜRSEV, 2024). Nitekim, veri analitiği ile desteklenen çağrı merkezi operasyonları, müşterilerle kurulan etkileşimin derinlemesine incelenmesini ve süreç verimliliğinin katma değer yaratan bir iş kavramına dönüştürülmesini mümkün kılmaktadır (Sert & Tayalı, 2021). Bu bağlamda MİY, işletmelerin kârlılığını ve sürekliliğini koruyabilmek amacıyla müşteri gereksinimlerini derinlemesine analiz ederek, stratejik karar alma süreçlerine rehberlik eden kritik bir yönetim yaklaşımı işlevi görmektedir (Selvi, 2014). Bu çerçevede, kurumun müşteri ile etkileşime geçen ana yüzü olan çağrı merkezleri, geri besleme mekanizmaları aracılığıyla ürün ve hizmetlerin geliştirilmesine doğrudan katkı sağlayarak müşteri sadakatinin tesisi noktasında stratejik bir kaldıraç görevi görmektedir (KOCABAŞ, 2017; Sayı, 2017). Buna ek olarak, işletmelerin müşterileriyle olan bağlarını yönetirken elde ettikleri verileri stratejik kararlarına yansıtmaları, pazar paylarını korumaları ve kârlılıklarını sürdürülebilir kılmaları açısından kritik bir rol oynamaktadır (Güçlü et al., 2016; Sarı et al., 2020). CRM sistemleri aracılığıyla toplanan bu verilerin büyük veri analitiği ile işlenmesi, işletmelerin müşteri davranışlarını daha isabetli tahmin etmelerine ve kişiselleştirilmiş hizmet sunarak uzun vadeli bağlılık oluşturmalarına olanak tanımaktadır (Ekici & Yolcu, 2024). Bu veriye dayalı stratejiler, işletmelerin karmaşık müşteri verilerini anlamlandırarak hizmet kalitesini artırmalarına ve operasyonel maliyetleri optimize etmelerine olanak sağlamaktadır (Şaylan et al., 2023). Bu bütünsel yaklaşım, işletmelerin müşteri tatminini ön planda tutarak zorlu rekabet ortamında sadakat yaratan stratejiler geliştirmelerine yardımcı olmaktadır (Şahin et al., 2020; Selvi, 2014). Çağrı merkezleri, MİY süreçlerinin en kritik temas noktalarından birini oluşturmaktadır. Bir müşterinin sorununun ilk temasta çözüme kavuşturulup kavuşturulamaması, İlk Temasta Çözüm (İTÇ) oranı olarak ölçülmekte; bu gösterge hem müşteri memnuniyetini hem de operasyonel maliyeti doğrudan etkilemektedir (Feinberg vd., 2000). Buna ek olarak, eskalasyon süreçlerinin etkin yönetimi hem temsilci verimliliği hem de hizmet kalitesi açısından belirleyici olmaktadır (Aksin vd., 2007). Bu çalışma, telekomünikasyon sektöründe faaliyet gösteren bir operatör firmasının operasyonel verilerini istatistiksel yöntemlerle analiz ederek MİY süreçlerinin güçlendirilmesine yönelik bulgular sunmayı hedeflemektedir. Araştırmanın hem teorik (çağrı merkezi performans göstergelerinin belirleyicilerine dair literatüre katkı) hem de pratik (yöneticilere kanıta dayalı iyileştirme önerileri) katkı sağlayacağı değerlendirilmektedir.

LİTERATÜR TARAMASI

Çağrı merkezleri, organizasyonların müşteriyle doğrudan temas kurduğu temel noktalar olarak, müşteri taleplerinin etkin yönetilmesinde stratejik bir varlık rolü üstlenmektedir (Saberi et al., 2017). Gans vd., çağrı merkezlerini tahminleme, kapasite planlaması ve personel çizelgeleme gibi operasyonel süreçlerin merkezinde konumlandırarak, teknolojik ilerlemelerin bu birimlerin yönetimini daha karmaşık ve stratejik hale getirdiğini vurgulamaktadır (Akşin et al., 2007). Bunun yanı sıra, insan kaynakları yönetimi ile satış ve pazarlama süreçlerinin operasyonel işleyişe entegrasyonu, çağrı merkezi yöneticilerinin akademik ve sektörel düzlemde karşılaştığı güncel zorluklar arasında öne çıkmaktadır (Purba & Hidayati, 2020). Bu birimlerin sunduğu hizmet kalitesinin artırılmasında müşteri temsilcilerinin sergilediği empati, nezaket ve güvenilirlik gibi kişisel yetkinlikler, çağrı merkezi verimliliğinin kritik belirleyicileri olarak değerlendirilmektedir (Eröksüz & Ayyıldız, 2025). Ayrıca, çağrı merkezi yöneticilerinden operasyonel verimliliği maksimize ederken aynı zamanda yüksek hizmet kalitesi standartlarını korumaları beklenmektedir (Özbek, 2024). Bu bağlamda, müşteri temsilcilerinin MİY boyutlarını hizmet süreçlerine entegre etmeleri, ilk temasta çözüm oranlarını (first call resolution) ve müşteri memnuniyetini doğrudan artıran temel bir faktör olarak karşımıza çıkmaktadır (Abdullateef et al., 2010). Günümüzde çağrı merkezleri, müşterilerden elde edilen gerçek zamanlı geri bildirimlerle ürün ve hizmet geliştirme süreçlerini destekleyen Müşteri Etkileşim Merkezleri'ne dönüşerek stratejik bir rol üstlenmektedir (Kocabaş, 2017). Bu dönüşüm süreci, çağrı merkezlerinin yalnızca şikâyet yönetimi yapan bir birim olmaktan çıkıp, kurumun stratejik hedefleri doğrultusunda müşteri sadakati oluşturan bir değer merkezine evrildiğini göstermektedir (Sayı, 2017). Buna karşın, çağrı merkezlerindeki yoğun iş yükü ve tekrarlı süreçlerin çalışanlar üzerinde yarattığı stres, tükenmişlik riski oluşturarak operasyonel verimliliği ve müşteri ile kurulan etkileşimin kalitesini doğrudan etkileyebilmektedir (Cıranoglu, 2019). Bu bağlamda, çalışanların yetkilendirilmesi, hizmet süreçlerinde güvence verilmesi ve müşteri beklentileriyle uyumlu çözümler üretilmesi, müşteri tatmini üzerinde istatistiksel olarak anlamlı ve olumlu etkiler yaratmaktadır (Taşkın & Taşkın, 2018). Bununla birlikte, çağrı merkezleri yalnızca gelen soruları yanıtlayan operasyonel birimler değil, müşterilerle kalıcı ilişkiler geliştirmeye odaklanarak kurumun genel büyümesine proaktif katkı sağlayan stratejik birer merkez olarak konumlanmaktadır (Kıranlı & Albayrak, 2023). Bu bağlamda çağrı merkezleri, telefonun ötesine geçerek e-posta, sosyal medya ve canlı sohbet gibi çok kanallı bir yapıya entegre edilmekte; böylece kaynakların ve stratejilerin daha bütünlüklü yönetilmesi sağlanmaktadır (Bulut & Ataay, 2017). Bu entegrasyon süreci, işletmelerin farklı temas noktalarından gelen verileri konsolide ederek müşteri deneyimini daha ayrıntılı ve raporlanabilir biçimde analiz etmelerine olanak tanımaktadır (Gürsev, 2024). Söz konusu teknolojik dönüşümün verimlilik üzerindeki etkileri, müşteri beklentilerini karşılamak adına çalışanların motivasyon seviyelerini yüksek tutma gerekliliğini de beraberinde getirmektedir (Baysal, 2020; Deniz & Kaya, 2021). Nitekim, çağrı merkezi çalışanlarının sergilediği davranışlar müşteri tatmininin oluşmasında kritik bir rol oynarken, kurumların dış paydaşlarla kurduğu iletişimin sağlıklı yürütülmesi bu birimlerin stratejik önemini pekiştirmektedir (Gürün & Karaçorlu, 2017). İşletmeler, çağrı merkezleri üzerinden sağladıkları bu etkileşimli yapıyı Endüstri 4.0'ın getirdiği dijital otomasyon sistemleri ile birleştirerek tüm tedarik zinciri boyunca kesintisiz bir bilgi akışı yönetimi gerçekleştirebilmektedir (DEMİRKOL & Özcan, 2018). Bu dijital dönüşüm süreciyle paralel olarak, çağrı merkezleri verimliliği artırmak amacıyla süreç standartlarını optimize ederken, aynı zamanda telemarketing ve müşteri etkileşimi gibi temel faaliyetlerde daha ölçülebilir ve tutarlı bir hizmet performansı sergilemektedir (Colin et al., 2023). Bu teknolojik ilerlemeler, operasyonel ekiplerin daha stratejik ve katma değerli süreçlere odaklanmasına imkân tanıyarak kurumsal inovasyon ve proaktif karar alma kültürünün yaygınlaşmasını desteklemektedir (Al & Sezgen, 2024). Dijital teknolojilerin sağladığı bu yetkinlikler sayesinde işletmeler, sohbet robotları ve mobil uygulamalar gibi araçlarla müşteri deneyimini kişiselleştirerek daha güçlü ilişkiler tesis edebilmektedir (Aksoy, 2024).

İlk Temasta Çözüm ise (İTÇ), bir müşteri talebinin ek bir temas ya da eskalasyon gerektirmeksizin ilk görüşmede kapatılması olarak tanımlanmaktadır. Eskalasyon süreçleri, çağrı merkezlerinde sıklıkla karşılaşılan ancak literatürde görece sınırlı düzeyde incelenen bir alan olmaya devam etmektedir. Reichheld (2003), çözümsüz kalan müşteri sorunlarının churn davranışının en güçlü yordayıcıları arasında yer aldığını vurgulamaktadır. Bu bağlamda eskalasyon yönetiminin etkinleştirilmesi, hem müşteri tutma hem de operasyonel maliyet kontrolü açısından stratejik önem taşımaktadır.

METODOLOJİ

Bu araştırmanın veri toplama süreci, telekomünikasyon sektöründe faaliyet gösteren kurumsal bir işletmenin Ocak–Mart 2026 dönemine ait 2.500 adet çağrı kaydının CRM veri tabanından sistemli bir şekilde filtrelenmesiyle gerçekleştirilmiştir. Analizlerde yalnızca operasyonel değişkenler kullanılmış; müşteriye veya temsilciyi doğrudan tanımlayan kişisel bilgiler (ad, telefon numarası vb.) veri setine dâhil edilmemiştir. Veri setindeki 16 değişken, bağımsız ve bağımlı değişkenler olarak Tablo 1'de gruplandırılmaktadır. Örneklem grubu, operasyonel değişkenlerin çeşitliliğini temsil etmek adına farklı hizmet kategorileri ve müşteri profillerini kapsayacak şekilde seçilmiştir. Araştırmada kullanılan verilerin istatistiksel geçerliliğini sağlamak amacıyla; kategorik değişkenler arasındaki ilişkilerin belirlenmesinde Ki-kare testi, bağımlı değişkenlerin etkileşimini modellemek için lojistik regresyon ve gruplar arası performans farklılıklarını saptamak üzere varyans analizi yöntemlerinden yararlanılmıştır. Bu analitik yaklaşımlar, işletmenin müşteri etkileşim süreçlerinde karşılaşılan darboğazları objektif kriterlerle tanımlamayı ve hizmet verimliliğini optimize edecek stratejik öngörüler geliştirmeyi mümkün kılmaktadır (Örnek & ŞAHBAZ, 2022). Böylece elde edilen bulgular, operasyonel verilerin işlenmesiyle müşteri sadakatinin tesisi ve pazar içerisinde sürdürülebilir bir rekabet avantajı sağlanması noktasında bilimsel bir dayanak sunmaktadır (BİLSEL & ÖZDOĞAN, 2019; Kiliç et al., 2019). Ayrıca, veri madenciliği ve tahminsel analiz teknikleri aracılığıyla büyük verinin işlenmesi, işletmenin piyasa eğilimlerini ve müşteri taleplerini proaktif bir şekilde öngörmesine olanak tanımaktadır (Dursun & Yıldırım, 2024). Özellikle çağrı merkezi operasyonlarında elde edilen bu bulgular, müşteri etkileşimlerinin hizmet kalitesi üzerindeki etkisini nicel verilerle anlamlandırarak, hizmet süreçlerinin iyileştirilmesinde somut bir rehber niteliği taşımaktadır (Odionu et al., 2024).

Tablo 1. Araştırmada Kullanılan Değişkenler ve Özellikleri

Değişken	Tür	Açıklama
Hizmet Kategorisi	Bağımsız – Kategorik	Müşterinin destek talep ettiği ürün veya hizmetin türü (Ses, SMS, Fatura, İnternet, Bulut Santral).
Çağrı Süresi	Bağımsız – Sürekli	Müşteri ile temsilci arasında telefonda geçen toplam görüşme süresi (dakika).
İTÇ (FCR) Durumu	Bağımlı – İkili	Müşteri talebinin ilk telefon görüşmesinde çözülme (1) veya çözülmemesi (0) durumu.
İlk Atanan Birim	Bağımsız – Kategorik	Çağrıyı ilk karşılayan ve talebe ilk müdahaleyi yapan departman.
Eskalasyon Durumu	Bağımlı – İkili	İlk temasta çözülmemeyen sorunun arka birimlere “task” olarak atanma durumu (1: Atandı, 0: Atanmadı).
Task Çözüm Süresi	Bağımlı – Sürekli	Eskalasyon edilen bir talebin ilgili arka birim tarafından çözülmesine kadar geçen süre (saat).
Günlük Çağrı Sayısı	Bağımsız – Sürekli	Çağrının gerçekleştiği gün sisteme düşen toplam müşteri talebi (iş yükü) sayısı.
Pik Gün	Bağımsız – İkili	Günlük çağrı hacminin belirli bir eşik değeri aştığı yoğun gün (1) veya normal gün (0) durumu.

Araştırma Soruları ve Hipotezler

Araştırma kapsamında altı temel soru ele alınmaktadır: (i) Hizmet kategorisi, çağrının ilk temasta çözülme olasılığını anlamlı düzeyde etkiliyor mu? (ii) Çağrı süresi, İTÇ gerçekleşme olasılığını belirliyor mu? (iii) Günlük çağrı yoğunluğu, ortalama çağrı süresiyle ilişkili midir? (iv) Pik günlerde eskalasyon oranı belirgin biçimde artmakta mıdır? (v) İlk atanan birim, İTÇ oranı bakımından farklılık gösteriyor mu? (vi) Çözen birimin türü, task çözüm süresi üzerinde anlamlı bir etki yaratıyor mu? Bu sorulara karşılık gelen hipotezler Metodoloji bölümünde ayrıntılı biçimde tanımlanmaktadır.

Kapsam ve Sınırlılıklar

Araştırma, Ocak–Mart 2026 dönemini ve tek bir çağrı merkezini kapsamaktadır. Veri seti, gerçek operasyonel kayıtlar ile oluşturulmuştur. Müşteri memnuniyet puanı ve temsilci yetkinlik puanı gibi öznel değişkenler veri setine dâhil edilmemiştir; bu durum açıklayıcı gücü kısmen sınırlandırmaktadır.

Hipotezler ve İstatistiksel Testler

Araştırmada sınanan altı hipotez ve karşılık gelen istatistiksel yöntemler Tablo 2'de özetlenmektedir. Analizlerde anlamlılık eşiği $\alpha = ,05$ olarak belirlenmiştir. Etki büyüklüğü ölçütü olarak ki-kare testlerinde Cramér's V, ANOVA analizlerinde η^2 kullanılmıştır. Cohen (1988) sınıflamasına göre $\eta^2 \geq 0,14$ büyük etki; $0,06 \leq \eta^2 < 0,14$ orta etki; $0,01 \leq \eta^2 < 0,06$ küçük etki olarak yorumlanmaktadır.

Tablo 2. Araştırma Hipotezleri ve Kullanılan Analiz Yöntemleri

Kod	Hipotez	Analiz Yöntemi
H1	Hizmet kategorisi, İlk Temasta Çözüm (İTÇ) durumunu anlamlı biçimde etkiler.	Ki-Kare Bağımsızlık Testi
H2	Çağrı süresi uzadıkça, İTÇ gerçekleşme olasılığı düşer (ters yönlü etki).	Lojistik Regresyon
H3	Günlük çağrı yoğunluğunun ortalama çağrı süresi üzerinde anlamlı bir etkisi vardır.	Doğrusal Regresyon
H4	Pik (yoğun) günlerin eskalasyon (task atama) oranı üzerinde etkisi vardır.	Ki-Kare / Mann-Whitney U
H5	İlk atanan birim bazında İTÇ oranlarında anlamlı farklılık vardır.	Tek Yönlü ANOVA
H6	Çözen birim bazında task çözüm süreleri arasında anlamlı farklılık vardır.	Tek Yönlü ANOVA

BULGULAR**Tanımlayıcı İstatistikler**

Toplam 2.500 çağrının %45,5'i ($n = 1.137$) ilk temasta çözüme kavuşturulurken %54,5'i ($n = 1.363$) eskalasyon gerektirmiştir. Ortalama çağrı süresi 13,62 dakika ($SS = 6,90$) olarak gerçekleşmiş; eskalasyon gerçekleşen çağrılarda ortalama task çözüm süresi 47,17 saate ulaşmıştır. Hizmet kategorisi dağılımı incelendiğinde İnternet (Kurumsal) (%30,8; $n = 770$) ve Ses (%21,2; $n = 529$) kategorilerinin toplam çağrı hacminin yarısından fazlasını oluşturduğu görülmektedir. İlk atanan birim bazında Teknik Destek %56,8 ($n = 1.421$) ile ağırlıklı paya sahipken, Customer Success %36,1 ($n = 902$) ve Muhasebe %7,1 ($n = 177$) olarak dağılmıştır.

Tablo 3. Temel Tanımlayıcı İstatistikler

Değişken / Kategori	n / Ort.	% / SS
Toplam Çağrı	2.500	—
İTÇ = 1 (Çözüldü)	1.137	%45,5
İTÇ = 0 (Eskale)	1.363	%54,5
Çağrı Süresi (dk)	13,62	SS = 6,90
Task Çözüm Süresi (sa)	47,17	SS = 34,25
İnternet (Kurumsal)	770	%30,8
Ses	529	%21,2
Fatura	454	%18,2

Değişken / Kategori	n / Ort.	% / SS
İYS	315	%12,6
SMS	242	%9,7
Bulut Santral	190	%7,6
Teknik Destek	1.421	%56,8
Customer Success	902	%36,1
Muhasebe	177	%7,1

H1: Hizmet Kategorisi ve İlk Temasta Çözüm (Ki-Kare Bağımsızlık Testi)

Bu hipotezde bağımsız değişken kategorik ölçüm düzeyindeki hizmet kategorisi (Ses, SMS, Fatura, İnternet (Kurumsal), İYS, Bulut Santral); bağımlı değişken ise ikili ölçüm düzeyindeki İTÇ durumudur. İki kategorik değişken arasındaki bağımsızlık ilişkisini sınamak için Pearson ki-kare (χ^2) bağımsızlık testi uygulanmıştır. Etki büyüklüğü ölçütü olarak Cramér's V kullanılmıştır (Cohen, 1988). Oluşturulan 6×2 kontinjans tablosunun tüm hücrelerindeki beklenen frekanslar incelenmiş; en küçük beklenen hücre frekansının 86,41 olduğu ve 5 eşik değerinin belirgin biçimde üzerinde kaldığı doğrulanmıştır. Dolayısıyla testin uygulanması istatistiksel açıdan geçerlidir.

Tablo 4. Hizmet Kategorisi Bazında İTÇ Dağılımı

Hizmet Kategorisi	Toplam (n)	İTÇ = 1	İTÇ = 0	İTÇ Oranı (%)	Sıra
SMS	242	178	64	%73,6	1
İYS	315	226	89	%71,7	2
Fatura	454	273	181	%60,1	3
Ses	529	205	324	%38,8	4
İnternet (Kurumsal)	770	221	549	%28,7	5
Bulut Santral	190	34	156	%17,9	6
TOPLAM	2.500	1.137	1.363	%45,5	—

Not. İTÇ = İlk Temasta Çözüm; İYS = İletişim Yönetim Sistemi.

Test sonuçları: $\chi^2(5) = 359,26$; $p < ,001$; Cramér's V = ,38. p değeri $\alpha = ,05$ eşliğinin çok altında kaldığından sıfır hipotezi reddedilmekte ve H1 desteklenmektedir. Cramér's V = ,38 değeri orta düzeye yakın bir etki büyüklüğüne karşılık gelmektedir. SMS (%73,6) ve İYS (%71,7) kategorileri en yüksek İTÇ oranlarını sergilemiş; bu kategorilerdeki talepler ağırlıklı olarak standart prosedürler çerçevesinde çözülebilen operasyonel ve idari nitelik taşımaktadır. Buna karşılık Bulut Santral (%17,9) ve İnternet (Kurumsal) (%28,7) kategorileri en düşük oranları göstermiştir. SMS ile Bulut Santral arasındaki yaklaşık 55,7 yüzde puanlık fark, talep türünün çözüm karmaşıklığı üzerindeki belirleyici etkisini açıkça ortaya koymaktadır.

H2: Çağrı Süresi ve İlk Temasta Çözüm (Binary Lojistik Regresyon)

Bağımsız değişken sürekli ölçüm düzeyindeki çağrı süresi (dakika); bağımlı değişken ise ikili İTÇ durumudur. İkili bağımlı değişken üzerindeki sürekli bir yordayıcının etkisini incelemek için binary lojistik regresyon tercih edilmiştir. Çağrı süresi dağılımının sağa çarpık olduğu saptanmış; bu nedenle normalleştirme amacıyla doğal logaritma (ln) dönüşümü uygulanmıştır. Model şu şekilde ifade edilmektedir: $\text{logit}[P(\text{İTÇ} = 1)] = \beta_0 + \beta_1 \times \ln(\text{Çağrı Süresi})$. Model bulguları: $\beta = -1,459$; OR = 0,232; %95 GA [0,196; 0,276]; $p < ,001$; Nagelkerke $R^2 = ,160$.

$p < ,001$ olduğundan sıfır hipotezi reddedilmekte; H2 desteklenmektedir. Çağrı süresindeki logaritmik birim artışı, İTÇ gerçekleşme olasılığını yaklaşık beşte dörde indirmektedir (OR = 0,232). Uzayan çağrı süresinin İTÇ olasılığını azaltması, talebin teknik karmaşıklığına ve bilgi tabanı eksikliğine bağlanabilir.

Nagelkerke $R^2 = ,160$ değeri, modelin İTÇ varyasyonunun yaklaşık %16'sını açıkladığını göstermektedir.

H3: Günlük Çağrı Yoğunluğu ve Çağrı Süresi (Basit Doğrusal Regresyon)

Bağımsız değişken günlük sistemde kayıtlı toplam çağrı sayısı (sürekli); bağımlı değişken ise günlük ortalama çağrı süresidir (sürekli, dakika). Analiz 60 günlük toplam veri üzerinde gerçekleştirilmiştir ($n = 60$ gün). Günlük çağrı sayısı 31 ile 54 arasında değişmekte olup bu dar bant, yoğunluk etkisinin istatistiksel olarak tespit edilebilmesini güçleştirebilecek bir kısıt oluşturmaktadır. Model bulguları: $\beta = 0,033$; $R^2 = ,022$; $F(1, 58) = 1,30$; $p = ,260$.

$p = ,260 > ,05$ olduğundan sıfır hipotezi reddedilememiş; H3 desteklenmemektedir. $R^2 = ,022$ değeri, modelin toplam varyasyonun yalnızca %2,2'sini açıkladığını göstermektedir. Bu bulgu, belirli bir kapasite bandında faaliyet gösterildiğinde çağrı sürelerinin hacimsel baskıdan ziyade talep niteliği, temsilci deneyimi ve hizmet kategorisi karmaşıklığı tarafından belirlendiğine işaret etmekte; operasyonel iyileştirmelerin yoğunluk kontrolünden çok bilgi tabanı (knowledge base) yönetimine odaklanması gerektiğini desteklemektedir.

H4: Pik Günler ve Eskalasyon Oranı (Ki-Kare ve Mann-Whitney U)

Pik gün değişkeni, günlük çağrı hacminin haftalık ortalamayı aştığı günleri (1) ve aşmadığı günleri (0) temsil eden ikili kategorik bir değişkendir. Eskalasyon durumu ise ikili bağımlı değişkendir. İlişkiyi sınamak için Pearson ki-kare bağımsızlık testi ve parametrik olmayan bir alternatif olarak Mann-Whitney U testi uygulanmıştır.

Tablo 5. Pik Gün Bazında Eskalasyon Dağılımı

Gün Türü	Eskalasyon = 1	Eskalasyon = 0	Eskalasyon Oranı (%)
Pik Gün (1)	416	371	%52,9
Normal Gün (0)	947	766	%55,3
TOPLAM	1.363	1.137	%54,5

Not. Pik Gün: haftalık ortalama çağrı sayısını aşan günler.

Ki-kare sonucu: $\chi^2(1) = 1,18$; $p = ,277$. Mann-Whitney U sonucu: $U = 657.725,00$; $p = ,258$. Her iki test de $p > ,05$ çıktığından sıfır hipotezi reddedilememekte; H4 desteklenmemektedir. Pik günlerdeki %52,9 eskalasyon oranı ile normal günlerdeki %55,3 oranı arasında anlamlı bir fark saptanmamıştır. Bu bulgu, günlük çağrı hacminin mevcut operasyonel yapıda eskalasyon mekanizmaları üzerinde bağımsız bir etki oluşturmadığını; eskalasyon kararının hacimsel faktörlerden ziyade talebin niteliği, temsilci yetkinliği ve İTÇ protokollerinin kapsamı gibi bireysel çağrı karakteristikleri tarafından belirlendiğini göstermektedir.

H5: İlk Atanan Birim ve İTÇ Oranı (Tek Yönlü ANOVA ve Tukey HSD)

Bağımsız değişken üç kategoriden oluşan ilk atanan birim (Teknik Destek, Customer Success, Muhasebe); bağımlı değişken ise günlük toplam İTÇ oranıdır (sürekli). İki den fazla grup ortalamasını karşılaştırmak için tek yönlü ANOVA, anlamlı sonuç sonrasında ise Tukey HSD post-hoc testi uygulanmıştır. Varyansların homojenliğine ilişkin Levene testi anlamlı çıkmamış ($p > ,05$); ANOVA varsayımı karşılanmıştır.

Tablo 6. Birim Bazında Günlük İTÇ Oranları ve Tukey HSD Sonuçları

Birim (Kategori)	n (gün)	Ort. İTÇ Oranı	Tukey HSD Anlamlılık
Muhasebe	55	,650	CS ve TD'den anlamlı yüksek ($p < ,001$)
Customer Success	60	,515	TD'den yüksek ($p = ,002$); MUH'tan düşük

Birim (Kategori)	n (gün)	Ort. İTÇ Oranı	Tukey HSD Anlamlılık
Teknik Destek	60	,391	CS ve MUH'tan anlamlı düşük ($p < ,001$)

ANOVA sonucu: $F(2, 172) = 24,97$; $p < ,001$; $\eta^2 = ,225$. $p < ,05$ olduğundan sıfır hipotezi reddedilmekte ve H5 desteklenmektedir. $\eta^2 = ,225$ değeri, birim faktörünün İTÇ oranı varyasyonunun yaklaşık %22,5'ini açıkladığını ortaya koymakta olup Cohen (1988) sınıflamasına göre “büyük etki” olarak değerlendirilmektedir. Tukey HSD testi tüm birim çiftleri arasındaki farkların anlamlı olduğunu ($p < ,05$) doğrulamıştır. Muhasebe biriminin en yüksek İTÇ oranına (%65,0) sahip olması bu birimin faturalama gibi standart prosedürlü talepleri yönetmesiyle; Teknik Destek biriminin en düşük orana (%39,1) sahip olması ise ağ altyapısı ve yazılım gibi yüksek teknik karmaşıklıkta sorunlarla ilgilenmesiyle açıklanmaktadır.

H6: Çözen Birim ve Task Çözüm Süresi (Tek Yönlü ANOVA ve Tukey HSD)

Bağımsız değişken dört kategoriden oluşan çözen birim (Yazılım Ekibi, Teknik Destek, Customer Success, Muhasebe); bağımlı değişken ise eskalasyon edilen task'ların çözülmesine kadar geçen süredir (saat, sürekli). Analiz yalnızca eskalasyon gerçekleşen 1.363 çağrı üzerinde yapılmıştır. Örneklem büyüklüğü ($n = 1.363$) nedeniyle Merkezi Limit Teoremi uyarınca normallik varsayımının karşılandığı kabul edilmiştir.

Tablo 7. Çözen Birim Bazında Task Çözüm Süreleri ve Tukey HSD Sonuçları

Çözen Birim	n	Ort. Süre (sa)	Tukey HSD Anlamlılık
Yazılım Ekibi	781	71,59	Diğer tüm birimlerden anlamlı yüksek ($p < ,001$)
Teknik Destek	429	17,25	YE'den düşük, CS ve MUH'tan yüksek ($p < ,001$)
Customer Success	135	6,74	YE ve TD'den düşük ($p < ,001$); MUH ile fark yok
Muhasebe	18	4,06	YE ve TD'den düşük ($p < ,001$); CS ile fark yok

ANOVA sonucu: $F(3, 1359) = 1.688,45$; $p < ,001$; $\eta^2 = ,789$. Sıfır hipotezi reddedilmekte ve H6 güçlü biçimde desteklenmektedir. $\eta^2 = ,789$ değeri, task çözüm süresindeki toplam varyasyonun yaklaşık %79'unun çözen birim tarafından açıklandığını göstermekte olup Cohen (1988) sınıflamasına göre çok büyük bir etki büyüklüğünü temsil etmektedir. Tukey HSD analizleri, Yazılım Ekibinin (71,59 sa) diğer tüm birimlerden anlamlı biçimde daha uzun çözüm süresine sahip olduğunu ortaya koymuştur ($p < ,001$). Yazılım tabanlı sorunların doğası gereği hata analizi, kod geliştirme ve test süreçleri içermesi bu farkın temel nedenidir. Customer Success (6,74 sa) ve Muhasebe (4,06 sa) birimleri arasındaki farkın anlamsız çıkması ($p = ,887$), her iki birimin de benzer karmaşıklıkta operasyonel süreçleri yönettiğine işaret etmektedir.

SONUÇ VE TARTIŞMA

Bulguların Genel Değerlendirmesi

Bu araştırmada sınanan altı hipotezden dördü istatistiksel olarak desteklenmiş (H1, H2, H5, H6), ikisi ise reddedilmiştir (H3, H4). Bu dağılım, çağrı merkezi performansının esas olarak talep türü ve birim uzmanlığıyla belirlendiğine, günlük hacimsel dalgalanmaların ise incelenen dönem itibarıyla belirleyici bir etki yaratmadığına işaret etmektedir. H1 bulgusu, hizmet kategorisinin İTÇ oranını anlamlı biçimde etkilediğini doğrulamaktadır ($\chi^2(5) = 359,26$; Cramér's V = ,38). SMS ve İYS kategorilerinin yüksek İTÇ oranları, bu hizmetlerin çözüm protokollerinin daha standart ve temsilci tarafından hızla

uygulanabilir olmasıyla; İnternet (Kurumsal) ve Bulut Santral kategorilerindeki düşük oranlar ise teknik altyapıya bağlı sorunların sahada müdahale ya da yazılım ekibi desteği gerektirmesiyle açıklanabilir. H2 bulgusu, çağrı süresinin İTÇ olasılığı üzerindeki güçlü olumsuz etkisini ortaya koymaktadır (OR = 0,232); bu sonuç, uzun çağrı süresinin hem talep karmaşıklığının hem de bilgi boşluklarının bir göstergesi olduğu biçiminde yorumlanabilir ve Feinberg vd.'nin (2000) tespitleriyle örtüşmektedir. H5 ve H6 bulguları, birim bazında hem İTÇ oranında ($\eta^2 = ,225$) hem de task çözüm süresinde ($\eta^2 = ,789$) güçlü farklılıklar olduğunu göstermektedir. Yazılım Ekibinin ortalama 71,59 saatlik çözüm süresi, bu birimin çözdüğü sorunların teknik karmaşıklığını ve uygulama geliştirme döngüsünün doğasını yansıtmaktadır.

Reddedilen Hipotezlerin Yorumu

H3 ve H4'ün reddedilmesi akademik açıdan değerli bulgulardır. H3 bağlamında günlük çağrı hacminin 31–54 aralığındaki görece dar varyasyonu, bir eşik seviyesinin altında kaldığında yoğunluk etkisinin tespit edilemediğine işaret etmekte; kapasiteye yakın çalışılan dönemlerde çağrı uzunluklarının hacimsel baskıdan çok talep niteliğiyle şekillendiği savını desteklemektedir. H4'ün reddedilmesi ise pik günlerin eskalasyon kararını anlamlı biçimde etkilemediğini; mevcut veri setinde eskalasyonun hacimsel tetikleyicilerden değil, temsilci yetkinliği, talep niteliği ve İTÇ durumu gibi bireysel çağrı karakteristiklerinden kaynaklandığını ortaya koymaktadır.

Pratik Öneriler

Kategori Bazlı Bilgi Tabanı Güçlendirilmesi: İnternet (Kurumsal) ve Bulut Santral kategorilerindeki düşük İTÇ oranları, bu kategorilere özgü adım adım çözüm rehberleri ve görsel tanılama araçlarının hayata geçirilmesiyle iyileştirilebilir; böylece temsilcilerin ilk temasta daha fazla sorunu çözebileceği öngörülmektedir (Gans vd., 2003).

Birim Odaklı Eğitim Programları: Teknik Destek biriminin düşük İTÇ oranı (%39,1), bu birimin ağırlıklı olarak karmaşık teknik sorunları ele almasından kaynaklanmaktadır. Temsilci yetkinliğinin artırılmasına yönelik düzenli eğitim ve mentorluk programları İTÇ oranını anlamlı biçimde yükseltebilir (Aksin vd., 2007).

Dinamik Eskalasyon Protokolleri: Yazılım Ekibi'nin ortalama 71,59 saatlik çözüm süresi, eskalasyon öncesinde ön filtreleme ve Teknik Destek desteğinin etkinleştirilmesi yoluyla azaltılabilir. Bu yaklaşım, gereksiz eskalasyonların önlenmesini ve müşteri bekleme süresinin kısaltılmasını sağlayacaktır.

Kısıtlar ve Gelecek Araştırmalar

Bu çalışmanın başlıca kısıtları şunlardır: (i) veri setinin niteliği genellenebilirliği sınırlandırmaktadır; (ii) müşteri memnuniyet puanı, temsilci deneyim düzeyi ve CRM sistemine giriş kalitesi gibi değişkenler analize dâhil edilmemiştir; (iii) kesitsel tasarım nedensellik çıkarımını güçleştirmektedir. Gelecek araştırmalar için makine öğrenimi modelleriyle İTÇ tahmininin geliştirilmesi, müşteri memnuniyet puanının bağımlı değişken olarak eklenmesi ve sektörler arası karşılaştırmalı analizlerin gerçekleştirilmesi önerilmektedir.

Veri Erişilebilirliği

Bu çalışmada kullanılan veri seti, ilgili firmanın ticari gizlilik politikası ve kişisel verilerin korunmasına ilişkin yasal yükümlülükler (6698 sayılı KVKK) gereği kamuya açık biçimde paylaşılmamaktadır. Anonimleştirilmiş bir alt küme, makul ve gerekçeli talepler doğrultusunda sorumlu yazardan temin edilebilir.

KAYNAKÇA

- Abdullateef, A. O., Mokhtar, S. S. M., & Yusoff, R. Z. (2010). The impact of CRM Dimensions on Call Center Performance. Universiti Utara Malaysia Institutional Repository (Universiti Utara Malaysia).
- Aksin, Z., Armony, M., & Mehrotra, V. (2007). The modern call center: A multi-disciplinary perspective on operations management research. *Production and Operations Management*, 16(6), 665–688. <https://doi.org/10.1111/j.1937-5956.2007.tb00288.x>

- Almarshad, M. N. D., Al-Nawafah, S. S., & Tahrawi, M. H. A. A. (2020). The role of customer relationship management success factors on enhancing the mental image of telecommunications companies in Jordan. *Management Science Letters*, 3515–3526. <https://doi.org/10.5267/j.msl.2020.6.043>
- Alshura, M. S. K. (2018). Customer Relationship Management (CRM) Capabilities & Building a Sustainable Competitive Advantage in Mobile Phone Operators in Jordan. *International Journal of Business and Management*, 13(3), 262–262. <https://doi.org/10.5539/ijbm.v13n3p262>
- Bayram, G. (2017). Müşteri İlişkileri Yönetim Sürecinin Sektörel Bazda İncelenmesi: Eleştirel Bir Değerlendirme. *DergiPark* (Istanbul University), 7(3), 233–244. <http://dergipark.gov.tr/jocress/issue/32125/359511>
- Baysal, H. B. (2020). Çağrı merkezi çalışanlarına yönelik motivasyon uygulamaları - nicel bir içerik analizi. *DergiPark* (Istanbul University), 3(3), 175–195. <https://dergipark.org.tr/en/pub/ijephss/article/718088>
- Bulut, U., & Ataay, A. (2017). Çağrı Merkezlerinde Çalışan Performansını Etkileyen Faktörler: Bir İnceleme - Factors Effecting the Employee Performance: Evidences from Call Centers. *Journal of Business Research - Turk*, 9(4), 1–16. <https://doi.org/10.20491/isarder.2017.318>
- Bilsel, H., & Özdoğan, M. A. (2019). Müşteri memnuniyeti ve deneyiminin marka sadakatıyla ilişkisi üzerine bir inceleme: türk hava yolları örneği. *Istanbul Aydın Üniversitesi Dergisi*, 11(2), 245–268. <https://doi.org/10.17932/iau.iaud.m.13091352.2019.2/42.245-268>
- Bruggen, J. van. (2004). Theory and practice of online learning. *British Journal of Educational Technology*, 36(1), 111–112. https://doi.org/10.1111/j.1467-8535.2005.00445_1.x
- Bilgi Teknolojileri ve İletişim Kurumu (BTK). (2025). Türkiye elektronik haberleşme sektörü pazar verileri raporu – 2024 yılı 4. çeyrek. <https://www.btk.gov.tr/>
- Buttle, F., & Maklan, S. (2019). Customer relationship management: Concepts and technologies (4th ed.). Routledge.
- Cıranoglu, M. (2019). LİDER-ÜYE ETKİLEŞİMİNİN TÜKENMİŞLİK DUYGUSUNA ETKİSİ: ÇAĞRI MERKEZLERİNDE ÇALIŞAN MÜŞTERİ TEMSİLCİLERİ ÜZERİNDE BİR ARAŞTIRMA. Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, 6(3), 651–668. <https://doi.org/10.30798/makuiibf.589217>
- Colin, M., Arroyo, J. C., Ruiz, H. M. H., & Carreras, A. B. L. (2023). Impacto del burnout en la experiencia del cliente en los centros de atención telefónica. *ESIC MARKET Economic and Business Journal*, 53(3). <https://doi.org/10.7200/esicm.53.290>
- Cohen, J. (1988). Statistical power analysis for the behavioral sciences (2nd ed.). Lawrence Erlbaum Associates.
- Demirkol, i., & Özcan, s. (2018). Endüstri 4.0 ve çağrı merkezi hizmetlerini etkileyen faktörler üzerine bir araştırma. *İşletme bilimi dergisi*, 6(3), 273–294. <https://doi.org/10.22139/jobs.476554>
- Deniz, a., & kaya, ç. (2021). Çağrı merkezlerinde iş yükünün işte tükenmişlik duygusu üzerindeki etkisi. *Journal of life economics*, 8(1), 81–92. <https://doi.org/10.15637/jlecon.8.1.08>
- Dursun, F., & Yıldırım, E. (2024). Veri Odaklı Pazarlama ve Analitik. İn Özgür Yayınları eBooks. <https://doi.org/10.58830/ozgur.pub621.c2687>
- Ekici, S. G., & Yolcu, T. (2024). Perakendecilikte Müşteri İlişkileri Yönetimi. İn Özgür Yayınları eBooks. <https://doi.org/10.58830/ozgur.pub621.c2683>
- Feinberg, R. A., Kim, I. S., Hokama, L., de Ruyter, K., & Keen, C. (2000). Operational determinants of caller satisfaction in the call centre. *International Journal of Service Industry Management*, 11(2), 131–141. <https://doi.org/10.1108/09564230010323633>
- Field, A. (2018). Discovering statistics using IBM SPSS statistics (5th ed.). SAGE Publications.
- Gans, N., Koole, G., & Mandelbaum, A. (2003). Telephone call centers: Tutorial, review, and research prospects. *Manufacturing & Service Operations Management*, 5(2), 79–141. <https://doi.org/10.1287/msom.5.2.79.16071>
- Gürsev, s. (2024). Çağrı merkezi süreçlerinde müşteri deneyimi ölçümü ve yeni nesil yaklaşımlar. *Bilgisayar bilimleri ve mühendisliği dergisi.*, 17(1), 19–27. <https://doi.org/10.54525/bbmd.1454412>

- Gürün, f., & karaçorlu, a. (2017). An analysis on metropolitan municipality call centers on the axis of information society. *Electronic journal of new media*, 216–228. https://doi.org/10.17932/iau.ejnm.25480200.2020/ejnm_v4i3006
- Grönroos, C. (2004). The relationship marketing process: Communication, interaction, dialogue, value. *Journal of Business & Industrial Marketing*, 19(2), 99–113. <https://doi.org/10.1108/08858620410523981>
- Hair, J. F., Black, W. C., Babin, B. J., & Anderson, R. E. (2019). *Multivariate data analysis* (8th ed.). Cengage Learning.
- Kiliç, H., Atalay, E., & yurtsever, a. E. (2019). Büyük veri ve müşteri ilişkileri yönetimi işbirliğinin pazarlama iletişimi stratejilerindeki rolü: büyük ölçekli özel bir banka örneği. *Stratejik ve Sosyal Araştırmalar Dergisi*, 3(2), 289–310. <https://doi.org/10.30692/sisad.574133>
- Kocabaş, i. (2017). Çağrı merkezi müşteri temsilcisinin imajının müşteri memnuniyeti üzerindeki rolü. *Gümüşhane üniversitesi iletişim fakültesi elektronik dergisi*, 5(1), 118–118. <https://doi.org/10.19145/gumuscomm.291783>
- Koole, G. (2013). *Call center mathematics: A scientific method for understanding and improving contact centers*. Vrije Universiteit Amsterdam.
- Kumar, V., & Reinartz, W. (2018). *Customer relationship management: Concept, strategy, and tools* (3rd ed.). Springer.
- Mathews, A. P., & Sivaraman, S. (2025). Competitive dynamics of the Indian telecom industry in the digital age: a panel data analysis. *Competitiveness Review An International Business Journal Incorporating Journal of Global Competitiveness*, 36(2), 265–280. <https://doi.org/10.1108/cr-12-2024-0240>
- Meraviglia, E., Magnaghi, M., Capone, A., Bléfari-Melazzi, N., Valsecchi, M., & Dozio, L. (2025). A Techno-Economic View of the Future of Telecommunications. 1–6. <https://doi.org/10.1109/medcomnet65822.2025.11103520>
- Odionu, C. S., Bristol-Alagbariya, B., & Okon, R. (2024). Big data analytics for customer relationship management: Enhancing engagement and retention strategies. *International Journal of Scholarly Research in Science and Technology*, 5(2), 50–67. <https://doi.org/10.56781/ijrst.2024.5.2.0039>
- Örnek, A. Ş., & Şahbaz, a. (2022). Sadık Müşterilerinize Kulak Verin! Müşteri İlişkileri Yönetimi, Müşteri Gereksinimleri ve Sadakati Arasındaki İlişkiler: Gempört Liman İşletmesi Örneği. *Girişimcilik İnovasyon ve Pazarlama Araştırmaları Dergisi*, 6(12), 118–140. <https://doi.org/10.31006/gipad.1203797>
- Özbek, T. (2024). Covid-19 Pandemi Döneminde Türk Bankacılık Sektörünün Çağrı Merkezi Performansı Üzerine Değerlendirme. *Aksaray Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 16(1), 1–16. <https://doi.org/10.52791/aksarayiib.1214209>
- Parasuraman, A., Zeithaml, V. A., & Berry, L. L. (1985). A conceptual model of service quality and its implications for future research. *Journal of Marketing*, 49(4), 41–50. <https://doi.org/10.1177/002224298504900403>
- Payne, A., & Frow, P. (2005). A strategic framework for customer relationship management. *Journal of Marketing*, 69(4), 167–176. <https://doi.org/10.1509/jmkg.2005.69.4.167>
- Reichheld, F. F. (2003). The one number you need to grow. *Harvard Business Review*, 81(12), 46–54.
- Reinartz, W., Krafft, M., & Hoyer, W. D. (2004). The customer relationship management process: Its measurement and impact on performance. *Journal of Marketing Research*, 41(3), 293–305. <https://doi.org/10.1509/jmkr.41.3.293.35991>
- Saberi, M., Hussain, O. K., & Chang, E. (2017). Past, present and future of contact centers: a literature review. *Business Process Management Journal*, 23(3), 574–597. <https://doi.org/10.1108/bpmj-02-2015-0018>
- Şahin, y., kasap, s. S., & özkan, e. (2020). Müşteri ilişkileri yönetimi açısından çok kriterli tercih edilebilirlik analizi: zincir avm örneği. *Dergipark* (istanbul university). <https://dergipark.org.tr/en/pub/endustrimuhendisligi/article/737060>
- Sarı, i. U., sergi, d., & özuduruk, s. F. (2020). Müşteri hizmetleri bölümünde süreç analizi ve stratejik planlama- lastik sektöründe bir uygulama. *Eskişehir teknik üniversitesi bilim ve teknoloji dergisi b - teorik bilimler*, 8(2), 191–211. <https://doi.org/10.20290/estubtdb.604569>

- Sayı, t. (2017). E-gifder.volume.5.issue.1.march.2017. Dergipark (istanbul university).
<https://dergipark.org.tr/en/pub/e-gifder/article/307966>
- Şaylan, o., esmer, y., & çelik, p. (2023). Kobi'lerde stratejik pazarlama yönetimi: lüleburgaz örneği. Mehmet akif ersoy üniversitesi iktisadi ve idari bilimler fakültesi dergisi, 10(1), 639–657.
<https://doi.org/10.30798/makuiibf.1219980>
- Selvi, ö. (2014a). Customer relationship management and an application for retail sector. Dergipark (istanbul university). <https://dergipark.org.tr/tr/pub/erusosbilder/issue/23770/253398>
- Selvi, ö. (2014b). Müşteri ilişkileri yönetimi ve perakende sektörüne yönelik bir uygulama. Dergipark (istanbul university), 1(36), 107–121.
<https://dergipark.org.tr/tr/pub/erusosbilder/issue/23770/253398>
- Sert, e., & tayalı, s. T. (2021). Müşteri ilişkileri süreçlerinin vza kullanarak geliştirilmesi: bilişim sektöründe uygulama. Dergipark (istanbul university), 5(9), 47–62.
<https://dergipark.org.tr/tr/pub/ijma/issue/60472/852421>
- Taşkın, D., & Taşkın, Ç. (2018). Çağrı Merkezi hizmetlerinde müşteri beklentisi boyutlarının müşteri tatmini üzerindeki etkisinin pls-sem ile ölçümü. Journal of Business Research Turk, 10(1), 465–481. <https://doi.org/10.20491/isarder.2018.390>
- Zeithaml, V. A., Berry, L. L., & Parasuraman, A. (1996). The behavioral consequences of service quality. Journal of Marketing, 60(2), 31–46. <https://doi.org/10.1177/002224299606000203>

**YOUTUBE PLATFORMUNDA YER ALAN KULAK İZİ ALMA VİDEOLARININ
ODYOLOJİK UYGULAMALAR AÇISINDAN İNCELENMESİ VE KALİTE ANALİZİ**
*ANALYSIS OF EAR IMPRESSION TAKING VIDEOS ON YOUTUBE IN TERMS OF
AUDIOLOGICAL APPLICATIONS AND QUALITY ASSESSMENT*

Asst. Prof. Banu BAŞ

Ankara Yıldırım Beyazıt University, Faculty of Health Sciences, Department of Audiology, Ankara,
Türkiye,
ORCID: ID/0000-0002-2521-4545

Hande ÇAKIROĞLU

Ankara Yıldırım Beyazıt University, Institute of Health Sciences, MSc Program in Audiology,
Ankara, Türkiye,
ORCID: ID/0009-0007-3924-5995

ABSTRACT

The widespread adoption of digital technologies and the internet has significantly transformed access to and learning of health-related information. In particular, video-sharing platforms such as YouTube have become common sources of information for both patients and healthcare professionals in health education. However, the absence of scientific peer-review or formal editorial oversight for content published on these platforms raises important concerns regarding information quality and reliability. In this context, the educational adequacy and accuracy of videos on clinically critical procedures such as ear impression taking are of particular importance. The aim of this study was to evaluate the content quality, reliability, and educational value of YouTube videos on ear impression taking, and to examine the relationship between video metrics (views, likes, comments, duration) and quality indicators (Modified DISCERN, Global Quality Scale, and Content Score). In this cross-sectional study, 15 videos meeting the inclusion criteria were analyzed. Videos were independently assessed by two reviewers using standardized evaluation scales, and the resulting data were analyzed using statistical methods. The findings revealed strong correlations among engagement metrics; however, these metrics were not significantly associated with content quality. In contrast, a high level of agreement was found among the quality assessment tools used. Additionally, no significant differences were observed between institutional and individual sources in terms of either engagement or quality. In conclusion, popularity indicators on YouTube do not reflect the content quality of ear impression taking videos, whereas standardized quality assessment tools provide consistent results. These findings highlight the importance of using objective and standardized criteria in the evaluation of digital health content.

Keywords: YouTube, ear impression taking, digital health, content quality, Modified DISCERN, Global Quality Scale (GQS)

ÖZET

Dijital teknolojilerin ve internetin yaygınlaşması, sağlıkla ilgili bilgiye erişim ve öğrenme süreçlerini önemli ölçüde dönüştürmüştür. Özellikle YouTube gibi video paylaşım platformları, sağlık eğitiminde hem hastalar hem de sağlık profesyonelleri için yaygın bir bilgi kaynağı hâline gelmiştir. Ancak bu platformlarda yer alan içeriklerin herhangi bir bilimsel denetim veya hakemlik sürecinden geçmemesi, bilgi kalitesi ve güvenilirliği açısından önemli sorunları beraberinde getirmektedir. Bu bağlamda, kulak izi alma gibi klinik açıdan kritik bir uygulamaya yönelik videoların eğitsel yeterliliği ve doğruluğu özel bir önem taşımaktadır. Bu çalışmanın amacı, YouTube’da yer alan kulak izi alma videolarının içerik kalitesini, güvenilirliğini ve eğitsel değerini değerlendirmek; ayrıca video metrikleri (izlenme, beğeni, yorum, süre) ile kalite göstergeleri (Modifiye DISCERN, Global Kalite Ölçeği ve İçerik Skoru) arasındaki ilişkiyi incelemektir. Kesitsel tasarıma sahip çalışmada, belirlenen kriterleri karşılayan 15 video analiz edilmiştir. Videolar iki bağımsız değerlendirici tarafından standart ölçekler kullanılarak puanlanmış ve elde edilen veriler istatistiksel yöntemlerle analiz edilmiştir. Bulgular, etkileşim metrikleri arasında güçlü ilişkiler olmasına rağmen bu metriklerin içerik kalitesi ile anlamlı bir ilişki göstermediğini ortaya koymuştur. Buna karşılık, kullanılan kalite ölçekleri arasında yüksek düzeyde

uyum saptanmıştır. Ayrıca kurumsal ve bireysel kaynaklı videolar arasında hem etkileşim hem de kalite açısından anlamlı fark bulunmamıştır. Sonuç olarak, YouTube’da kulak izi alma videolarında popülerlik göstergelerinin içerik kalitesini yansıtmadığı, buna karşın kalite değerlendirme araçlarının tutarlı sonuçlar verdiği belirlenmiştir. Bu bulgular, sağlıkla ilgili dijital içeriklerin değerlendirilmesinde objektif ve standartlaştırılmış ölçütlerin kullanımının önemini ortaya koymaktadır.

Anahtar kelimeler: YouTube, kulak izi alma, dijital sağlık, içerik kalitesi, Modifiye DISCERN, GQS

1. GİRİŞ

Dijital teknolojilerdeki hızlı gelişim ve internet erişiminin yaygınlaşması, sağlıkla ilgili bilgiye ulaşma yöntemlerini önemli ölçüde değiştirmiştir (Eysenbach & Köhler, 2002). Geleneksel basılı kaynakların yerini giderek daha fazla görsel ve işitsel içerik sunan dijital platformlar almakta, bu durum sağlık eğitimi ve sağlık okuryazarlığı alanlarında yeni öğrenme fırsatları yaratmaktadır (Gabarron ve ark., 2013). Dünyanın en büyük video paylaşım platformlarından biri olan YouTube, aylık milyarlarca kullanıcıya ulaşması ve sağlık konularında geniş içerik çeşitliliği sunması nedeniyle hem hastalar hem de sağlık profesyonelleri için önemli bir bilgi kaynağı hâline gelmiştir (Aydın & Aydın, 2020). Özellikle sağlık bilimleri öğrencileri açısından YouTube, teorik bilgilerin klinik uygulamalarla desteklenmesine katkı sağlayan, görsel öğrenmeyi kolaylaştıran tamamlayıcı bir eğitim aracı olarak kullanılmaktadır (Thomas ve ark., 2021).

Bununla birlikte, YouTube platformunda yer alan içeriklerin bilimsel bir denetim veya hakemlik sürecinden geçmeden yayımlanabilmesi, bilgi kalitesi açısından çeşitli sorunları da beraberinde getirmektedir (Mueller ve ark., 2020). Platformda herkesin içerik üretebilmesi; eksik, güncelliğini yitirmiş, yanlış veya hatalı bilgilerin yayılmasına olanak tanımakta ve kullanıcıların güvenilir bilgiye ulaşmasını güçleştirebilmektedir (Wang ve ark., 2023). Literatürde pediatrik trakeostomi bakımı, fonksiyonel endoskopik sinüs cerrahisi, koklear implant cerrahisi, patolojik taşikardi yönetimi ve ventilasyon tüpü uygulamaları gibi çeşitli tıbbi konularda gerçekleştirilen çalışmalar, YouTube videolarının eğitsel kalite ve güvenilirlik açısından önemli eksiklikler taşıyabildiğini göstermiştir (Wu ve ark., 2020; Duymaz ve ark., 2023; Li ve ark., 2024; Aktar Ugurlu & Ugurlu, 2025). Ayrıca izlenme, beğeni ve yorum sayıları gibi popülerlik göstergelerinin içerik kalitesini her zaman yansıtmadığı ve kullanıcıların bilimsel açıdan güvenilir içerikleri yanıltıcı bilgilerden ayırt etmekte zorlanabildiği bildirilmiştir (Haymes & Harries, 2016).

Kulak izi alma işlemi, işitme cihazı ve kulak kalıbı uygulamalarının temel basamaklarından biri olup, elde edilen izlenimin doğruluğu cihazın akustik performansı, fiziksel uyumu ve kullanıcı konforu açısından büyük önem taşımaktadır (Ataş ve ark., 2024; Lybarger ve ark., 2006). Bireye özel kulak kalıbı üretimi ve işitme cihazı verimliliği açısından kulak anatomisinin doğru ve güvenli şekilde kopyalanması gerekmektedir. Bununla birlikte işlem sırasında otoskopik değerlendirmenin yetersiz yapılması, otoblok yerleşiminin hatalı gerçekleştirilmesi veya uygulama derinliğinin uygun şekilde kontrol edilmemesi gibi durumlar; dış kulak yolu travmaları, kanama, timpan membran perforasyonu ve iz materyalinin orta kulağa kaçması gibi ciddi komplikasyonlara neden olabilmektedir (Lybarger ve ark., 2006). Bu nedenle kulak izi alma becerisi, yalnızca teknik bir uygulama değil aynı zamanda hasta güvenliği ve klinik yeterlilik gerektiren temel bir odyolojik beceridir. Odyoloji öğrencilerinin ve mesleğe yeni başlayan klinisyenlerin kulak izi alma becerisini doğru teknikle, güvenli uygulama ilkelerine ve enfeksiyon kontrol kurallarına uygun şekilde öğrenmeleri gerekmektedir (Ataş ve ark., 2024). Ancak eğitim sürecinde sıklıkla başvuru YouTube videolarının, bu işleme ilişkin kritik uygulama basamaklarını ne ölçüde doğru, güvenilir ve kapsamlı biçimde sunduğuna yönelik çalışmalar oldukça sınırlıdır.

Bu doğrultuda, mevcut çalışmanın amacı YouTube platformunda yer alan kulak izi alma videolarının hastalara yönelik bilgilendirme, odyoloji öğrencileri ve klinisyenler açısından eğitim materyali olarak kullanılabilirliğini değerlendirmek ve videoların içerik kalitesi, güvenilirliği ve eğitsel yeterliliğini incelemektir. Ayrıca videoların klinik uygulama basamaklarını içerme düzeylerinin belirlenmesi, Modifiye DISCERN ve Global Kalite Ölçeği (GQS) kullanılarak kalite ve güvenilirliklerinin değerlendirilmesi, video popülerlik ölçütleri ile kalite skorları arasındaki ilişkinin araştırılması ve videoyu yükleyen kaynak türünün içerik kalitesi üzerindeki etkisinin ortaya konulması hedeflenmiştir.

2. YÖNTEM

2.1 Arama Stratejisi ve Video Seçimi

Bu kesitsel çalışmada veri toplama işlemi için YouTube platformu kullanılmıştır. Taramalar, internet kullanıcılarının gerçek arama davranışlarını ve en sık karşılaştıkları sonuçları simüle etmek amacıyla, platformun varsayılan arama algoritması olan "En Alakalı" (most relevant) filtreleme seçeneği seçilerek gerçekleştirilmiştir. Arama terimleri olarak Türkçe literatür ve kullanıcı alışkanlıkları göz önünde bulundurularak "kulak izi alma" anahtar kelimesi kullanılmıştır. Tarama öncesinde, geçmiş arama geçmişinin ve çerezlerin arama algoritmasını etkileyerek yanlılığa yol açmaması için tarayıcı ön belleği tamamen temizlenmiş, yeni bir kullanıcı profili tanımlanmış ve veri kaydetme özellikleri kapatılmıştır. Yapılan araştırmalar, internet kullanıcılarının arama sonuçlarında genellikle ilk sayfalara odaklandığını gösterdiğinden, ilk 15 video birincil olarak değerlendirmeye alınmıştır.

Kulak izi alma işlemini uygulamalı (klinik ortamda veya maket üzerinde) olarak gösteren, sürecin aşamalarına dair sesli anlatım veya yazılı açıklama/altyazı içeren, eğitim veya bilgilendirme amacı taşıyan, süresi 25 saniyeden uzun olan videolar çalışmaya dahil edilmiştir. Video dili Türkçe olan içeriklerin yanı sıra, Türkçe yayın yapan kanallarda yayımlanmış olup İngilizce seslendirme veya altyazı içeren videolar da değerlendirmeye alınmıştır. Sağlık profesyonellerine, odyoloji öğrencilerine veya hastalara yönelik bilgilendirme amacı taşımayan, başka kanallardan mükerrer (tekrar yüklenen) olarak paylaşılan videolar, kulak izi alma tekniğini göstermeyip yalnızca bir işitme cihazı ürününün, markasının ya da özel bir kliniğin reklamını/tanıtımını yapan içerikler ile görsel veya işitsel kalitesi veri çıkarımına izin vermeyecek ölçüde kötü olan videolar çalışma dışı bırakılmıştır.

2.2 Değerlendirme Süreci

Dahil edilme kriterlerini karşılayan tüm videolar, odyoloji alanında klinik ve akademik deneyime sahip, birbirinden bağımsız iki araştırmacı tarafından titizlikle ve tamamen izlenmiştir. Araştırmacılar, videoları izlerken içerik analizi ve kalite değerlendirmelerini önceden yapılandırılmış ve standardize edilmiş bir Microsoft Excel formuna kaydederek yürütmüşlerdir. İki değerlendiricinin puanlamaları, kategorizasyonları veya ölçek maddelerine verdikleri yanıtlar arasında uyumsuzluk çıkması durumunda, ilgili maddeler ve videolar araştırmacılar tarafından bir araya gelinerek yeniden tartışılmıştır. Bu tartışma sonucunda da uzlaşma sağlanamaması halinde, nihai kararın verilmesi ve puanın kesinleştirilmesi için üçüncü bir bağımsız kıdemli araştırmacının hakemliğine başvurulmuştur.

2.3 Kaydedilecek Değişkenler (Video Metrikleri)

Videoların kalitatif ve eğitsel analitik değerlendirmelerine ek olarak, popülerite ve kullanıcı etkileşim düzeylerini belirlemek amacıyla aşağıdaki nesnel video metrik verileri toplanıp kayıt altına alınmıştır: Videonun toplam süresi (saniye cinsinden), veri toplama gününe kadar yayında kaldığı toplam gün sayısı, toplam görüntülenme (izlenme) sayısı, beğeni ve yorum sayıları, hesap türü (kurumsal, bireysel).

2.4 Değerlendirme Ölçekleri ve Sorular

Çalışmada videoların kalitesini, klinik doğruluğunu ve pedagojik yeterliliğini çok boyutlu ve standardize bir biçimde ölçebilmek amacıyla üç farklı değerlendirme aracı kombinasyonu kullanılmıştır:

Kulak İzi Alma İçerik Değerlendirme Formu (İçerik Skoru): Klinik kılavuzlar ve odyolojik uygulama prosedürleri dikkate alınıp araştırmacılar tarafından literatür taraması yapılarak tasarlanmış 8 maddelik bir kontrol listesidir. Her bir videonun, kulak izi alma sürecindeki temel klinik güvenlik ve uygulama adımlarını içerip içermediği kalitatif olarak taranmıştır. Puanlama ikili (binary) sistemde yapılır: Klinik adım videoda doğru şekilde gösterilmiş veya netçe açıklanmışsa "1 Puan (Var)"; hiç gösterilmemiş, eksik bırakılmış ya da yanlış uygulanmışsa "0 Puan (Yok/Kısmen)" olarak değerlendirilmiştir. Formdan alınabilecek toplam skor 0 ile 8 arasında değişmektedir. Kontrol edilen klinik basamaklar şunlardır:

1. İşlem öncesi ve işlem sonrasında otoskopik değerlendirme yapılması/gösterilmesi.
2. Dış kulak yolu güvenliğini sağlamak için otoblokun (pamuk veya sünger bariyer) uygun anatomik derinliğe yerleştirilmesi.

3. Kulak izi materyalinin; karıştırma süresi, tekniği ve homojenliğinin doğru aktarılması.
4. Enjeksiyon tekniğinin kurallarına (şırınga/tabanca kullanımı, şırınga ucunun materyal içinde gömülü tutularak hava kabarcığı önlenmesi) uyulması.
5. İz derinliğinin uygunluğunun (ikinci bükümü geçme durumu) kontrol edilmesi.
6. Kalıbın çıkarma tekniğinin (kulaktaki vakum etkisini kırma ve kulak kepçesini manevra ederek kibarca çekme) gösterilmesi.
7. Genel hijyen ve enfeksiyon kontrol kurallarına (eldiven kullanımı, dezenfeksiyon) dikkat edilmesi.
8. İşlem esnasında gelişebilecek olası komplikasyonlar (öksürük refleksi, vagal refleks, zedelenme vb.) hakkında uyarı yapılması.

Modifiye DISCERN Ölçeği: Sağlık tüketicilerine ve öğrencilere sunulan tıbbi tedavi seçenekleri ve klinik bilgilendirmelerin güvenilirliğini ölçmek üzere Oxford Üniversitesi tarafından geliştirilmiş doğrulanmış DISCERN aracının kulak izi alma prosedürüne uyarlanmış versiyonudur. Videoların güvenilirliğini yansıtan temel maddeler 5'li Likert tipinde puanlanır (1= Hayır/Hiç, 2-4= Kısmen, 5= Evet/Tamamen):

1. Videonun amaçları baştan açıkça belirtilmiş mi ve video bu amaçlara ulaşıyor mu?
2. Videoda sunulan teknik/akademik bilgilerin kaynağı veya referans tarihi açıkça tanımlanmış mı?
3. Sunulan içerik dengeli, objektif ve önyargısız mı?
4. Kullanıcıları daha detaylı bilgi edinebilecekleri ek kaynaklara ya da profesyonel destek mekanizmalarına yönlendiriyor mu?
5. İşlemin barındırdığı olası klinik risklere (otoblokun derine kaçması, dış kulak yolu zedelenmesi vb.) değiniyor mu?

Global Kalite Ölçeği (GQS- Global Quality Scale): Videonun genel akışını, pedagojik değerini ve bir odyoloji öğrencisi ya da klinisyen için eğitim materyali olarak taşıdığı net faydayı derecelendiren 5 puanlık likert yapılı bir araçtır. Videolar şu kriterlere göre 1 ile 5 arasında skorlanır:

- *1 Puan (Çok zayıf):* Bilgi akışı kopuk, teknik adımlar hatalı veya eksik; eğitim için kesinlikle yetersiz ve kullanışsız.
- *2 Puan (Zayıf):* Bilgi akışı kısıtlı, pratik değer taşımayan, birçok önemli klinik basamağın eksik olduğu çok sınırlı içerik.
- *3 Puan (Orta):* Bazı önemli bilgiler doğru aktarılmış ancak kulak izi sürecinin tamamını açıklamada yetersiz.
- *4 Puan (İyi):* Kulak izi alma sürecinin büyük bir kısmı klinik olarak doğru yansıtılmış, belirgin hatalar barındırmayan, eğitim açısından faydalı içerik.
- *5 Puan (Mükemmel):* Klinik eğitim için son derece uygun, prosedürün tüm detaylarını eksiksiz, net ve akıcı bir biçimde sunan en yüksek kalitede kaynak.

2.5 İstatistiksel Analiz

Toplanan verilerin istatistiksel analizleri Jamovi (sürüm 2.6.45) yazılımı kullanılarak gerçekleştirilmiştir (The jamovi project, 2024). Video metrik değişkenlerinin (izlenme, beğeni, yorum sayıları, video süresi vb.) normallik dağılımı Shapiro-Wilk testi ile incelenmiştir. Video popülerite metrikleri ile Modifiye DISCERN, GQS ve İşleme Özgü İçerik Değerlendirme Formu skorları arasındaki doğrusal ilişkilerin varlığı ve yönü Spearman korelasyon testi ile analiz edilmiştir. Ayrıca videoları yükleyen hesap kategorilerine (kurumsal, bireysel) göre kalite skorları ve metrikler arasında anlamlı bir farklılık olup olmadığını saptamak amacıyla Mann-Whitney U testi kullanılmıştır. İstatistiksel anlamlılık düzeyi tüm analizler için $p < 0.05$ olarak kabul edilmiştir.

3. BULGULAR

3.1 Tanımlayıcı İstatistikler ve Dağılım Özellikleri

Çalışmaya dahil edilen 15 videoya ilişkin tanımlayıcı istatistikler Tablo 1'de sunulmuştur. Videoların ortalama süresi 285 saniye (medyan = 104), ortalama yayın süresi 52.8 gün (medyan = 48) olarak belirlenmiştir. Ortalama izlenme sayısı 12.560 (medyan = 2.107), beğeni sayısı 62.7 (medyan = 24) ve yorum sayısı 5.07 (medyan = 0) olarak bulunmuştur. İçerik kalitesi açısından ortalama İçerik Skoru 4.93

(medyan = 5), Modifiye DISCERN skoru 12.1 (medyan = 10) ve GQS skoru 3.13 (medyan = 3) olarak saptanmıştır.

İncelenen videoların genel kalitesini değerlendiren GQS puanları dikkate alındığında, videoların %13.33 'ünün (2 video) prosedürün tüm detaylarını eksiksiz ve akıcı bir şekilde sunarak 5 Puan (Mükemmel) almıştır. Sürecin büyük bir kısmını klinik olarak doğru yansıtan ve eğitim açısından faydalı bulunan videoların oranı ise %20 (3 video) ile 4 Puan (İyi) seviyesindedir. Analiz edilen içeriklerin en büyük kısmını, %46.67'lik bir oranla (7 video) kulak izi sürecinin tamamını açıklamada yetersiz kalan ancak bazı doğru bilgiler barındıran 3 Puan (Orta) derecesindeki videolar oluşturmaktadır. Buna karşın, pratik değer taşımayan ve birçok önemli klinik basamağın eksik olduğu kısıtlı içerikler oranla %6.67 (1 video) 2 Puan (Zayıf) alırken, bilgi akışı tamamen kopuk, hatalı ve eğitim için kesinlikle yetersiz bulunan videoların oranı da %13.33 (2 video) ile 1 Puan (Çok zayıf) olarak belirlenmiştir.

Tablo 1. Tanımlayıcı İstatistikler

	Süre (s)	Yayın Süresi (gün)	İzlenme	Beğeni	Yorum	İçerik Skoru	Modifiye DISCERN	GQS
N	15	15	15	15	15	15	15	15
Mean	285	52.8	12560	62.7	5.07	4.93	12.1	3.13
Median	104	48	2107	24	0	5	10	3
Standard deviation	576	37.3	27536	90.3	10.8	2.15	4.96	1.19
IQR	176	42.0	6820	70.0	4.00	2.50	6.00	1.00
Minimum	25	12	70	0	0	1	6	1
Maximum	2304	132	105479	323	41	8	23	5

Videoların İçerik Skoru dağılımları incelendiğinde, en yüksek değerlendirme basamaklarında yer alan ve zengin içerik sunan 8 Skoruna videoların %13,33'ü (2 video), 7 Skoruna %13,33'ü (2 video) ve 6 Skoruna yine %13,33'ü (2 video) sahiptir. Videoların en yoğun kümelendiği orta-iyi segmenti ise %20,00'lik (3 video) oranlarla 5 Skoru ve yine %20,00'lik (3 video) oranla 4 Skoru oluşturmaktadır. Buna karşın, içerik kalitesi beklentilerin altında kalan ve daha kısıtlı bilgi barındıran videolar incelendiğinde; 2 Skoruna sahip videoların oranı %13,33 (2 video) iken, en düşük değerlendirme olan 1 Skoru alan video oranı %6,67 (1 video) olarak belirlenmiştir.

İncelenen videoların Modifiye DISCERN skorları analiz edildiğinde, en yüksek puanı alan ve en güvenilir kaynak olarak öne çıkan 23 skoru videoların %6,67'sini (n=1) oluşturmaktadır. Yüksek kaliteli diğer içeriklerden 20 ve 17 skorları da yine %6,67'ser (n=1) orana sahiptir. Orta-üst kalite grubunda yer alan 15 ve 14 skorları %6,67'ser (n=1) pay alırken, 13 skoru %13,33 (n=2) ile bu bölgedeki en yoğun skoru oluşturmuştur. Daha düşük güvenilirlik seviyesindeki 10, 9 ve 8 skorlarının her birinin dağılımdaki payı %13,33'tür (n=2). Bilgi güvenilirliği açısından en zayıf halkayı oluşturan 7 ve 6 skorları ise %6,67'ser (n=1) orana sahiptir.

3.2 Video Metrikleri ve Kalite Göstergeleri Arasındaki İlişkiler

Etkileşim metrikleri arasında güçlü ve anlamlı ilişkiler saptanmıştır. İzlenme sayısı ile beğeni sayısı arasında çok güçlü pozitif korelasyon ($p = 0.913$, $p < 0.001$), izlenme ile yorum sayısı arasında orta düzey korelasyon ($p = 0.611$, $p = 0.016$) ve beğeni ile yorum sayısı arasında güçlü korelasyon ($p = 0.769$, $p < 0.001$) bulunmuştur (Tablo 2).

Video süresi ve yayın süresinin etkileşim metrikleri üzerinde istatistiksel olarak anlamlı bir etkisi olmadığı belirlenmiştir ($p > 0.05$). Buna karşılık İçerik Skoru ile video süresi arasında orta düzeyde pozitif ve anlamlı ilişki saptanmıştır ($p = 0.668$, $p = 0.007$) (Tablo 2).

Tablo 2. Video metrikleri ile kalite göstergeleri arasındaki korelasyon analizleri (Spearman rho)

Değişkenler	ρ (Spearman)	p değeri
İzlenme Sayısı – Beğeni Sayısı	0.913	<0.001*
İzlenme Sayısı – Yorum Sayısı	0.611	0.016*
Beğeni Sayısı – Yorum Sayısı	0.769	<0.001*
Video Süresi – İçerik Skoru	0.668	0.007*
Video Süresi – Modifiye DISCERN	0.907	<0.001*
İçerik Skoru – Modifiye DISCERN	0.719	0.003*
GQS – Modifiye DISCERN	0.863	<0.001*
Beğeni Sayısı – Modifiye DISCERN	0.505	0.055
Video Süresi – GQS	0.757	0.001*
Beğeni Sayısı – GQS	0.576	0.025*
Yorum Sayısı – GQS	0.519	0.048*
İçerik Skoru – GQS	0.941	<0.001*

Modifiye DISCERN skoru ile video süresi arasında çok güçlü bir korelasyon ($\rho = 0.907$, $p < 0.001$) belirlenmiş; ayrıca İçerik Skoru ($\rho = 0.719$, $p = 0.003$) ve GQS ($\rho = 0.863$, $p < 0.001$) ile de güçlü ve anlamlı ilişkiler bulunmuştur. Modifiye DISCERN skorunun izlenme ve yorum sayıları ile ilişkisi anlamlı değilken ($p > 0.05$), beğeni sayısı ile sınırda bir ilişki göstermiştir ($\rho = 0.505$, $p = 0.055$) (Tablo 2).

GQS ile video süresi ($\rho = 0.757$, $p = 0.001$), beğeni ($\rho = 0.576$, $p = 0.025$) ve yorum sayısı ($\rho = 0.519$, $p = 0.048$) arasında anlamlı pozitif ilişkiler saptanmıştır. En güçlü ilişki ise GQS ile İçerik Skoru arasında bulunmuştur ($\rho = 0.941$, $p < 0.001$) (Tablo 2).

3.3 Kurumsal ve Bireysel Hesapların Karşılaştırılması

Kurumsal ve bireysel hesaplar arasında video özellikleri ve kalite göstergeleri açısından anlamlı bir farklılık saptanmamıştır. Video süresi ($U = 12.00$, $p = 0.448$), yayın süresi ($U = 14.00$, $p = 0.608$), izlenme ($U = 12.00$, $p = 0.448$), beğeni ($U = 9.00$, $p = 0.219$) ve yorum sayısı ($U = 14.00$, $p = 0.568$) açısından gruplar arasında fark bulunmamıştır (Tablo 3).

Benzer şekilde İçerik Skoru ($U = 6.50$, $p = 0.108$), Modifiye DISCERN ($U = 12.00$, $p = 0.426$) ve GQS ($U = 8.50$, $p = 0.168$) puanları da iki grup arasında istatistiksel olarak farklılık göstermemiştir ($p > 0.05$) (Tablo 3).

Tablo 3. Kurumsal ve bireysel hesapların video özellikleri ve kalite göstergeleri açısından karşılaştırılması (Mann–Whitney U testi)

Değişken	U değeri	p değeri
Video Süresi	12.00	0.448
Yayın Süresi	14.00	0.608
İzlenme Sayısı	12.00	0.448
Beğeni Sayısı	9.00	0.219
Yorum Sayısı	14.00	0.568
İçerik Skoru	6.50	0.108
Modifiye DISCERN Skoru	12.00	0.426
GQS Skoru	8.50	0.168

4. TARTIŞMA

Bu çalışmada YouTube’da yer alan kulak izi alma videolarının metrikleri ile içerik kalitesi arasındaki ilişki incelenmiş ve kurumsal-bireysel hesaplar arasında karşılaştırma yapılmıştır. Elde edilen bulgular,

dijital sağlık içeriklerinde etkileşimin yüksek olmasına rağmen içerik kalitesinin bu etkileşimle her zaman paralel olmadığını göstermektedir.

Çalışmada etkileşim metrikleri (izlenme, beğeni ve yorum) arasında güçlü pozitif ilişkiler bulunmuştur. Bu durum, sosyal medya platformlarında kullanıcı etkileşiminin birbirini besleyen bir yapıya sahip olduğunu göstermektedir. Benzer şekilde literatürde de YouTube sağlık içeriklerinde yüksek izlenme sayılarının genellikle daha fazla beğeni ve yorum ile ilişkili olduğu bildirilmiştir (Aydın & Aydın, 2020; Wang et al., 2023). Ancak bu etkileşim göstergelerinin içerik kalitesi ile doğrudan ilişkili olmaması dikkat çekicidir. Nitekim bu çalışma, yüksek etkileşim alan videoların her zaman yüksek güvenilirlik ve doğruluk içermediğini ortaya koyan önceki çalışmalarla uyumludur (Mueller et al., 2020; Li et al., 2024).

İçerik kalitesi açısından Modifiye DISCERN, GQS ve İçerik Skoru arasında güçlü korelasyonlar bulunması, kullanılan değerlendirme araçlarının tutarlı ölçüm yaptığını göstermektedir. DISCERN aracının sağlık bilgi kalitesini değerlendirmede güvenilir bir ölçüt olduğu daha önce de vurgulanmıştır (Charnock et al., 1999). Benzer şekilde YouTube sağlık içeriklerinin değerlendirilmesinde GQS ve DISCERN gibi araçların birlikte kullanıldığı çalışmalar, bu ölçeklerin tamamlayıcı nitelikte olduğunu ortaya koymuştur (Gabarron et al., 2013; Wu et al., 2020). Bu çalışma da söz konusu literatürü destekleyerek, kalite ölçekleri arasında yüksek düzeyde uyum olduğunu göstermektedir.

Video süresi ile kalite göstergeleri arasındaki anlamlı pozitif ilişkiler, daha uzun videoların daha detaylı ve kapsamlı bilgi sunma eğiliminde olabileceğini düşündürmektedir. Literatürde de özellikle tıbbi prosedürlerin anlatıldığı videolarda daha uzun süren içeriklerin genellikle daha fazla bilgi içeriği barındırdığı ve bu nedenle daha yüksek kalite skorları aldığı bildirilmiştir (Bitner et al., 2022; Thomas et al., 2021). Buna karşın video süresi ve yayın süresinin etkileşim metrikleriyle ilişkili olmaması, sosyal medya algoritmalarında süreden ziyade görünürlük ve sunum biçiminin daha etkili olabileceğini düşündürmektedir.

Elde edilen en önemli bulgulardan biri, içerik kalitesi ile etkileşim metrikleri arasındaki sınırlı ilişkidir. Modifiye DISCERN skorunun izlenme ve yorum sayıları ile anlamlı ilişki göstermemesi, kullanıcıların sağlık içeriklerini değerlendirirken kaliteyi ayırt etmede yeterince seçici olmayabileceğini düşündürmektedir. Bu durum, internet kullanıcılarının sağlık bilgilerini çoğu zaman hızlı ve yüzeysel şekilde değerlendirdiğini bildiren önceki çalışmalarla da uyumludur (Eysenbach & Köhler, 2002; Bernard et al., 2007). Benzer şekilde YouTube’da sağlıkla ilgili içeriklerin değerlendirilmesinde popülerliğin kaliteyi her zaman yansıtmadığı farklı alanlarda da gösterilmiştir (Haymes & Harries, 2016; Duymaz et al., 2023).

Kurumsal ve bireysel hesaplar arasında hem etkileşim metrikleri hem de içerik kalitesi açısından anlamlı fark bulunmaması dikkat çekicidir. Bu bulgu, içerik üreticisinin kimliğinden ziyade içeriğin sunum biçimi ve yapısal özelliklerinin daha belirleyici olabileceğini düşündürmektedir. Literatürde bazı çalışmalar kurumsal kaynakların daha güvenilir içerik sunduğunu belirtse de (Wu et al., 2020), diğer çalışmalar bireysel içerik üreticilerinin de benzer kalite düzeyine ulaşabildiğini göstermektedir (Aktar Uğurlu & Uğurlu, 2025; Wang et al., 2023). Bu durum, dijital platformlarda bilgi kalitesinin kaynaktan bağımsız şekilde değişkenlik gösterebildiğini ortaya koymaktadır.

Bu çalışmanın güçlü yönlerinden biri, kulak izi alma gibi klinik açıdan kritik ve odyoloji alanında görece az çalışılmış bir uygulamaya odaklanmasıdır. Ayrıca içeriklerin yalnızca etkileşim metrikleri açısından değil, aynı zamanda Modifiye DISCERN, GQS ve İçerik Skoru gibi birden fazla objektif kalite ölçütü ile değerlendirilmesi, çalışmanın çok boyutlu bir analiz sunmasını sağlamaktadır. Kurumsal ve bireysel hesapların birlikte incelenmesi de dijital sağlık içeriklerinin kaynak temelli değerlendirilmesine katkı sunmaktadır. Metodolojik açıdan ise normallik testlerine uygun olarak parametrik olmayan testlerin kullanılması, analizlerin istatistiksel açıdan daha doğru yorumlanmasına olanak sağlamaktadır.

Bununla birlikte çalışmanın bazı sınırlılıkları bulunmaktadır. Örneklem büyüklüğünün 15 video ile sınırlı olması, bulguların genellenebilirliğini azaltmaktadır. Ayrıca yalnızca belirli kriterleri karşılayan Türkçe videoların incelenmesi, farklı dillerdeki ve platformlardaki içeriklerin dışarıda bırakılmasına neden olmuştur. Bunun yanında video kalite değerlendirmelerinin araştırmacı temelli olması, subjektiflik riskini tamamen ortadan kaldıramamaktadır. Son olarak yalnızca nicel analiz yapılması, videoların anlatım kalitesi, görsel sunum ve pedagojik yapı gibi nitel boyutlarının değerlendirilememesine neden olmuştur.

5. SONUÇ

Bu çalışma, YouTube’da kulak izi alma videolarında etkileşim düzeyi ile içerik kalitesi arasında güçlü bir paralellik bulunmadığını, buna karşın kalite değerlendirme araçları arasında yüksek düzeyde tutarlılık olduğunu göstermektedir. Bu bulgular, sağlıkla ilgili dijital içeriklerde popülerlik göstergelerinin tek başına yeterli olmadığını ve içerik kalitesinin nesnel değerlendirme araçlarıyla incelenmesi gerektiğini ortaya koymaktadır. Toplumsal açıdan değerlendirildiğinde, YouTube’da yer alan kulak izi alma gibi klinik uygulamalara ilişkin videolar erişilebilir önemli bir bilgi kaynağı potansiyeli taşımakla birlikte, bu içeriklerin dikkatli bir şekilde değerlendirilmesi gerekmektedir. Elde edilen sonuçlar, yüksek etkileşimin her zaman yüksek kaliteyi yansıtmadığını açıkça göstermektedir. Bu nedenle, sağlıkla ilgili dijital içeriklerin doğrudan güvenilir bilgi kaynağı olarak kabul edilmesi yerine, doğruluğu ve güvenilirliği onaylanmış profesyonel kaynaklarla birlikte değerlendirilmesi önemlidir. Özellikle klinik uygulamalara yönelik içeriklerin yanlış yönlendirme riski taşıyabileceği göz önünde bulundurulduğunda, bu tür videoların yalnızca eğitim amaçlı ve profesyonel denetim çerçevesinde kullanılması daha uygun olacaktır. Bu bağlamda, sağlık profesyonelleri ve kurumların dijital platformlarda daha nitelikli içerik üretmesi, toplumun doğru bilgiye erişimini artırmada kritik bir rol oynamaktadır.

KAYNAKÇA

- Aktar Ugurlu, G., & Ugurlu, B. N. (2025). Evaluating the quality and reliability of youtube videos on tympanostomy tubes: A comprehensive analysis for patients and parents. *BMC Public Health*, 25(1), Makale 776. <https://doi.org/10.1186/s12889-025-21963-6>
- Ataş, A., Kara, E., & Yener, H. M. (Ed.). (2024). *Odyoloji*. İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa Yayınları.
- Aydin, M. F., & Aydin, M. A. (2020). Quality and reliability of information available on YouTube and Google pertaining gastroesophageal reflux disease. *International Journal of Medical Informatics*, 137, Makale 104107. <https://doi.org/10.1016/j.ijmedinf.2020.104107>
- Bernard, A., Langille, M., Hughes, S., Rose, G., Leddin, D., & Veldhuyzen van Zanten, S. (2007). A systematic review of patient inflammatory bowel disease information resources on the World Wide Web. *The American Journal of Gastroenterology*, 102(9), 2070–2077. <https://doi.org/10.1111/j.1572-0241.2007.01325.x>
- Bitner, B. F., Gowda, S., Mark, M. E., Warner, DC., Tajudeen, B. A., & Kuan, E. C. (2022). See many, do one, teach many more: Assessing quality and reliability of publicly available endoscopic videos in rhinology. *International Forum of Allergy & Rhinology*, 12(12), 1527–1534. <https://doi.org/10.1002/alr.23006>
- Charnock, D., Shepperd, S., Needham, G., & Gann, R. (1999). DISCERN: An instrument for judging the quality of written consumer health information on treatment choices. *Journal of Epidemiology & Community Health*, 53(2), 105–111. <https://doi.org/10.1136/jech.53.2.105>
- Duymaz, Y. K., Şahin, Ş., Erkmén, B., Uzar, T., & Önder, S. (2023). Evaluating YouTube as a source of patient information for pediatric tracheostomy care. *International Journal of Pediatric Otorhinolaryngology*, 171, Makale 111580. <https://doi.org/10.1016/j.ijporl.2023.111580>
- Eysenbach, G., & Köhler, C. (2002). How do consumers search for and appraise health information on the world wide web? Qualitative study using focus groups, usability tests, and in-depth interviews. *BMJ*, 324(7337), 573–577. <https://doi.org/10.1136/bmj.324.7337.573>
- Gabarron, E., Fernandez-Luque, L., Armayones, M., & Lau, A. Y. (2013). Identifying measures used for assessing quality of YouTube videos with patient health information: A review of current literature. *Interactive Journal of Medical Research*, 2(1), Makale e6. <https://doi.org/10.2196/ijmr.2461>
- Haymes, A. T., & Harries, V. (2016). ‘How to stop a nosebleed’: An assessment of the quality of epistaxis treatment advice on YouTube. *The Journal of Laryngology & Otology*, 130(8), 749–754. <https://doi.org/10.1017/S0022215116008410>
- Li, Z., Yan, C., Lyu, X., Li, F., & Zeng, R. (2024). Assessing quality and reliability of online videos on tachycardia: A YouTube video-based study. *BMC Public Health*, 24(1), Makale 2620. <https://doi.org/10.1186/s12889-024-20062-2>
- Lybarger, E. H., Mynders, J. M., Dailey, T. A., & Winchell, D. (2006). *Custom earmold manual* (8th ed.). Microsonic, Inc.

- Mueller, S. M., Hongler, V. N. S., Jungo, P., Cajacob, L., Schwegler, S., Steveling, E. H., Manjaly Thomas, Z. R., Fuchs, O., Navarini, A., Scherer, K., & Brandt, O. (2020). Fiction, falsehoods, and few facts: Cross-sectional study on the content-related quality of atopic eczema-related videos on YouTube. *Journal of Medical Internet Research*, 22(4), Makale e15599. <https://doi.org/10.2196/15599>
- The jamovi project (2024). *jamovi*. (Version 2.6) [Computer Software]. Retrieved from <https://www.jamovi.org>.
- Thomas, C., Westwood, J., & Butt, G. F. (2021). Qualitative assessment of YouTube videos as a source of patient information for cochlear implant surgery. *The Journal of Laryngology & Otology*, 135(8), 671–674. <https://doi.org/10.1017/S0022215121001390>
- Wang, H., Yan, C., Wu, T., Zhang, X., He, Junbo., Liu, Z., & Liu, H. (2023). YouTube online videos as a source for patient education of cervical spondylosis-a reliability and quality analysis. *BMC Public Health*, 23(1), Makale 1831. <https://doi.org/10.1186/s12889-023-16495-w>
- Wu, V., Lee, D. J., Vescan, A., & Lee, J. M. (2020). Evaluating YouTube as a source of patient information for functional endoscopic sinus surgery. *Ear, Nose & Throat Journal*, 99(10), 1–6. <https://doi.org/10.1177/0145561320962867>

**KARBON ELYAF TAKVİYELİ POM KOMPOZİTLERDE MEKANİK PERFORMANS VE
TRIBOLOJİK DAVRANIŞIN ARAŞTIRILMASI****MECHANICAL PERFORMANCE AND TRIBOLOGICAL BEHAVIOR OF CARBON FIBER
REINFORCED POM COMPOSITES****Fırat BİRGİNAL**Tectone Technology, 33920, Mersin, TÜRKİYE
<https://orcid.org/0009-0002-9419-0767>**Salih Hakan YETGİN**Tarsus Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü, Tarsus, Mersin, TÜRKİYE
<https://orcid.org/0000-0002-6068-9204>**ÖZET**

Bu çalışmada, karbon elyaf (KE) takviyesinin polioksümetilen (POM) kompozitlerin mekanik ve tribolojik performansı üzerindeki etkileri araştırılmıştır. POM polimeri ile ağırlıkça %10, %15 ve %20 KE içeren POM kompozitler ekstrüzyon ve enjeksiyon kalıplama yöntemleri kullanılarak standartlara uygun şekilde üretilmiştir. Mekanik özellikler çekme testleri ile, tribolojik davranış ise farklı yük ve kayma mesafelerinde sürtünme ve aşınma deneyleri ile değerlendirilmiştir. Çekme mukavemeti katkısız POM'da 75,17 MPa iken %20 KE katkısı ile 138,72 MPa'a ulaşarak yaklaşık %85 artış göstermiştir. Elastiklik modülü 3613 MPa'dan 18736 MPa'a yükselerek yaklaşık %419 artarken, kopma uzaması 8,61'den 2,79'a düşmüş ve artan rijitlik ile birlikte süneklik kaybı gözlenmiştir. Tribolojik sonuçlar, KE katkısının sürtünme katsayısını ve aşınma oranını azaltarak tribolojik performansını iyileştirdiğini göstermiştir. Katkısız POM'da sürtünme katsayısı 0,436–0,513 aralığında değişirken, %20 KE katkılı kompozitlerde bu değer 0,302–0,386 aralığına azalmıştır. Benzer şekilde minimum aşınma oranı katkısız POM'da $7,13 \times 10^{-14}$ mm³/Nm iken, %20 KE ilavesi ile $5,02 \times 10^{-14}$ mm³/Nm seviyesine azalmıştır. Elde edilen sonuçlar karbon elyaf takviyesinin yük taşıma kapasitesini artırarak ve temas yüzeyindeki deformasyonu sınırlandırarak POM kompozitlerin mekanik dayanımını ve tribolojik performansını önemli ölçüde geliştirdiğini göstermiştir.

Anahtar Kelimeler: Polioksümetilen (POM), Karbon elyaf, Tribolojik özellikler, Mekanik özellikler, Aşınma

ABSTRACT

This study investigates the influence of carbon fiber (CF) reinforcement on the mechanical and tribological performance of polyoxymethylene (POM) composites. Unfilled POM and POM composites containing 10, 15, and 20 wt.% CF were manufactured according to relevant standards using extrusion and injection molding processes. The results demonstrate that carbon fiber reinforcement significantly enhances the mechanical performance of the POM matrix. Tensile strength increased from 75.17 MPa for neat POM to 138.72 MPa at 20 wt.% CF loading, corresponding to an improvement of approximately 85%. Similarly, elastic modulus increased from 3613 MPa to 18,736 MPa, representing an enhancement of approximately 419%. However, elongation at break decreased from 8.61% to 2.79%, indicating reduced ductility associated with increased composite stiffness. Tribological evaluation revealed that CF reinforcement substantially improved tribological performance by reducing both friction coefficient and wear rate. The friction coefficient of unfilled POM varied between 0.436 and 0.513, whereas composites containing 20 wt.% CF exhibited lower values ranging from 0.302 to 0.386. Similarly, the minimum wear rate decreased from 7.13×10^{-14} mm³/Nm for unfilled POM to 5.02×10^{-14} mm³/Nm with 20 wt.% CF reinforcement. These improvements are primarily attributed to enhanced load transfer capability and reduced surface deformation provided by the carbon fiber network. The findings indicate that carbon fiber reinforcement provides an effective strategy for simultaneously improving the mechanical strength and tribological performance of POM-based engineering composites.

Keywords: Polyoxymethylene (POM), Carbon fiber, Tribological properties, Mechanical properties, Wear

GİRİŞ

Mühendislik plastikleri arasında yüksek kristalinitesi, mükemmel boyutsal kararlılığı, düşük sürtünme katsayısı ve üstün kimyasal direnci ile öne çıkan polioksimetilen (POM), özellikle otomotiv, makine ve elektrik-elektronik sektörlerinde dişli, yatak, burç ve kayıcı eleman gibi yük taşıyan yapısal bileşenlerin üretiminde yaygın olarak kullanılmaktadır. Ancak, bu malzemenin düşük darbe direnci (çentik hassasiyeti), sınırlı işleme sıcaklığı aralığı ve yüksek yükler altında aşınma performansının yetersiz kalması gibi dezavantajları, özellikle zorlu tribolojik uygulamalarda kullanımını kısıtlamaktadır. POM polimerinin mevcut mekanik ve tribolojik özelliklerini daha üst seviyelere taşımak ve endüstriyel beklentileri karşılamak amacıyla matrisin elyaf veya yapısal dolgu maddeleriyle takviye edilmesi sıklıkla uygulanan bir yöntemdir. Karbon elyaf (CF), düşük yoğunluğu, yüksek çekme mukavemeti, yüksek elastik modülü ve mükemmel korozyon direnci nedeniyle en önemli takviye elemanlarından birisidir (Kneissl ve ark., 2024; Luo ve ark., 2015; Zhang ve ark., 2017; Li & Tang, 2025)

POM polimerinin mekanik ve tribolojik özellikleri ile farklı katkı maddelerinin bu özellikler üzerindeki etkisinin incelendiği birçok çalışma yürütülmüştür (Luo ve ark., 2015; Kuciel ve ark., 2019; Kneissl ve ark., 2024; Siddiqui ve ark., 2023; Krawczyk, 2025; Artun ve ark., 2024; Su ve ark., 2023; Tian & Huo, 2012). Bu çalışmaların bazılarında, kuru kayma koşulları altında katkısız POM polimerinin karşı disk yüzeyinde transfer filmi oluşumu göstermediği ancak politetrafloroetilen (PTFE), Grafit ve molibden disülfid (MoS_2) gibi katı yağlayıcıların eklenmesi ile transfer film tabakasının oluşarak sürtünme ve aşınmanın azaldığı belirtilmiştir (Fakhar ve ark., 2013). Cam elyafın ise POM polimerinin aşınma direncini artırdığı aynı zamanda ise sürtünme katsayısını da yükselttiği belirtilmiştir (Fakhar ve ark., 2013). Aramid fiber kullanılan bir çalışmada da kompozitlerin aşınma dirençlerinin arttığı belirtilmiştir (Luo ve ark., 2019). Ağırlıkça %2 molibden disülfid (MoS_2) ve ağırlıkça %6 grafit dolgulu POM polimerinin tribolojik özelliklerinin incelendiği bir çalışmada Grafit ve MoS_2 gibi katı yağlayıcıların POM polimerinin aşınma direncini iyileştirdiği ve en iyi aşınma direncinin ağırlıkça %6 grafit katkılı POM kompozitinde elde edildiği belirtilmiştir (Romanjayelu & Rajendran, 2017). Jasbir ve arkadaşları (Jespir ve ark., 2018) tarafından yapılan çalışmada PTFE ilaveli cam elyaf/POM kompozitinin tribolojik özelliklerini inceledikleri çalışmada ise PTFE dolgu nedeniyle oluşan transfer film tabakasının POM polimerinin tribolojik özelliklerini iyileştirdiğini belirtmişlerdir. Artan PTFE ile sürtünme katsayısının ve ağırlık kaybının azaldığı bildirilmiştir.

Bu çalışmada ise katkısız POM polimeri ile %10, %15 ve %20 oranlarında karbon elyaf katkılı POM kompozitlerin mekanik ve tribolojik özellikleri incelenmiştir. Karbon elyaf miktarının mekanik, sürtünme katsayısı ve aşınma oranı üzerindeki etkileri değerlendirilmiştir.

DENEYSEL ÇALIŞMALAR

Bu çalışma kapsamında 1.41 g/cm^3 yoğunluğuna ve 27g/10 dak erime akış hızına (MFR) sahip IUPITAL F30 ticari kodlu Mitsubishi Engineering-Plastics Corporation tarafından üretilen polioksimetilen (POM) kopolimeri kullanılmıştır. Takviye elemanı olarak ise kırılmış elyaf uzunluğu ise 6 mm olan DowAksa firmasından tedarik edilen Aksaca™ AC 4101 ticari kodlu kırılmış karbon elyaflar kullanılmıştır. İlk aşamada, tüm malzemeler yapısında bulunabilecek olası nemi uzaklaştırmak amacıyla Nüve FN 120 model etüv fırınında 100°C sıcaklık altında 2 saat boyunca kurutulmuştur. Kurutma işlemi sonrasında, uzunluk/Çap (L/D) oranı 32 olan ve üzerinde 6 adet bağımsız kontrollü ısıtma bölgesi barındıran çift vidalı bir ekstrüzyon cihazında ekstrüde edilmiştir. Ekstrüder kovan sıcaklıkları, besleme bölgesinden kalıp çıkışına doğru kademeli olarak 180°C ile 220°C sıcaklık aralığında belirlenmiştir. Mekanik (çekme) ve tribolojik (aşınma) test numunelerinin üretimi, Chen Hsong marka hidrolik enjeksiyon kalıplama makinesi kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Enjeksiyon kalıplama prosesinde kovan bölgesi sıcaklıkları 185°C ile 250°C aralığında kontrol edilmiş, kalıp sıcaklığı ise bir kalıp şartlandırıcı vasıtasıyla 30°C 'de sabit tutulmuştur. Çekme deney numuneleri ASTM D 637 ve aşınma ve sürtünme deneyleri ise ASTM G99 standartlarına uygun olacak şekilde hazırlanmıştır. Çekme deneyleri 23°C oda sıcaklığında ve %50 nispi nem şartlarında gerçekleştirilmiştir. Çekme deney numuneleri Zwick Roell Z-100 marka test cihazında ve 50mm/dakika çekme hızında gerçekleştirilmiştir. Mekanik deneyler sonucunda malzemenin çekme mukavemeti, elastiklik modülü değerleri belirlenmiştir. Deneylerde her bir malzeme kompozisyonu için en az beş test yapılmış ve ortalama değerler verilmiştir. Katkısız POM polimeri ile POM/KE kompozitlerin aşınma ve sürtünme deneyleri disk üzerinde pim düzeneği kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Aşınma pim numuneleri, 5 mm çapında ve 50 mm boyunda olacak

şekilde enjeksiyonla kalıplanarak üretilmiştir. Karşı disk malzeme olarak AISI 4140 çelik disk kullanılmıştır. Sürtünme katsayısı yanal kuvvetin, normal uygulanan kuvvete oranı olarak ifade edilir ve Eşitlik 1 ile hesaplanır. Burada; μ : Sürtünme katsayısını, F_S : yanal sürtünme kuvvetini ve F_N ise normal uygulanan kuvveti ifade eder.

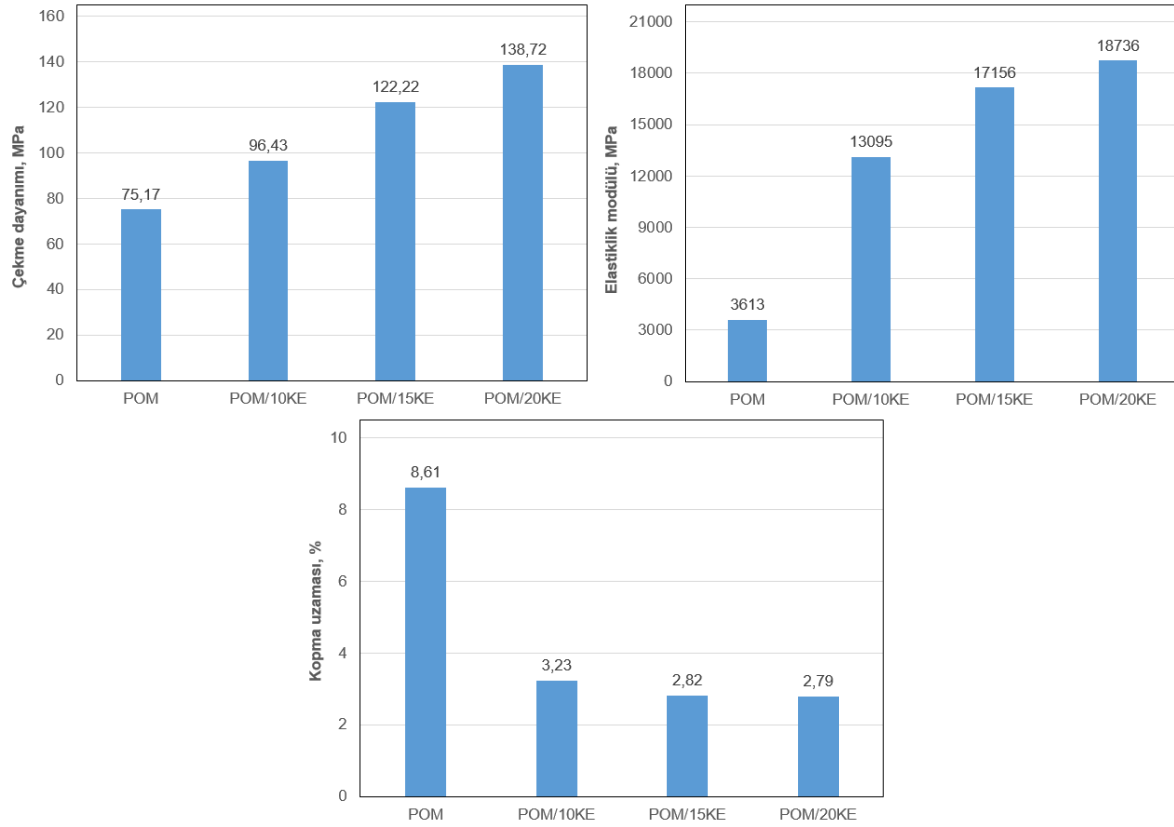
$$\mu = \frac{F_S}{F_N} \quad (\text{Eşitlik 1})$$

Numunelerin aşınma oranını tespit etmek için, aşınma deneyi öncesi numuneler Radwag marka 0.0001g hassasiyetinde bir elektronik terazi ile tartılır. Deney sonrası tekrar tartılır. İlk ağırlık ile son ağırlık arasındaki fark hesaplanarak belirlenen şartlar için numunenin aşınma kaybı değeri bulunur. Numunelerin aşınma oranının hesaplanmasında Eşitlik 2 kullanılır. Burada; W_o : Aşınma oranı, Δ_m : aşınma miktarı, S : kayma yolu, ρ : numunenin yoğunluğu ve F_N ise normal kuvveti ifade eder.

$$W_o = \frac{\Delta_m}{F_N * S * \rho} \quad (\text{Eşitlik 2})$$

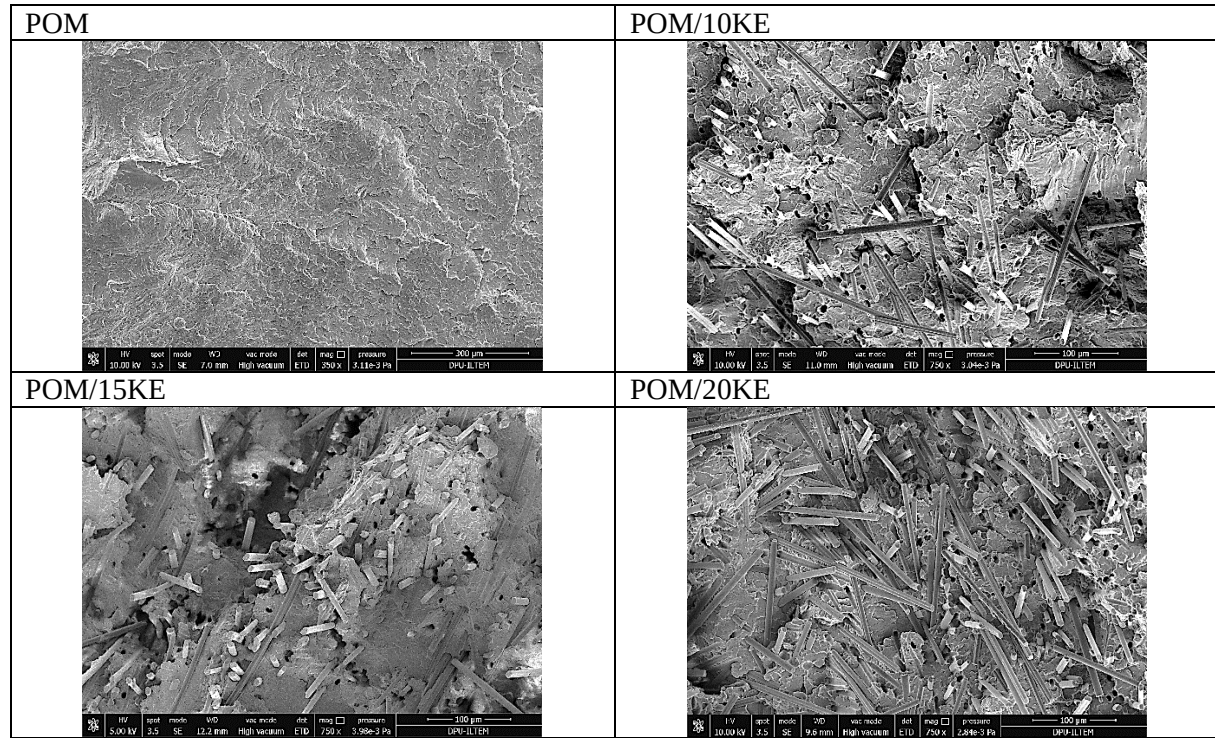
ARAŞTIRMA VE BULGULAR

Şekil 1 a-c'de katkısız POM polimeri ile farklı oranlarda karbon elyaf takviyeli POM kompozitlerinin çekme testi sonucu elde edilen çekme dayanımı, elastiklik modülü ve kopma uzaması sonuçları verilmiştir. Şekil 1-a'da verilen çekme dayanımı sonuçları incelendiğinde, katkısız POM polimerinin çekme dayanımı 75,17 MPa olarak belirlenirken, karbon elyaf ilavesiyle çekme dayanımının arttığı belirlenmiştir. %10 karbon elyaf takviyesi ile çekme dayanımı % 28,28 oranında artarak 96,43 MPa elde edilmiştir. Karbon elyaf oranının %15'e çıkarılmasıyla çekme dayanımı %62.59 oranında artmış ve 122,22 MPa elde edilmiştir. %20 karbon elyaf takviyeli POM kompozitin çekme dayanımı 138,72 MPa olarak elde edilmiştir. Bu değer katkısız POM polimerine göre %62.59 oranında daha yüksektir. Bu sonuçlar karbon elyaf takviyesinin POM polimerinin yük taşıma kapasitesini artırarak kompozitlerin çekme dayanımını önemli oranda geliştirdiğini göstermektedir. Şekil 1-b'de verilen elastiklik modülü sonuçları değerlendirildiğinde, karbon elyaf ilavesiyle elastiklik modülü önemli oranda artmıştır. Bu artış, POM/10KE, POM/15KE ve POM/20KE kompozitleri için sırasıyla %262,42, %374,86 ve %418,54 oranlarında elde edilmiştir. Katkısız POM polimerinin elastiklik modülü 3613 MPa iken POM/10KE kompoziti için 13095 MPa, POM/15KE kompoziti için 17156 MPa ve POM/20KE kompoziti için 18736 MPa elde edilmiştir. Bu sonuçlar, karbon elyafın kompozit yapının rijitliğini önemli ölçüde artırdığını göstermiştir. Şekil 1c'de verilen kopma uzaması sonuçları incelendiğinde ise karbon elyaf ilavesinin çekme dayanımı ve elastiklik modülündeki artışa karşılık süneklik üzerinde olumsuz etkide bulunduğu görülmektedir. Bu beklenen bir durumdur ve katkısız POM polimerinin kopma uzaması %8,61 olarak belirlenirken, POM/10KE kompozitinde bu değer %3,23'e azalmış ve katkısız POM polimerine göre %62,49 azalmıştır. POM/15KE kompozitinde kopma uzaması %2,82 olarak belirlenmiş ve azalma oranı %67,25'e ulaşmıştır. En düşük değer %2,79 ile POM/20KE numunesinde elde edilmiş olup, katkısız POM polimerine göre %67,60 oranında azalma meydana gelmiştir. Sonuç olarak karbon elyaf takviyesi, POM kompozitlerinin dayanım ve rijitlik özelliklerini önemli ölçüde iyileştirirken, malzemenin deformasyon kabiliyetini azaltmıştır. Bu nedenle karbon elyaf oranının artmasıyla birlikte kompozitler daha yüksek mukavemet ve rijitlik kazanmış, ancak daha kırılgan bir davranış göstermiştir.



Şekil 1. Karbon elyaf takviyeli POM kompozitlerin mekanik özellikleri: (a) çekme dayanımı, (b) elastiklik modülü ve (c) kopma uzaması

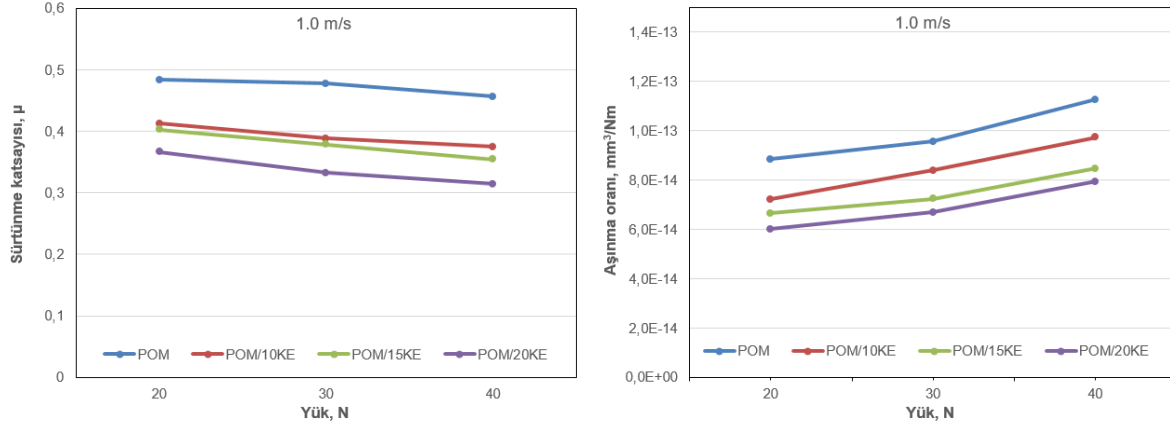
Şekil 2’de katkısız POM polimeri ile POM/10KE, POM/15KE ve POM/20KE kompozitlerin çekme testi sonrası elde edilen kırık yüzey Taramalı elektron mikroskobu (SEM) resimleri verilmiştir. Katkısız POM matrisinin sürekli ve homojen bir matris kırılması sergilediği, karbon elyaf katkılı kompozitlerde ise karbon elyafların matris içerisinde genel olarak homojen ve rastgele yönelimli bir dağılım gösterdiği belirlenmiştir. Karbon elyaf miktarının artmasıyla birlikte kırık yüzeydeki elyaf yoğunluğunun belirgin şekilde arttığı ve elyafların matris fazı tarafından etkili bir şekilde ıslatıldığı görülmektedir. Kırık yüzey morfolojisinde belirgin şekilde gözlenen elyaf kırılmaları ve lif sıyrılması boşlukları, temel hasar mekanizmalarının lif kırılması ve matris çatlaması olduğunu ortaya koymaktadır. Özellikle POM/15KE ve POM/20KE numunelerinde, matrisin elyaf yüzeylerini sarması ve elyafların matristen tamamen ayrışmadan kırılması, karbon elyafları ile POM matrisi arasında güçlü bir mekanik bağ ve arayüzey yapışma kalitesi elde edildiğini göstermektedir. Elde edilen bu homojen dağılım ve etkin arayüzey bağı, uygulanan çekme yükünün matristen yüksek mukavemetli karbon elyaflara başarılı bir şekilde aktarılmasını sağlayarak POM/KE kompozitlerin mekanik özelliklerini etkilemiştir.



Şekil 2. Kırık yüzey taramalı elektron mikroskobu (SEM) resimleri

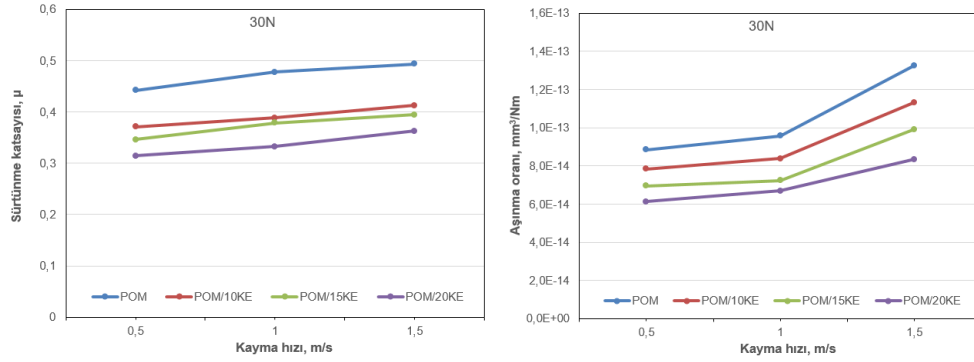
Şekil 3 a ve b’de sırasıyla 1.0 m/s kayma hızı altında farklı yüklerde uygulanan sürtünme ve aşınma testi sonucu elde edilen sürtünme katsayısı ve aşınma oranı grafiği verilmiştir. Şekil 3-a’da 1,0 m/s kayma hızında elde edilen sürtünme katsayısı sonuçları incelendiğinde, tüm yük seviyelerinde karbon elyaf ilavesinin sürtünme katsayısını azalttığı belirlenmiştir. 20 N yük altında katkısız POM polimerinin sürtünme katsayısı 0,4833 olarak belirlenirken, bu değer POM/10KE, POM/15KE ve POM/20KE kompozitlerinde sırasıyla 0,4124, 0,4026 ve 0,3662 olarak ölçülmüştür. Buna göre sürtünme katsayısında katkısız POM polimerine göre sırasıyla %14,67, %16,70 ve %24,23 oranında azalma meydana gelmiştir. 30 N yük altında ise POM polimeri için sürtünme katsayısı 0,4775 elde edilirken, POM/10KE, POM/15KE ve POM/20KE kompozitleri için sırasıyla 0,3882, 0,3784 ve 0,3326 olarak belirlenmiş olup azalma oranları sırasıyla %18,70, %20,75 ve %30,35 elde edilmiştir. 40 N yük altında ise katkısız POM polimerine göre sürtünme katsayısındaki azalma oranları sırasıyla %17,88, %22,31 ve %31,11 olarak elde edilmiş ve sürtünme katsayıları 0,3748, 0,3546 ve 0,3144 olarak belirlenmiştir. En düşük sürtünme katsayısının tüm yük seviyelerinde POM/20KE kompozitinde elde edildiği belirlenmiştir. Şekil 3-b’de verilen aşınma oranı sonuçları değerlendirildiğinde, karbon elyaf takviyesinin aşınma direncini artırdığı ve tüm yük seviyelerinde aşınma oranını azalttığı görülmektedir. 20 N yük altında katkısız POM polimerinin aşınma oranı $8,841 \times 10^{-14}$ mm³/Nm olarak belirlenirken, POM/10KE, POM/15KE ve POM/20KE kompozitlerinde bu değerler sırasıyla $7,214 \times 10^{-14}$, $6,651 \times 10^{-14}$ ve $6,015 \times 10^{-14}$ mm³/Nm olarak ölçülmüştür. Buna göre aşınma oranında katkısız POM polimerine göre sırasıyla %18,40, %24,77 ve %31,96 oranında azalma meydana gelmiştir. 30 N yük altında katkısız POM polimerinin aşınma oranı $9,566 \times 10^{-14}$ mm³/Nm iken, POM/10KE, POM/15KE ve POM/20KE kompozitlerinde sırasıyla $8,382 \times 10^{-14}$, $7,243 \times 10^{-14}$ ve $6,682 \times 10^{-14}$ mm³/Nm olarak belirlenmiş olup azalma oranları sırasıyla %12,38, %24,28 ve %30,15 olarak elde edilmiştir. 40 N yük altında ise katkısız POM polimerinin $1,126 \times 10^{-13}$ mm³/Nm olan aşınma oranı, %10, %15 ve %20 oranlarında karbon elyaf ilavesi ile sırasıyla %13,62, %24,85 ve %29,61 oranlarında artarak $9,726 \times 10^{-14}$, $8,462 \times 10^{-14}$ ve $7,926 \times 10^{-14}$ mm³/Nm olarak elde edilmiştir. Ayrıca tüm malzemelerde yük artışıyla birlikte aşınma oranının arttığı görülmektedir. En düşük aşınma oranları tüm yük seviyelerinde POM/20KE kompozitinde elde edilmiş olup, karbon elyaf oranının artmasıyla aşınma direncinin belirgin şekilde iyileştiği belirlenmiştir. Karbon elyaf takviyesi ile sürtünme katsayısı ve aşınma oranında gözlenen azalma, karbon elyafların yük taşıma kapasitesini artırması, gerçek temas alanını azaltması ve yüzeyde daha kararlı bir transfer filmi oluşumuna katkı sağlamasıyla ilişkilendirilebilir. Ayrıca karbon elyaf

ilavesiyle kompozitlerin çekme dayanımı ve elastiklik modülünün artması, yüzey deformasyonunu sınırlandırarak malzeme kaybını azaltmıştır. Benzer şekilde literatürde karbon fiber ve karbon nanofiber takviyeli POM kompozitlerinin katkısız POM polimerine göre daha düşük sürtünme katsayısı ve daha yüksek aşınma direnci sergilediği rapor edilmiştir. Bununla birlikte tüm numunelerde yük artışına bağlı olarak aşınma oranının yükselmesi, artan temas basıncı ve sürtünme kaynaklı sıcaklık artışının yüzey hasarını hızlandırmasıyla açıklanabilir (Tian & Huo, 2012; Siengchin, 2011)



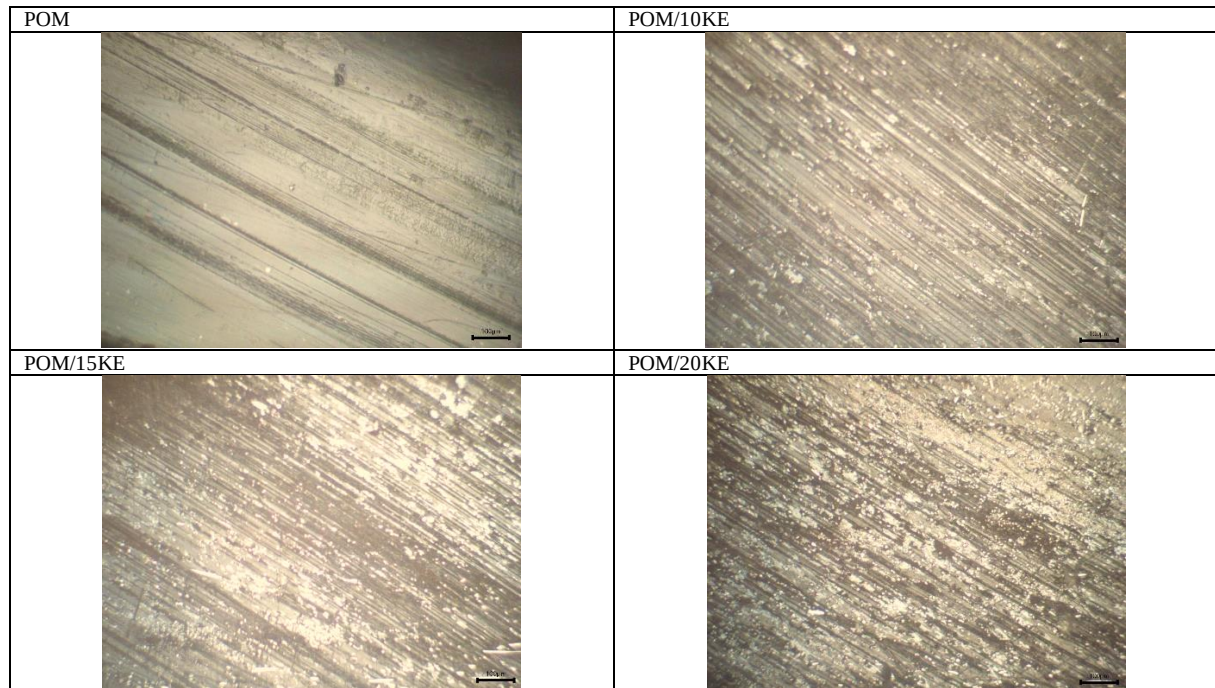
Şekil 3. Farklı karbon elyaf oranlarına sahip POM kompozitlerin 1,0 m/s kayma hızındaki tribolojik özellikleri: (a) sürtünme katsayısı ve (b) aşınma oranı

Şekil 4 a ve b'de sırasıyla 30 N sabit yük altında farklı kayma hızlarındaki sürtünme ve aşınma testi sonucu elde edilen sürtünme katsayısı ve aşınma oranı grafiği verilmiştir. Tüm malzemelerde kayma hızının artmasıyla sürtünme katsayısının arttığı belirlenmiştir. Katkısız POM polimerinin sürtünme katsayısı 0,5 m/s hızda 0,4418 iken, 1,0 m/s'de 0,4775'e ve 1,5 m/s'de 0,4932'ye arttığı belirlenmiştir. Karbon elyaf takviyeli kompozitlerde ise tüm hızlarda daha düşük sürtünme katsayısı elde edilmiştir. 0,5 m/s hızda POM/10KE, POM/15KE ve POM/20KE kompozitlerin sürtünme katsayıları sırasıyla 0,3712, 0,3462 ve 0,3146 elde edilmiş olup katkısız POM polimerine göre sırasıyla %15,98, %21,64 ve %28,79 oranında azalma meydana gelmiştir. 1,0 m/s hızda ise sürtünme katsayıları sırasıyla 0,3882, 0,3784 ve 0,3326 olarak elde edilmiştir. Katkısız POM polimeri ile karşılaştırıldığında sürtünme katsayısındaki azalma oranları %18,70, %20,75 ve %30,35'tir. 1,5 m/s hızda ise POM/10KE, POM/15KE ve POM/20KE kompozitlerin sürtünme katsayısı katkısız POM polimerine göre %16,30, %19,99 ve %26,52 oranında azalmış ve sürtünme katsayıları 0,4128, 0,3946 ve 0,3624 olarak belirlenmiştir. Şekil 4-b'de verilen kayma hızı-aşınma oranı grafiği incelendiğinde, kayma hızının artmasıyla tüm malzemelerde aşınma oranının yükseldiği belirlenmiştir. Katkısız POM polimerinin aşınma oranı 0,5 m/s hızda $8,837 \times 10^{-14}$ mm³/Nm, 1,0 m/s hızda $9,566 \times 10^{-14}$ mm³/Nm ve 1,5 m/s hızda $1,327 \times 10^{-13}$ mm³/Nm olarak belirlenmiştir. Karbon elyaf takviyeli POM kompozitlerde aşınma oranları tüm hızlarda daha düşük gerçekleşmiştir. 0,5 m/s hızda POM/10KE, POM/15KE ve POM/20KE numunelerinde aşınma oranları sırasıyla $7,834 \times 10^{-14}$, $6,944 \times 10^{-14}$ ve $6,134 \times 10^{-14}$ mm³/Nm olarak belirlenmiştir. Katkısız POM polimerine göre aşınma oranları sırasıyla %11,35, %21,42 ve %30,59 oranında azalmıştır. 1,0 m/s hızda ise aşınma oranları sırasıyla $8,382 \times 10^{-14}$, $7,243 \times 10^{-14}$ ve $6,682 \times 10^{-14}$ mm³/Nm olarak belirlenmiş ve katkısız POM polimerine göre sırasıyla %12,38, %24,28 ve %30,15 oranında azalmıştır. 1,5 m/s hızda ise aşınma oranları sırasıyla $1,133 \times 10^{-13}$, $9,922 \times 10^{-14}$ ve $8,336 \times 10^{-14}$ mm³/Nm olarak ölçülmüş olup, katkısız POM polimeri ile karşılaştırıldığında %14,62, %25,23 ve %37,18 oranında azalma göstermiştir. Elde edilen sonuçlar, karbon elyaf oranının artmasıyla aşınma direncinin belirgin şekilde iyileştiğini ve en düşük aşınma oranlarının tüm hızlarda POM/20KE kompozitinde elde edildiğini gözlenmiştir. Bu durum, karbon elyafların yük taşıma kapasitesini artırması, yüzey deformasyonunu sınırlandırması ve temas yüzeyinde daha kararlı bir tribolojik tabaka oluşumuna katkı sağlamasıyla ilişkilendirilebilir. Bununla birlikte kayma hızındaki artışın temas bölgesindeki sürtünme sıcaklığını yükseltmesi ve yüzey hasarını artırması nedeniyle tüm malzemelerde aşınma oranı ve sürtünme katsayısında artış meydana gelmiştir.



Şekil 4. Farklı karbon elyaf oranlarına sahip POM kompozitlerin 30 N yük altındaki tribolojik özellikleri: (a) sürtünme katsayısı, (b) aşınma oranı.

Şekil 5'te katkısız POM polimeri ile POM/KE kompozitlerin aşınma testi sonrası elde edilen pim yüzey görüntüleri verilmiştir. Katkısız POM polimerinin aşınma yüzeyinde, kayma yönüne paralel olacak şekilde oldukça belirgin, derin ve sürekli aşınma izleri (çizikler/oluklar) görülmektedir. Bu derin oluklar, POM polimerinin aşınma sürecinde plastik deformasyona maruz kaldığını ve baskın aşınma mekanizmasının abrazif (aşındırıcı aşınma) olduğunu göstermektedir. POM polimerine ilave edilen %10 oranında karbon elyaf, aşınma izlerinin derinliğinde ve genişliğinde bir azalma sağlamıştır. Rijit karbon elyaflar yük taşıyıcı unsurlar olarak devreye girerek polimeri aşırı plastik deformasyondan korumaya başlamıştır. Yüzeyde yer yer mikroskopik aşınma döküntüleri de görülebilmektedir. POM/15KE kompozitinde ise sürekli ve derin olukların yerini daha sığ aşınma izleri almıştır. Bu durum, elyaf içeriğinin artmasıyla kompozit yüzeyinin sertliğinin arttığını ve aşınma direncinde belirgin bir iyileşme sağlandığını ortaya koymaktadır. Karbon elyafların aşınma yüzeyinde homojen şekilde dağılarak matris aşınmasını etkili bir şekilde sınırladığı anlaşılmaktadır. POM/20KE kompozitinde ise aşınma yüzeyi karakteri belirgin bir şekilde değişmiştir. Derin çizikler neredeyse tamamen ortadan kalkmış, yerini daha pürüzlü ancak sığ aşınma bölgeleri ile yoğun elyaf/matris etkileşim alanlarına bırakmıştır. Yüzeyde elyaf kırılmalarından ve mikro kesmelerden kaynaklanan parlak ve küçük aşınma partikülleri daha yoğun şekilde görülmektedir. Bu morfoloji, yükün büyük oranda karbon elyaflar tarafından karşılandığını ve aşınma mekanizmasının abrazif aşınmaya karşı yüksek bir direnç kazandığını göstermektedir.



Şekil 5. Karbon elyaf takviyeli POM kompozitlerin aşınma sonrası yüzey morfolojilerini gösteren optik mikroskop resimleri

SONUÇ

Karbon elyaf takviyesi, POM kompozitlerin çekme dayanımını ve elastiklik modülünü artırırken kopma uzamasını azaltmıştır.

En yüksek mekanik performans %20 karbon elyaf katkılı POM kompozitte elde edilmiş çekme dayanımı yaklaşık %85, elastiklik modülü ise yaklaşık %419 oranında artmıştır.

Tribolojik deneyler sonucunda karbon elyaf takviyesinin tüm yük ve kayma hızı koşullarında sürtünme katsayısını azalttığı belirlenmiştir.

Karbon elyaf oranının artmasıyla aşınma oranı azalmış, en düşük aşınma değerleri tüm test koşullarında %20 karbon elyaf katkılı kompozitlerde elde edilmiştir.

Yük ve kayma hızındaki artış sürtünme katsayısı ve aşınma oranının yükselmesine neden olmuştur.

Sonuç olarak, karbon elyaf takviyesi POM kompozitlerin mekanik dayanımını ve tribolojik performansını birlikte geliştiren etkili bir takviye malzemesi olarak belirlenmiştir.

KAYNAKÇA

- Artun, Y., Azeloglu, C. O., & Taylan, G. (2024). Investigation of the tribological properties of POM and UHMWPE radial journal bearings made with different surface quality. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part J: Journal of Engineering Tribology*, 238(1), 96–108. <https://doi.org/10.1177/13506501231205171>
- Fakhar, A., Razzaghi-Kashani, M., & Mehranpour, M. (2013). Improvements in tribological properties of polyoxymethylene by aramid short fiber and polytetrafluoroethylene. *Iranian Polymer Journal*, 22(1), 53–59. <https://doi.org/10.1007/s13726-012-0102-6>
- Jasbir, S. K. S., Ching, Y. C., Liu, D. S., Ching, K. Y., Razali, S., & Gan, S. N. (2018). Effects of PTFE micro-particles on the fiber-matrix interface of polyoxymethylene/glass fiber/polytetrafluoroethylene composites. *Materials*, 11(11), Makale 2202. <https://doi.org/10.3390/ma11112202> [Kaynak B]
- Kneissl, L. M., Gonçalves, G., Joffe, R., Kalin, M., & Emami, N. (2023). Mechanical properties and tribological performance of polyoxymethylene/short cellulose fiber composites. *Polymer Testing*, 128, Makale 108234. <https://doi.org/10.1016/j.polymertesting.2023.108234>
- Kneissl, L. M., Joffe, R., Kalin, M., & Emami, N. (2024). Improving the tribological performance of POM through the incorporation of bio-based materials. *Polymers*, 16(16), Makale 2310. <https://doi.org/10.3390/polym16162310>
- Krawczyk, J. (2025). Study on tribological properties of polymer materials used in gerotor pumps. *Tribologia*, 2, 43–53. <https://doi.org/10.5604/01.3001.0055.2481>
- Kuciel, S., Bazan, P., Liber-Kneć, A., & Gądek-Moszczak, A. (2019). Physico-mechanical properties of the poly(oxymethylene) composites reinforced with glass fibers under dynamical loading. *Polymers*, 11(12), Makale 2064. <https://doi.org/10.3390/polym11122064>
- Li, J., & Tang, X. (2025). Mechanical and tribological properties of carbon fiber reinforced POM composite filled with maleamic acid treated carbon nanotube. *Surface and Interface Analysis*, 57(1), 98–107. <https://doi.org/10.1002/sia.7844>
- Luo, W., Ding, Q., Li, Y., Zhou, S., Zou, H., & Liang, M. (2015). Effect of shape morphology on mechanical, rheological and tribological properties of polyoxymethylene/aramid composites. *Polymer Science, Series A*, 57(2), 209–220. <https://doi.org/10.1134/S0965545X15020108>
- Ramanjaneyulu, G., & Rajendran, R. (2017). Study of wear behaviour of POM/graphite and POM/MoS₂ composites (SAE Technical Paper No. 2017-28-1959). SAE International. <https://doi.org/10.4028/www.sae.org/publications/technical-papers/content/2017-28-1959/>
- Siddiqui, M. S. N., Pogacnik, A., & Kalin, M. (2023). Influence of load, sliding speed and heat-sink volume on the tribological behaviour of polyoxymethylene (POM) sliding against steel. *Tribology International*, 178, Makale 108029. <https://doi.org/10.1016/j.triboint.2023.108029>
- Siengchin, S. (2011). Carbon nanofiber reinforced and PU-toughened POM ternary composites: Friction, wear and creep properties. *Mechanical Engineering Research*, 1(1), 69–77. <https://doi.org/10.5539/mer.v1n1p69>
- Su, Y., Gao, Q., Chang, Y., Chen, G., Wei, C., & Ren, C. (2023). Study on the mechanical, friction and wear properties of modified polyoxymethylene under free abrasive condition. *Journal of Applied Polymer Science*, Makale 53997. <https://doi.org/10.1002/app.53997>

- Tian, Y., & Huo, J. (2012). The mechanical and tribological properties of carbon fiber reinforced POM composites. *Applied Mechanics and Materials*, 182–183, 135–138. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/AMM.182-183.135>
- Zhang, L., Qi, H., Li, G., Zhang, G., Wang, T., & Wang, Q. (2017). Impact of reinforcing fillers' properties on transfer film structure and tribological performance of POM-based materials. *Tribology International*, 109, 58–68. <https://doi.org/10.1016/j.triboint.2017.01.015>

DIGITAL HEALTH TRANSFORMATION IN TÜRKİYE: INTEGRATING HOSPITAL INFORMATION AND BIOINFORMATICS SYSTEMS WITH LLM-BASED ARTIFICIAL INTELLIGENCE FOR CLINICAL IMPACT

TÜRKİYE’DE DİJİTAL SAĞLIK DÖNÜŞÜMÜ: HASTANE BİLGİ YÖNETİM SİSTEMLERİ (HBYS) VE BİYOİNFORMATİK SİSTEMLERDE BÜYÜK DİL MODELİ (LLM) TABANLI YAPAY ZEKÂ UYGULAMALARININ ENTEGRASYONU VE KLİNİK ETKİLERİ

Ceyda SEZER

Ege University, Faculty of Engineering, Bioengineering Department, İzmir, Türkiye
ORCID: 0009-0003-1925-4967

Assist. Prof. Dr. Yasin KAYMAZ

Ege University, Faculty of Engineering, Bioengineering Department, İzmir, Türkiye
ORCID: 0000-0002-9725-7536

ABSTRACT

This study maps the end-to-end flow of digital health data in Türkiye, integrates new national-scale evidence on healthcare utilization and genetics capacity into that workflow, and synthesizes the current and near-term clinical impacts of LLM-based artificial intelligence within hospital information system (HIS)-bioinformatics interfaces. We conducted a narrative synthesis combining document analysis of Türkiye’s national digital health components, review of the regulatory context relevant to genomic diagnostics and data governance, and targeted literature synthesis on Turkish clinical natural language processing, LLM-enabled pathology extraction, multidisciplinary oncology decision support, and privacy-preserving multi-institution learning. We constructed transparent scenario models for genetics analysis volume and retained data generation using the current public list of licensed Genetic Disease Evaluation Centers (GDEC), official 2024 center-level activity anchors, and published data-size estimates. Large language models (ChatGPT-4 and Claude 3.5 Sonnet) were used to assist with literature synthesis, text improvement, and manuscript editing. Türkiye’s digital health ecosystem is mature at the national scale, with 1,047,877,901 physician visits in 2024, nearly 70 million active e-Nabız users, and more than 30,000 integrated health facilities. The current public list identifies 127 licensed GDECs; scenario-based modeling suggests approximately 1.38-4.58 million genetic analyses per year. Turkish-language evidence supports LLM use for pathology report structuring and shows promising retrospective concordance with multidisciplinary tumor board recommendations. LLM-based AI can help bridge Türkiye’s remaining interoperability gap by converting unstructured narratives into computable clinical and genomic data, improving continuity across HIS and bioinformatics systems, and supporting multidisciplinary care under human supervision.

Keywords: Türkiye; digital health; hospital information systems; bioinformatics; clinical genomics; large language models

ÖZET

Bu çalışmada, Türkiye’de dijital sağlık verisinin hasta yolculuğu boyunca uçtan uca nasıl işlendiği ortaya konmuş; sağlık hizmeti kullanımı ile genetik tanı kapasitesine ilişkin ulusal ölçekteki güncel veriler bu iş akışıyla ilişkilendirilmiştir. Ayrıca hastane bilgi yönetim sistemi (HBYS) ile biyoinformatik arayüzlerinde büyük dil modeli (LLM) temelli yapay zekânın mevcut ve yakın dönemdeki klinik katkıları bir bütün olarak değerlendirilmiştir. Türkiye’nin ulusal dijital sağlık bileşenlerine yönelik belge incelemesi, genomik tanı ve veri yönetişimini ilgilendiren mevzuatın gözden geçirilmesi ve Türkçe klinik doğal dil işleme, LLM destekli patoloji bilgi çıkarımı, multidisipliner onkoloji karar desteği ile mahremiyeti gözetken çok merkezli öğrenme konularına odaklanan bir alanyazın taraması bir araya getirilerek anlatı temelli bir sentez yürütülmüştür. Genetik analiz hacmi ve saklanan veri üretimi için, ruhsatlı Genetik Hastalıklar Değerlendirme Merkezleri’nin (GHDM) güncel kamu listesi, 2024 yılına ait resmî merkez düzeyi faaliyet verileri ve alanyazındaki veri boyutu tahminleri esas alınarak şeffaf senaryo modelleri oluşturulmuştur. Alanyazının derlenmesi, metnin iyileştirilmesi ve makalenin düzenlenmesi aşamalarında büyük dil modellerinden (ChatGPT-4 ve Claude 3.5 Sonnet)

yararlanılmıştır. Türkiye'nin dijital sağlık ekosistemi ulusal ölçekte olgun bir yapıya ulaşmıştır; 2024 yılında 1.047.877.901 hekime başvuru gerçekleşmiş, e-Nabız'ın aktif kullanıcı sayısı 70 milyona yaklaşmış ve entegre sağlık tesisi sayısı 30.000'i geçmiştir. Güncel kamu listesinde 127 ruhsatlı GHDM yer almakta olup senaryo temelli modelleme yılda yaklaşık 1,38–4,58 milyon genetik analiz öngörmektedir. Türkçe alanyazındaki bulgular, patoloji raporlarının yapılandırılmasında LLM kullanımını desteklemekte; bu modeller multidisipliner tümör kurulu önerileriyle geriye dönük çalışmalarda umut verici bir uyum sergilemektedir. LLM temelli yapay zekâ; yapılandırılmamış metinleri hesaplanabilir klinik ve genomik veriye dönüştürerek, HBYS ile biyoinformatik sistemleri arasındaki sürekliliği güçlendirerek ve insan gözetiminde multidisipliner bakımı destekleyerek Türkiye'de halen süren birlikte çalışabilirlik açığının kapatılmasına katkı sağlayabilir.

Anahtar Kelimeler: Türkiye; dijital sağlık; hastane bilgi sistemleri; biyoinformatik; klinik genomik; büyük dil modelleri

INTRODUCTION

Health systems worldwide are moving from paper-based documentation and fragmented departmental tools toward integrated, data-driven care. Digital transformation is now defined not only by electronic record adoption, but by end-to-end interoperability across the patient journey, including laboratory medicine, imaging, pathology, and clinical genomics. In parallel, LLM-based artificial intelligence has emerged as a general-purpose technology for clinical text understanding, summarization, retrieval-augmented decision support, and patient communication, creating both opportunity and risk in safety-critical environments (National Institute of Standards and Technology, 2023, 2024; World Health Organization, 2021).

Türkiye represents a particularly informative setting because digital infrastructure scale and care delivery intensity are both high. The official 2024 Health Statistics Yearbook press release reported 1,047,877,901 physician visits, corresponding to 12.2 physician visits per person per year, together with 1,562 hospitals and 221,133 physicians nationwide (Republic of Türkiye Ministry of Health, 2025). This utilization figure should be interpreted as an aggregate annual encounter rate rather than evidence that every individual visits a physician monthly. Even with that caveat, it signals the order of magnitude of clinical notes, orders, laboratory results, images, and reports that Türkiye's digital health ecosystem already manages.

At the national level, multiple digital health components shape how data are captured, coded, and shared. e-Nabız, which is a patient-facing personal health record and longitudinal aggregation platform, along with Sağlık.Net supports country-wide exchange of national health data, together with a health coding reference server, which supplies a semantic structure for coded health data. Peer-reviewed evidence described 28,608 integrated health facilities, 39 public institutions, 4.5 billion cumulative transactions, and 82% population adoption for e-Nabız by 2023, while a 2026 Ministry statement updated this scale to nearly 70 million active users and more than 30,000 integrated facilities (Birinci, 2023; Republic of Türkiye Ministry of Health, 2026b).

Clinical bioinformatics introduces additional complexity. Modern genomic workflows span test ordering and consent, sample acquisition, wet-lab processing, primary sequencing output, secondary analysis that produces aligned reads and variant calls, tertiary interpretation, and final clinical sign-out. Yet these outputs are still frequently exchanged as narrative PDFs or vendor-specific reports rather than as machine-readable objects linked cleanly to the longitudinal patient record. Standards such as HL7/FHIR (Health Level 7 / Fast Health Interoperability Resources) Genomics Reporting and GA4GH (Global Alliance for Genomics and Health) Phenopackets offer a route to computable representation, but implementation remains uneven (Global Alliance for Genomics and Health, n.d.; HL7 International, n.d.).

LLM-based AI may reduce this gap because much of the information lost at the HIS-bioinformatics interface is linguistic. Pathology reports, radiology impressions, multidisciplinary case summaries, and molecular sign-out letters all contain clinically important content embedded in free text. Recent studies in Türkiye are especially relevant as LLMs have shown promising performance in extracting structured data from Turkish pathology reports, and GPT-4o has shown high retrospective concordance with multidisciplinary tumor board decisions in breast cancer (Büyükcera et al., 2025; Dilbaz et al., 2025). At the same time, Turkish oncologists demonstrate high interest in AI but limited formal education and

persistent regulatory uncertainty, underscoring the need for governed deployment rather than ad hoc tool use (Erdat & Cay Şenler, 2025; Türkmen et al., 2023).

Accordingly, this study pursues three aims. The first is to describe the current end-to-end processing of digital health data in Türkiye from source entry to clinical reporting across HIS and bioinformatics systems. Secondly, we integrate new evidence on healthcare scale, public genetics capacity, and data-footprint implications into that workflow, and lastly, we evaluate the current state and future potential of LLM-based AI for clinically meaningful, safe, and interoperable deployment in Türkiye.

RESEARCH AND FINDINGS

Materials and Methods

This work is a narrative review and workflow-mapping study designed to synthesize the current state of digital health data processing in Türkiye and to identify where LLM-based AI could add value across HIS, laboratory, pathology, imaging, and bioinformatics systems.

We began from an internally curated synthesis of peer-reviewed literature and official documents, then triangulated key claims against primary national sources wherever available. These included the Republic of Türkiye Ministry of Health's Health Statistics Yearbook press releases, official e-Nabız and GDEC statements, Turkish Statistical Institute population statistics, relevant Ministry circulars, and publicly accessible university or tertiary-center activity reports. We additionally reviewed recent studies on Turkish clinical language models, LLM-based extraction from pathology text, multidisciplinary oncology decision support, and federated learning in health care.

Because a public official's national annual total for genetic analyses was not identified, we constructed transparent scenario estimates using the current public list of licensed GDECs and official 2024 center-level anchors extracted from Atatürk University and Ondokuz Mayıs University reports. We also summarized literature-based examples of per-unit file sizes for representative imaging and genomics artifacts to contextualize storage implications for clinical AI.

Large language models (ChatGPT-5.4 and scispace.com) were used to assist with literature synthesis, text improvement, and manuscript editing. These tools were employed to help organize and refine the narrative presentation of findings, but did not contribute to study design, data collection, or interpretation of results. All AI-generated suggestions were reviewed and validated by the authors.

We mapped an end-to-end reference workflow spanning (i) patient entry and clinical documentation within HIS, (ii) diagnostic orders and result generation across laboratory, pathology, and imaging systems, (iii) clinical genomics and bioinformatics processing from sample to report, and (iv) downstream clinical actions such as multidisciplinary tumor boards and follow-up planning. For each stage, we identified major data objects, interoperability touchpoints, and plausible LLM-enabled functions.

Findings were synthesized thematically across four domains: system scale and interoperability; public genetics capacity and data footprint; clinical process and workload; and patient safety, privacy, and governance. Where evidence was incomplete, conclusions are framed explicitly as scenario-based or prospective rather than as definitive national measurements.

Results

Fig. 1 presents the reference workflow used in this study. At the point of care, HIS captures demographic data, visit records, clinical notes, medications, and coded diagnoses. Diagnostic subsystems then generate modality-specific outputs: LIS for laboratory medicine, RIS/PACS and TELETIP-linked imaging environments for radiology, pathology information systems for gross and microscopic findings, and molecular laboratories plus bioinformatics pipelines for genomic analysis. The proposed LLM insertion points are concentrated where high-value information remains trapped in narrative form or where longitudinal context must be condensed for clinical action.

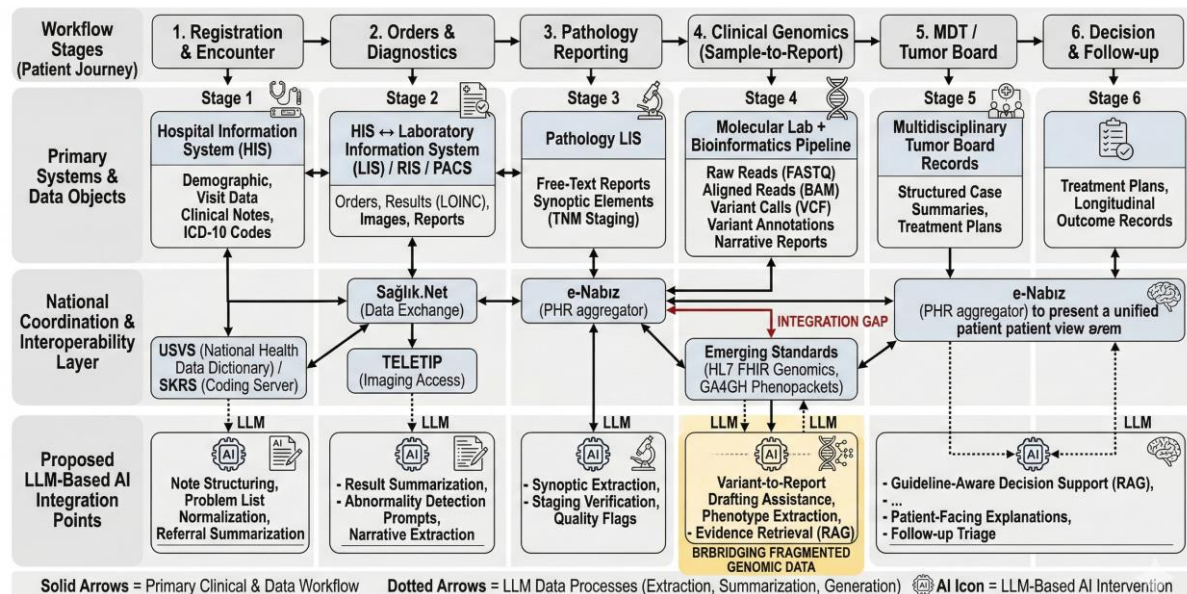


Fig. 1 Conceptual end-to-end digital health data flow in Türkiye, integrating HIS, bioinformatics, and LLM-based AI

At the coordination layer, national services such as Sağlık.Net, e-Nabız, NHDS (National Health Data System), HCRS (Health Code Reference Server), and TELETIP provide the semantic and infrastructural basis for continuity across institutions. However, the workflow also highlights the central integration gap of this study: many bioinformatics outputs, particularly those generated in molecular laboratories or vendor-specific pipelines, still enter the longitudinal record as static documents rather than computable genomic observations. This weakens auditability, limits secondary use, and reduces the reliability of downstream decision support.

The official health statistics for 2023 and 2024 show that Türkiye's digital health challenge is not one of small-scale pilot data. Total physician visits increased from 973,519,087 in 2023 to 1,047,877,901 in 2024, while visits per person rose from 11.4 to 12.2 (Republic of Türkiye Ministry of Health, 2024, 2025). Hospitals accounted for 580,616,393 physician visits in 2024 and university hospitals alone for 48,283,052 visits, indicating the concentration of advanced diagnostics and complex documentation in tertiary settings where imaging, pathology, and genomics are most likely to intersect with AI-enabled workflows.

Fig. 2A-C visualizes three practical implications of this scale context. First, the absolute number of physician encounters is already at the billion-visit level. Second, physician contact rates in Türkiye are high by international comparison, although still lower than Korea and substantially higher than the 2023 OECD average. Third, hospital physician visits exceed primary care visits in both years shown, reinforcing the importance of hospital-based integration for data-rich and specialty-intensive workflows.

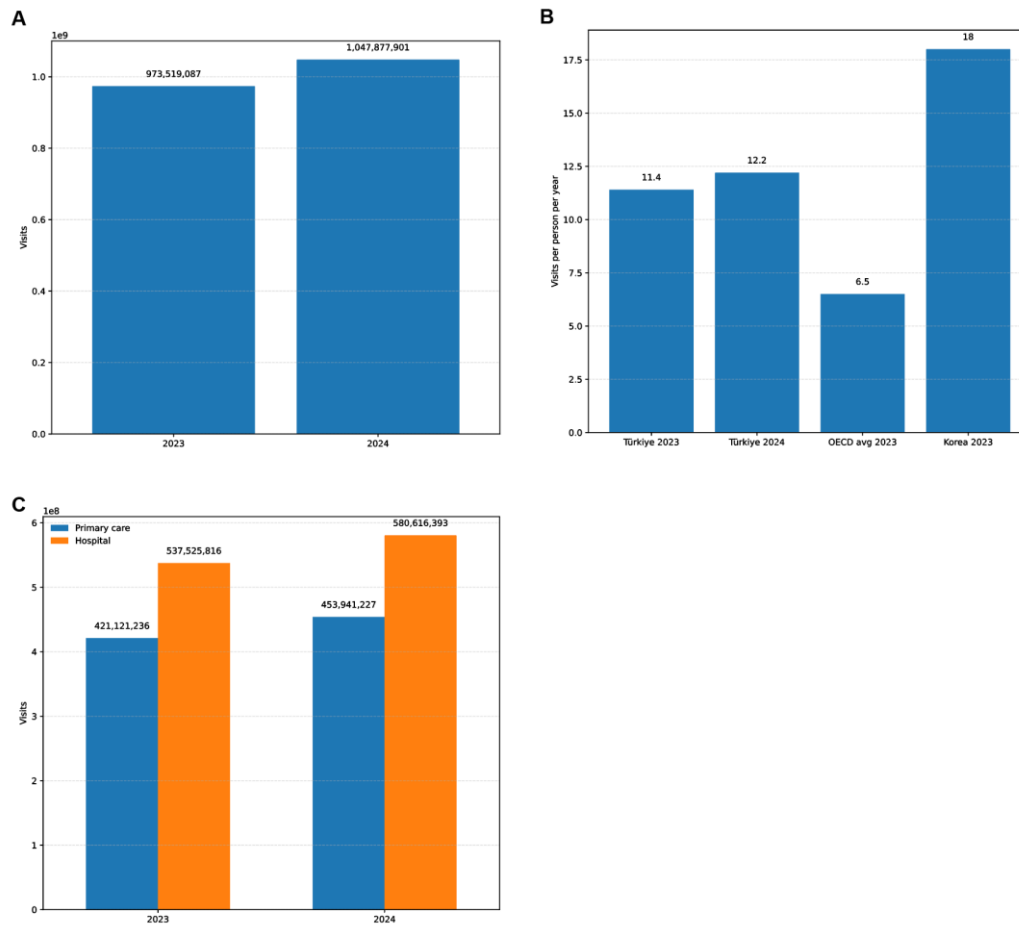


Fig. 2 National healthcare utilization context in Türkiye. A) Total physician visits in Türkiye, 2023-2024. B) Physician visits per person: Türkiye and OECD comparison. C) Primary care versus hospital physician visits in Türkiye. Data compiled from the Republic of Türkiye Ministry of Health (2024, 2025) and OECD (2025).

The national digital layer reinforces this scale. Beyond the sheer encounter burden, e-Nabız has evolved into a mature longitudinal access platform with broad institutional integration and patient uptake. This matters because AI value in Türkiye depends not only on local hospital data warehouses but also on whether structured summaries, prior results, and clinically relevant documents can be surfaced safely across time and place. Table 1 synthesizes the key national-scale and public-capacity indicators that frame the HIS-bioinformatics integration problem.

Table 1 Key national scale and public capacity indicators relevant to AI-enabled HIS-bioinformatics integration in Türkiye

Domain	Indicator	Latest values – year	Why it matters
Service volume	Total physician visits	1,047,877,901 (2024)	Shows that AI deployment will operate on very large encounter and documentation volumes.
Service volume	Physician visits per person	12.2 (2024)	An aggregate utilization signal indicating sustained contact with the health system, not literal monthly attendance by every resident.
Service mix	Hospital physician visits	580,616,393 (2024)	Highlights the hospital-centered burden where specialty workflows,

Domain	Indicator	Latest values – year	Why it matters
			diagnostics, and longitudinal summarization are most critical.
Tertiary care	University hospital visits	48,283,052 (2024)	Reflects concentration of advanced diagnostics and multidisciplinary decision-making in academic centers.
Infrastructure	Hospitals in service; physicians	1,562 hospitals; 221,133 physicians (2024)	Defines the national deployment footprint and the scale of documentation-generating clinical work.
Digital layer	e-Nabız integrated facilities	28,608 by 2023; >30,000 by 2026	Indicates a mature longitudinal access layer that could support retrieval, duplicate-test avoidance, and cross-institution continuity.
Digital layer	e-Nabız scale	4.5 billion cumulative transactions and 220 million physician queries by 2023; nearly 70 million active users by 2026	Shows that patient-facing and clinician-facing national aggregation already exists at very large scale.
Genomics capacity	Licensed GDECs	127 centers (public list dated 12 Feb 2026)	Provides the strongest public national anchor for genetics production capacity.
Scenario estimate	Illustrative genetics analyses/year	1.38-4.58 million; base 2.98 million	Supports planning discussions when no public official national annual genetics total is available.
Scenario estimate	Illustrative retained genetics data/year	2.09-98.01 PB/year depending on assay mix and retention	Demonstrates that imaging and omics architecture choices have major consequences for storage and compute planning.

Sources: Republic of Türkiye Ministry of Health (2024, 2025, 2026a, 2026b), Birinci (2023), Turkish Statistical Institute (2025), Atatürk University (2025), and Ondokuz Mayıs University (2025).

Across institutions, clinical genomics workflows typically include test ordering and consent capture, sample acquisition, wet-lab preparation and sequencing, primary output generation, secondary analysis that produces aligned reads, variant calls, tertiary interpretation, and final clinical sign-out. Variant interpretation commonly references ACMG/AMP guidance and external resources such as ClinVar, but the final reporting layer is still highly heterogeneous across institutions (Richards et al., 2015).

The practical interoperability problem is therefore twofold. First, molecular outputs are structurally different from the data models used in most HIS environments. Second, the most clinically meaningful portion of the result often appears only in narrative text or embedded tables. Standards such as HL7 FHIR Genomics Reporting and GA4GH Phenopackets are relevant because they can link computable variants, phenotypes, and metadata to the longitudinal patient record. LLMs are useful in this transition period because they can help map legacy narrative reports into structured representations, but they do not remove the need for standards-based native capture in the long term.

Public reporting on genetics in Türkiye remains much thinner than reporting on general healthcare utilization. The current official public list identifies 127 licensed GDECs, updating older working assumptions based on smaller counts (Republic of Türkiye Ministry of Health, 2026a). However, no single public official's annual national total for genetic analyses was identified. This absence is itself important: it means infrastructure planning, interoperability prioritization, and AI capacity discussions still depend on scenario modeling rather than on routinely published national genomics indicators.

Using the current public GDEC count together with two official 2024 center-level anchors, 10,887 tests at Atatürk University and 36,063 tests at Ondokuz Mayıs University, we estimated an illustrative national range of 1,382,649 to 4,580,001 analyses per year, with a midpoint base scenario of 2,981,325 analyses. These figures are analysis-based rather than patient-based and should be interpreted conservatively, but they nonetheless indicate that molecular diagnostics already represent a substantial operational and reporting burden (Atatürk University, 2025; Ondokuz Mayıs University, 2025).

The corresponding data-footprint implications are also nontrivial. Published literature shows that per-unit storage needs differ by orders of magnitude across data types, from approximately 10 MB for a chest radiograph to around 100 MB for a brain MRI, 250 MB for an abdominal CT, 1.3-1.5 GB for a representative whole-slide pathology image, and far larger footprints for raw or aligned genomic data. Under transparent low, base, and high assay-mix scenarios, retained annual genetics-related data generation in Türkiye could plausibly range from about 2.09 PB/year to 98.01 PB/year (The current role of image compression standards, 2021; He et al., 2017; A low-cost pathological image digitalization, 2022; Mind the gap, 2019; Next-generation sequencing, 2015; Strand Life Sciences, n.d.; Whole slide imaging, 2019).

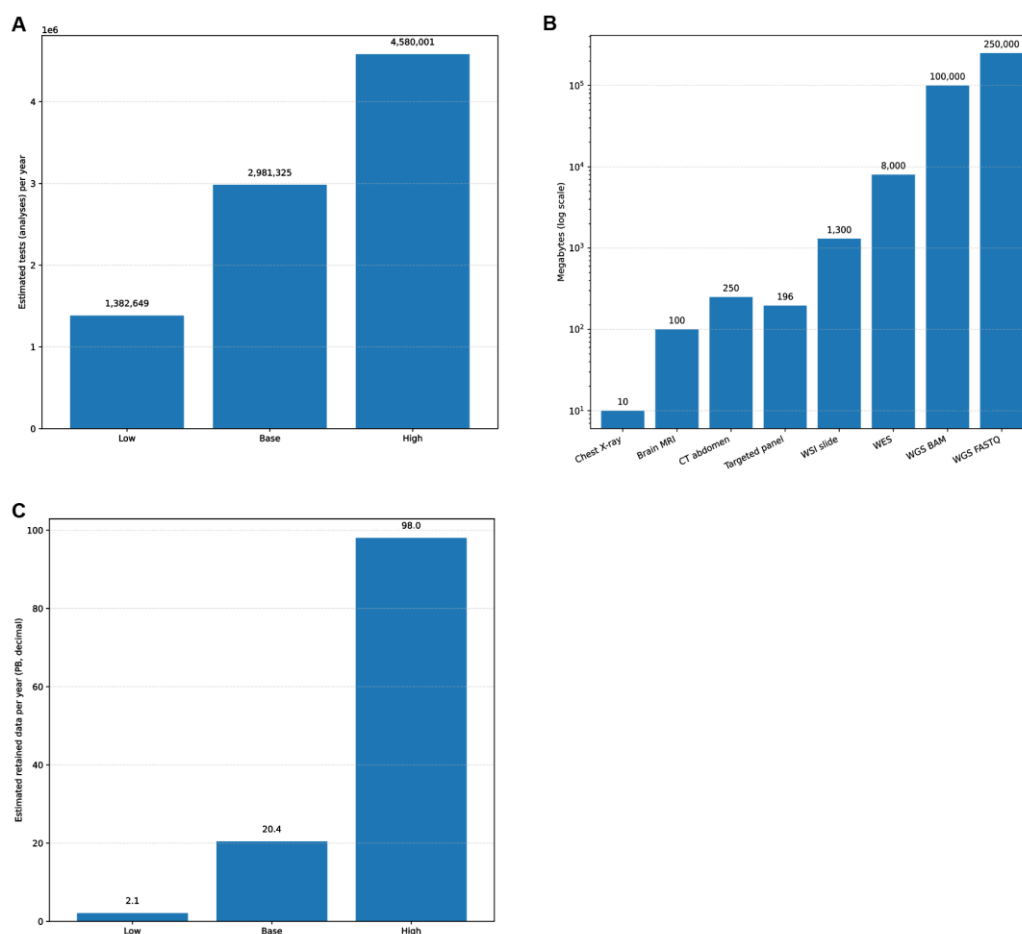


Fig. 3 Publicly visible genetics capacity and data-footprint implications in Türkiye. A) Illustrative national genetics analysis scenarios using the 2026 public GDEC list and official 2024 center-level anchors. B) Typical per-unit data sizes relevant to clinical AI, shown on a log scale. C) Illustrative annual retained genetics data-generation scenarios in Türkiye. Data compiled from the Republic of Türkiye Ministry of Health (2026a), Atatürk University (2025), Ondokuz Mayıs University (2025), and published imaging/genomics storage literature.

Turkish-language pathology reporting provides one of the clearest near-term use cases. A recent study evaluating multiple LLMs on Turkish free-text pathology reports showed that stronger models substantially improved the extraction of standardized report elements.

This is important because pathology narratives often contain staging, margin, biomarker, and specimen details that are clinically actionable but poorly represented in structured fields (Dilbaz et al., 2025).

A second relevant use case is multidisciplinary oncology support. In a retrospective breast cancer study, GPT-4o showed high concordance with multidisciplinary tumor board decisions when given sufficiently complete case context and guideline framing (Büyükceran et al., 2025). In parallel, Turkish medical oncologists report that they are already experimenting with AI tools, but formal training remains limited, and governance is widely perceived as inadequate (Erdar & Cay Şenler, 2025).

Taken together, these findings suggest that the highest-value LLM role in Türkiye is not autonomous clinical decision-making, but governed workflow support embedded inside existing clinical systems. Table 2 summarizes the priority use cases that emerge when the report-level findings are integrated with the study's HIS-bioinformatics workflow model. The recurring pattern is that AI value is strongest where large volumes of clinically important narrative content must be transformed into structured, reviewable, and longitudinally traceable information.

Table 2 Priority LLM-enabled integration opportunities in Türkiye and the minimum safeguards required for safe deployment

Use case	Main data inputs	Expected value in Türkiye	Main risk	Minimum safeguards
Turkish report structuring	Free-text pathology, radiology, discharge, and genetics reports	Converts narrative content into computable fields and improves coding completeness, auditability, and longitudinal retrieval.	Omission or misclassification of clinically critical details.	Domain-specific validation, human sign-off, explicit error taxonomy, and periodic re-audit.
Patient-journey summarization	Encounter history, laboratory trends, imaging reports, medications, referrals	Improves continuity across repeated visits and helps clinicians navigate very high-volume longitudinal records.	Hallucinated chronology or omission of contraindications and prior findings.	Source-grounded summarization, provenance display, recency checks, and user feedback loops.
Duplicate-test avoidance	Prior laboratory orders, imaging history, e-Nabız retrieval, referral notes	May reduce avoidable repeat testing and administrative burden in fragmented care pathways.	False reassurance when prior results are incomplete or unavailable.	Integration with authoritative records, clear uncertainty handling, and rule-based fallback logic.
Variant-to-report drafting	FASTQ/BAM/VCF-derived annotations, phenotype text, report templates, evidence resources	Speeds report drafting and can improve consistency of molecular sign-out and phenotype capture.	Variant misinterpretation, nomenclature errors, or unsupported evidence claims.	ACMG/AMP-aligned templates, geneticist review, evidence traceability, and audit trails.
MDT/tumor board support	Structured case summaries, pathology and	Supports case preparation and can improve	Unsafe or biased recommendations	Retrieval-augmented generation from approved sources,

Use case	Main data inputs	Expected value in Türkiye	Main risk	Minimum safeguards
	genomics findings, approved guidelines	consistency of multidisciplinary discussion.	if context is incomplete.	uncertainty statements, and no autonomous ordering.
Federated multi-site learning	Distributed EHR, imaging, pathology, and genomics data held locally	Enables cross-institution model development where raw data sharing is difficult or undesirable.	Information leakage from shared updates and performance drift across heterogeneous sites.	Secure aggregation, schema harmonization, consortium governance, and continuous monitoring.

Abbreviations: ACMG/AMP, American College of Medical Genetics and Genomics/Association for Molecular Pathology; MDT, multidisciplinary team; RAG, retrieval-augmented generation. Sources: Dilbaz et al. (2025), Büyükceran et al. (2025), Erdat and Cay Şenler (2025), Teo et al. (2024), Pati et al. (2024), and Sinaci et al. (2024).

Discussion

This revised synthesis sharpens the central message of the study. Türkiye is no longer simply a country with growing digital health adoption; it is a data-rich health system operating at a national scale, with more than one billion physician visits annually, a mature patient-facing longitudinal platform, and large specialty-care volumes concentrated in hospitals and academic centers. The opportunity for AI is therefore real, but so is the interoperability burden created by fragmented reporting formats and uneven representation of genomics and bioinformatics outputs.

A first key finding is that the national digital layer is far more mature than the genomics reporting layer. e-Nabız and related services already support broad continuity of routine health information, whereas clinical genomics remains variably integrated and publicly under-measured. The current public anchor of 127 GDECs and the scenario-based estimate of 1.38–4.58 million analyses per year suggest that molecular diagnostics are already important enough to require explicit national planning for structured reporting, storage, and governance.

A second key finding is that the main HIS-bioinformatics bottleneck is not only technical but semantic. Much of the value in pathology reports, radiology impressions, genetics interpretations, and multidisciplinary case summaries remains in free text. This is precisely where LLMs appear most useful in the near term: not as autonomous decision makers, but as tools for structuring narratives, drafting reviewable summaries, extracting phenotypes, and supporting consistent handoffs between specialist teams. The available Türkiye-specific evidence is promising, but still mostly retrospective and task-specific.

Interoperability remains the decisive enabler. Native structured capture using nationally harmonized vocabularies and internationally recognized genomics models is preferable to perpetual dependence on post hoc extraction. Nevertheless, LLMs can play a transitional role by normalizing legacy reports into computable fields and by helping bridge the current gap between laboratory or vendor-specific outputs and the longitudinal patient record. This transition is particularly important for oncology and rare-disease workflows, where phenotype, pathology, treatment history, and variant interpretation all need to be assembled coherently for clinical action.

Governance and information security are non-negotiable. Health and genomic data are special-category personal data, and Ministry-level governance signals already treat genetic data sharing as a distinct issue (Republic of Türkiye Ministry of Health, 2021). For clinical LLM deployment, privacy impact assessment, least-privilege access control, traceable logging, approved deployment environments, and clear incident-response pathways should be considered minimum requirements rather than optional enhancements. WHO guidance and NIST risk-management frameworks provide a useful international scaffold for these safeguards (National Institute of Standards and Technology, 2023, 2024; World Health Organization, 2021).

The TÜSEB workshop material cited in the original study remains highly relevant to this discussion because it frames AI readiness as a governance problem as much as a modeling problem. The workshop described more than 159 Ministry applications, over 30 PB of centrally stored text data, more than 70 million imaging studies, and roughly 4,300 servers, while emphasizing access control, encryption, data quality, and the incomplete integration of genetic data into e-Nabız (Türkiye Sağlık Enstitüleri Başkanlığı, 2026). Those points align closely with the scenario-based findings added here: genomics is not peripheral, and architecture choices around retention, linkage, and safe access will shape whether AI adds value or risk.

Federated learning deserves attention as a future direction because it fits the Turkish context strategically. Multi-institution model development is attractive in areas such as radiology, oncology, rare disease, and longitudinal risk prediction, yet raw data sharing remains sensitive and operationally difficult. International evidence suggests that federated learning is promising but not yet routine in real-world healthcare, and that privacy protection still requires secure aggregation, schema harmonization, and explicit governance rather than naive trust in decentralization alone (Pati et al., 2024; Sinaci et al., 2024; Teo et al., 2024).

This study has limitations. The genetics-analysis and data-generation estimates are planning scenarios rather than official national counts, because public national totals for annual test numbers, assay mix, and retention policy were not found. Some technical size examples were derived from international literature rather than from Türkiye-specific infrastructure disclosures. The current evidence base for LLM performance in Turkish clinical workflows also remains narrower than that available for English-language settings. These limitations should be interpreted as priorities for future measurement, not as reasons to delay governance and interoperability work.

Future research should move beyond retrospective concordance studies toward workflow-embedded prospective evaluation. Relevant endpoints include report turnaround time, coding completeness, duplicate-test reduction, time-to-treatment, clinician burden, patient understanding, and downstream safety events. Nationally, the most valuable next step would be a routine public reporting framework for clinical genomics capacity that includes assay mix, output formats, retention practice, and interoperability maturity across GDECs.

CONCLUSION

Türkiye's digital health ecosystem has created the scale conditions under which AI can deliver meaningful operational and clinical value. The country already manages very large encounter volumes through a mature national digital backbone, yet genomic and bioinformatics reporting still enters the clinical workflow unevenly and often in poorly computable formats. The report findings integrated here suggest that the strongest near-term opportunity lies in using LLM-based AI to structure narrative reports, summarize patient journeys, support variant-to-report workflows, and strengthen multidisciplinary preparation under human supervision.

At the same time, the public GDEC landscape and scenario-based workload estimates show that genomics in Türkiye is already large enough for storage, interoperability, and governance choices to matter materially. The practical next step is therefore not unrestricted automation, but a coordinated program of standards-based reporting, Turkish-language evaluation, safe deployment environments, and privacy-preserving collaboration. If implemented within those constraints, LLM-based AI can become a realistic bridge between HIS, bioinformatics systems, and longitudinal clinical decision-making in Türkiye.

Acknowledgments

The authors gratefully acknowledge the Ministry of Health and the university hospitals for making relevant data available through publicly accessible reports. The authors also thank Sevtap Duman Kaymaz and Çağatay Kılınç from the Faculty of Computer and Informatics Sciences, Ege University, for their valuable insights and constructive discussions that informed this work.

Competing Interests

The authors declare that they have no competing interests.

Data Availability

All data used in this study were obtained from publicly available sources. Processed datasets supporting the findings of this study are available from the corresponding author upon reasonable request.

Code Availability

The code used for data processing, analysis, and figure generation is available from the corresponding author upon reasonable request.

REFERENCES

- Atatürk University. (2025). 2024 activity report. Atatürk University.
- Birinci, Ş. (2023). A digital opportunity for patients to manage their health: Turkey national personal health record system (the e-Nabız). *Balkan Medical Journal*, 40(3), 215–221.
- Büyükceran, E. U., Özdemir, F., et al. (2025). High concordance between GPT-4o and multidisciplinary tumor board decisions in breast cancer: A retrospective decision support analysis. *Journal of Medical Systems*. <https://doi.org/10.1007/s10916-025-02314-9>
- The current role of image compression standards in medical imaging, (2021). *Journal of Digital Imaging*.
- Dilbaz, O. F., Özateş, M., Bolat, B., Gündüz-Demir, Ç., & Kulaç, İ. (2025). Systematic comparison of GPT models for the analysis of pathology reports in a low-resource language: A case study for Turkish. *American Journal of Clinical Pathology*. <https://doi.org/10.1093/ajcp/aqaf091>
- Erdar, E. C., & Cay Şenler, F. (2025). Turkish medical oncologists' perspectives on integrating artificial intelligence: Knowledge, attitudes, and ethical considerations. *BMC Medical Ethics*.
- Global Alliance for Genomics and Health. (n.d.). Phenopackets standard for phenotype and clinical data exchange. <https://www.ga4gh.org/product/phenopackets/>
- He, K. Y., Ge, D., & He, M. M. (2017). Big data analytics for genomic medicine. *International Journal of Molecular Sciences*, 18(2), 412.
- HL7 International. (n.d.). FHIR genomics reporting implementation guide. <https://hl7.org/fhir/uv/genomics-reporting/>
- A low-cost pathological image digitalization method based on 5 times magnification scanning. (2022). *Scientific Reports*.
- Mind the gap: Resources required to receive, process, and interpret research-returned whole genome data. (2019). *Journal of Personalized Medicine*.
- National Institute of Standards and Technology. (2023). Artificial intelligence risk management framework (AI RMF 1.0). NIST.
- National Institute of Standards and Technology. (2024). Generative artificial intelligence profile (NIST AI 600-1). NIST.
- Next-generation sequencing using a pre-designed gene panel for the molecular diagnosis of congenital disorders in pediatric patients. (2015). *Human Genomics*.
- OECD. (2025). Health at a glance 2025: Consultations with doctors. Organisation for Economic Co-operation and Development.
- Ondokuz Mayıs University. (2025). 2024 administrative activity report. Ondokuz Mayıs University.
- Pati, S., et al. (2024). Privacy preservation for federated learning in health care. *Patterns*, 5.
- Republic of Türkiye Ministry of Health. (2021). Circular 2021/14 on genetic data sharing. General Directorate of Health Services.
- Republic of Türkiye Ministry of Health. (2024). Health statistics yearbook 2023 press release. General Directorate of Health Information Systems.
- Republic of Türkiye Ministry of Health. (2025). Health statistics yearbook 2024 press release. General Directorate of Health Information Systems.
- Republic of Türkiye Ministry of Health. (2026a). Genetic Disease Evaluation Centers (GDEC) list, dated 12 February 2026. General Directorate of Health Services.
- Republic of Türkiye Ministry of Health. (2026b). Public statement on e-Nabız. General Directorate of Health Information Systems.
- Richards, S., et al. (2015). Standards and guidelines for the interpretation of sequence variants: A joint consensus recommendation of the ACMG and the AMP. *Genetics in Medicine*, 17, 405–424.

- Sinaci, A. A., et al. (2024). Privacy-preserving federated machine learning on FAIR health data: A real-world application. *Computational and Structural Biotechnology Journal*, 23, 2472–2482.
- Strand Life Sciences. (n.d.). Storage and computation requirements for NGS data. <https://www.strandls.com/>
- Teo, Z. L., et al. (2024). Privacy preservation for federated learning in health care. *Patterns*, 5.
- Turkish Statistical Institute. (2025). Address based population registration system results, 2024. TÜİK.
- Türkiye Sağlık Enstitüleri Başkanlığı (TÜSEB). (2026). Health data infrastructure and AI workshop summary notes. TÜSEB.
- Türkmen, H., Dikenelli, O., Eraslan, C., Çallı, M., & Özbek, S. (2023). Harnessing the power of BERT in the Turkish clinical domain: Pretraining approaches for limited data scenarios. In *Proceedings of the 5th Clinical Natural Language Processing Workshop* (pp. 161–170).
- Whole slide imaging equivalency and efficiency study: Experience at a large academic center. (2019). *Modern Pathology*.
- World Health Organization. (2021). Ethics and governance of artificial intelligence for health. WHO.

"GREEN" STRATEGIES AS A COMPETITIVE ADVANTAGE: INTEGRATING THE SUSTAINABLE DEVELOPMENT GOALS (SDGS) INTO CORPORATE MANAGEMENT**GIVI DUCHIDZE**

Doctor of Business Administration, Associate Professor at the David Agmashenebeli Georgian National Defence Academy and East European University

ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0002-0451-2436>

Abstract: In the context of modern global challenges, climate change and resource scarcity, the implementation of sustainable development principles has become an indispensable prerequisite for business survival and development. This article discusses the strategic aspects of integrating the UN Sustainable Development Goals (SDGs) into corporate management and their impact on the long-term competitiveness of the organization. Based on the theoretical framework of the Resource-Based View (RBV), the paper analyzes how "green" competencies and eco-innovations are transformed into a unique, hard-to-imitate asset of the company. The article examines in detail the reflection of environmental, social and governance (ESG) factors in corporate risk management, the production cycle and green logistics. Based on theoretical and practical case studies, the paper shows that strategic adaptation of sustainability objectives not only improves brand reputation, but also increases access to international green capital and ensures cost efficiency. The final section presents practical recommendations for managers to effectively manage the strategic transformation process and avoid the risks of pseudo-green marketing ("greenwashing").

Keywords: strategic management, sustainable development goals (SDGs), green strategy, competitive advantage, ESG risks, eco-innovation.

Introduction

The global economic reality of the 21st century has presented business organizations with fundamental choices. Climate change, critical scarcity of natural resources, loss of biodiversity, and social inequality are no longer considered isolated ecological or humanitarian problems; they have had a direct and transformative impact on modern corporate architecture (Porter & Kramer, 2011). The traditional management paradigm, which was primarily focused on maximizing short-term financial profits and satisfying shareholder interests, is gradually losing its relevance and competitiveness. Today, organizational resilience and market positioning increasingly depend on the extent to which a company integrates environmental, social, and governance (ESG) criteria into its core strategy (Barney, 2021). In this context, the Sustainable Development Goals (SDGs) defined by the UN 2030 Agenda are not only a global reference point, but also a practical strategic tool for the business sector.

The relevance of this study is determined by the growing discrepancy between existing theoretical models and the dynamic requirements of the modern business environment. Although the idea of corporate social responsibility (CSR) is decades old, the deep, systematic integration of the Sustainable Development Goals (SDGs) into daily operational management and strategic planning remains a serious challenge for many companies. In many cases, organizations view sustainability principles as a financial burden or a marketing tool, which leads to the spread of the so-called "greenwashing" phenomenon and damages the long-term reputation of the brand (Walker & Wan, 2012). Accordingly, it is important from a scientific and practical point of view to identify the mechanisms that transform "green" strategies from formal declarations into real, sustainable competitive advantages.

To address this problem, this paper draws on the Resource-Based View (RBV), according to which an organization's unique, hard-to-imitate, and valuable assets are the basis for generating superior profits (Barney, 1991). In this theoretical framework, "green" competencies, eco-innovations, and sustainable supply chains (Green Logistics) are considered as strategic resources that enable a company to optimize costs, reduce emissions, attract eco-conscious customers, and gain access to cheap international green capital (Hart & Dowell, 2011).

The main objective of this paper is to substantiate and analyze how the strategic adaptation of the Sustainable Development Goals (in particular, SDG 8, SDG 12 and SDG 13) ensures the formation of

sustainable competitive advantage in corporate management. To achieve the set goal, the following tasks are to be solved within the framework of the research:

- Review of the theoretical foundations of green management in modern literature;
- Development of a strategic model for integrating SDGs into corporate strategy;
- Analysis of successful international and local cases;
- Preparation of practical recommendations for managers for effective risk management.

The research methodology is based on systemic and structural-functional analysis, secondary data processing and a qualitative case study approach, which allows us to see both the challenges and prospects of green transformation in a comprehensive way.

Literature Review: The 17 Sustainable Development Goals (SDGs) adopted by the United Nations in 2015 were initially conceived as macroeconomic and political guidelines for sovereign states. However, contemporary management literature increasingly emphasizes that these goals cannot be achieved without the active involvement of the corporate sector (Schonherr et al., 2017). Business organizations are no longer viewed solely as creators of environmental or social problems, but are seen as the main source of solutions to these problems: in the form of innovation, capital, and operational capabilities at scale. Adapting the UN agenda in the corporate sector involves transforming global goals into local, tangible strategic objectives for the company.

In the academic discussion, special attention is paid to two specific goals that are directly related to corporate sustainability: SDG 12 (Responsible Consumption and Production) and SDG 13 (Climate Action). Integrating SDG 12 requires companies to replace the traditional linear economic model ("produce-produce-dispose") with the principles of the circular economy (Geissdoerfer et al., 2017). This involves extending the life cycle of products, minimizing waste and reusing resources in the production process. On the other hand, in the context of SDG 13, combating climate change is no longer just an ethical choice, but also a necessity for risk management. Companies that do not strategically reduce carbon emissions (decarbonization) and do not prepare for tightening climate regulations are at risk of financial and operational crises (Whiteman et al., 2013). To explain the economic feasibility of integrating sustainability principles into business, scholars often turn to Michael Porter's classic generic strategies (Porter, 1985). In the traditional sense, Porter believed that environmental regulations and additional ecological standards increase business costs and reduce its competitiveness. However, further development of the "Porter hypothesis" (Porter & van der Linde, 1995) showed that strict environmental approaches actually stimulate innovation, which in the long run compensates for the initial costs and creates advantages in two main aspects: cost leadership and differentiation.

"Green cost leadership" is achieved at the expense of resource optimization and energy efficiency. When a company introduces modern waste management technologies or reduces energy consumption, it directly reduces the cost of production (Esty & Winston, 2009). Accordingly, environmental sustainability becomes an indicator of internal operational efficiency. At the same time, "green differentiation" allows the organization to occupy a unique niche in the market. A growing segment of eco-conscious consumers is willing to pay a premium price for a product or service that is certified and does not harm the environment (Orsato, 2006). Thus, green strategy adds a new competitive dimension to classic approaches, where sustainability becomes the main driver of value creation. Another important factor in the "green transformation" of corporate strategy is the increasing role of environmental, social and governance (ESG) criteria in international capital markets. If in the past investors evaluated companies only according to pure financial indicators (ROI, EBITDA), today ESG ratings play a critical role in making investment decisions (Boffo & Patalano, 2020). This trend reflects a fundamental rethinking of capital markets: ignoring ESG factors is seen as a sign of insufficient strategic readiness and high financial risk.

Empirical studies confirm that companies with high ESG ratings have a lower cost of capital and are more likely to attract investment, in particular through green bonds and other sustainable financing instruments (Khan et al., 2016). Investors are realizing that an organization that has sound eco-logistics, manages greenhouse gas emissions, and adheres to the principles of social justice is more resilient to external shocks, legal sanctions, and market changes. As a result, integrating ESG criteria into corporate strategy is no longer a voluntary CSR activity, but rather a strategic mechanism for ensuring financial stability and access to global investment flows.

Key point: Successful implementation of the Sustainable Development Goals (SDGs) in an organization cannot be achieved through superficial or piecemeal approaches. In order for a “green” orientation to become a real competitive advantage, it is necessary to integrate it at the initial stage of strategic planning — in the company’s mission, vision, and core values (Baumgartner & Rauter, 2017). A mission that clearly states the company’s responsibility to the environment and society sets a new corporate standard and defines long-term goals. When an organization’s vision is closely linked to environmental sustainability, it provides managers with a clear direction for making decisions that balance economic profit and the interests of the planet. At the value level, the legitimization of green components creates the basis for an ethical corporate identity, which increases the credibility of the organization in the eyes of external and internal stakeholders (Engert et al., 2016).

The transformation of strategic vision into practical reality occurs at the operational level, where special importance is attached to the transformation of the supply chain. Modern green operational management is based on three interconnected pillars: Green Procurement, Zero Waste, and Circular Economy principles (Govindan et al., 2015). Green procurement obliges the company to prioritize environmentally friendly, certified, and resource-efficient products when selecting partners and raw materials. This approach reduces the corporate “ecological footprint” at the initial stage of the supply chain.

At the same time, the implementation of the “Zero Waste” concept in the production cycle is closely linked to circular models, where traditional waste is considered as a new resource (Geissdoerfer et al., 2017). Optimizing emissions in logistics processes, reusing packaging materials, and integrating energy-efficient technologies allow companies to not only meet the requirements of SDG 12 and SDG 13, but also achieve significant financial savings, which increases their operational efficiency and cost leadership in the market (Zhu et al., 2013).

The ultimate guarantee of the success of a green strategy is organizational human capital and internal corporate culture. New technologies and strategic plans cannot work effectively if employees do not have the so-called “Green Mindset” and environmental awareness (Chang, 2015). One of the main tasks of management is to create a work environment where environmental initiatives are encouraged and employees feel like they are co-participants in the sustainability process.

Green human resource management (Green HRM) includes training personnel on sustainable development issues, material or moral incentives for eco-innovative ideas, and the introduction of resource-saving behavior in everyday office activities (Renwick et al., 2013). When green values become an integral part of the corporate culture, employee loyalty and motivation increase, which, in turn, improves the quality of internal organizational processes and contributes to the continuous generation of sustainable innovations (Jackson et al., 2011).

In the modern global market, consumer behavior is undergoing a fundamental transformation. In addition to traditional price and quality criteria, the ecological and social aspects of a product play an increasingly important role in the decision-making process (Luchs et al., 2010). An organization’s active support for the Sustainable Development Goals (SDGs) and the implementation of real “green” initiatives directly affect the brand’s reputation and corporate image. A growing and influential target segment of eco-conscious consumers prefers brands whose values are aligned with environmental principles. Empirical studies show that real eco-friendly strategies strengthen consumer trust and lead to long-term corporate loyalty (Du et al., 2010). In addition, reputational capital provides a company with the so-called “premium price” because consumers are willing to pay more for sustainable products. This approach protects the organization from aggressive price competition in the market and creates a strong emotional connection between the brand and the public. The main driving force of radical and incremental (step-by-step) innovations. Ecological constraints and international regulations force managers to reconsider traditional production processes and develop innovative, eco-friendly products or services (Klewitz & Hansen, 2014). This process, which is called “eco-innovation” in the academic literature, paves the way for the company to occupy completely new, untapped markets and strategic niches.

Creating innovative green products that are characterized by low carbon content, recyclable packaging, or high energy efficiency gives a company a first-mover advantage in new economic segments (Lieberman & Montgomery, 1988). Developing a product portfolio that is consistent with the 12th and 13th goals of the United Nations Sustainable Development Goals (SDG 12, SDG 13) allows an

organization to diversify its activities, reduce dependence on traditional markets, and gain a sustainable competitive advantage through technological leadership.

Contrary to popular belief, implementing “green” strategies is not just a financial cost; in the long run, it is directly related to reducing corporate risks and financial benefits. At the operational level, energy conservation, resource optimization, and waste minimization directly reduce the cost of production and increase the company's profit margin (Esty & Winston, 2009). Accordingly, environmental efficiency is transformed into financial efficiency.

More importantly, in the modern global financial system, companies with a sustainable strategy are gaining access to so-called “Green Finance”. Organizations with a high ESG rating have a unique opportunity to attract investments by issuing Green Bonds or to obtain low-interest, preferential loans from international financial institutions (Boffo & Patalano, 2020). This dramatically reduces the weighted average cost of capital (WACC). In addition, a green strategy acts as an insurance mechanism against regulatory, legal and climate risks, ensuring the long-term financial stability and resilience of the organization (Flammer, 2021).

To confirm the practical effectiveness of theoretical models, it is important to study the experience of global leading companies that have made the Sustainable Development Goals (SDGs) a cornerstone of their business strategy. One of the most striking examples in this regard is the multinational corporation Unilever. The strategy implemented by the company — the “Sustainable Living Plan” — directly focused on the responsible consumption and production of resources (SDG 12). According to Unilever’s reports, brands that were produced in accordance with the principles of sustainability (Sustainable Living Brands) grew 69% faster than the rest of the company’s business, and accounted for 75% of the corporation’s total growth (Unilever, 2019). This case confirms that green differentiation is directly proportional to the increase in market share. Another radical and successful model is the American clothing brand Patagonia, whose mission and values are fully integrated with the fight against climate change and the protection of ecosystems (SDG 13). Patagonia has pioneered a circular economy model with its “Worn Wear” program, which encourages consumers to repair and reuse old clothing instead of buying new (Casadesus-Masanell et al., 2010). Rather than incurring financial losses, this strategy has dramatically increased customer loyalty and brand equity, giving the company an unprecedented competitive advantage in the global marketplace. Research shows that such an authentic approach resonates with a modern, eco-conscious audience (Michel et al., 2019). Despite the obvious advantages, the process of implementing green strategies is associated with serious risks, the most critical of which is the phenomenon of so-called “greenwashing”. This term refers to a misinformation marketing practice in which a company attempts to create a false or exaggerated eco-friendly image, while its actual operations significantly harm the environment (Lyon & Montgomery, 2015). Many organizations resort to this tactic to gain short-term reputational benefits or artificially boost ESG rankings, often due to a lack of internal “green competencies” or a desire to avoid the initial capital investment required.

Academic studies confirm that “greenwashing” has a devastating impact on corporate stability. In the modern digital era, where the level of information transparency is high, consumers, activists, and regulators easily identify pseudo-green campaigns. When a company fails to deliver on its green promises, it leads to immediate loss of customer trust, boycotts, and a sharp decline in brand value (Walker & Wan, 2012). In addition, investors are increasingly screening ESG reports and demanding companies provide third-party certified, verified data (Marquis et al., 2016). Accordingly, a key challenge for managers in the process of strategic transformation is to ensure full alignment between their corporate rhetoric and actual operational actions.

Conclusion: The analysis of theoretical frameworks and practical corporate cases discussed in this paper demonstrates that the integration of “green” strategies into modern management is no longer just an element of voluntary social responsibility. Reflecting the UN Sustainable Development Goals (in particular, SDG 12 and SDG 13) in the organizational architecture is an alternative mechanism for achieving long-term competitiveness and resilience. From the perspective of the resource-based view (RBV), green competencies, eco-innovations, and sustainable supply chains are identified as unique strategic assets that are difficult and costly for competitors to imitate. The study showed that an authentic ecological orientation gives an organization a double advantage: on the one hand, it leads to green differentiation in the market and increases customer loyalty, and on the other hand, it ensures cost

leadership and access to international green capital (ESG financing) through energy efficiency and resource optimization.

- In the small and medium-sized enterprise (SME) sector, where financial and human resources are often limited, the process of integrating the Sustainable Development Goals (SDGs) should be carried out in a phased and systematic manner. The following practical steps are recommended for managers:
- Materiality Assessment: SMEs should not try to implement all 17 goals at once. It is necessary to identify those specific goals (e.g. SDG 12) that have the greatest impact on their operations and where the company can make a real difference.
- Optimize green procurement and operations: The transformation should start with simple, low-cost operational changes, such as implementing energy-efficient lighting, waste separation, and partnering with local, eco-conscious suppliers (Green Procurement).
- Employee education and cultural transformation: It is important to create an internal corporate culture where staff understand the benefits of green approaches. Encouraging a green mindset protects the company from pseudo-green marketing ("greenwashing") and ensures the authenticity of the strategy.

This paper has certain limitations that provide a basis for future scientific discussion. The study is predominantly based on qualitative analysis and secondary data (case studies) from large international corporations, which does not allow for automatic generalization of findings to SMEs in emerging markets. Future research perspectives should be directed towards empirical, quantitative studies. It is important to study the direct correlation between ESG ratings and financial indicators (e.g. ROA, ROE) in a regional context in order to create more accurate and modeled recommendations for increasing the sustainable resilience of local companies.

REFERENCES

- Barney, J. (1991). Firm resources and sustained competitive advantage. *Journal of Management*, 17(1), 99–120.
- Barney, J. (2021). Resource-based theory in the face of global sustainability challenges. *Academy of Management Review*, 46(2), 243–256.
- Baumgartner, R. J., & Rauter, R. (2017). Strategic perspectives of corporate sustainability management to develop a sustainable organization. *Journal of Cleaner Production*, 140, 81–92.
- Boffo, R., & Patalano, R. (2020). ESG management and fiduciary duty: A corporate governance perspective. OECD Publishing.
- Casadesus-Masanell, R., Crooke, M., Reinhardt, F., & Vasishth, V. (2010). Patagonia (Harvard Business School Case No. 711-024). Harvard Business School.
- Chang, C. H. (2015). Proenvironmental behaviors, green creative buffers, and green innovation performance. *Journal of Business Ethics*, 128(2), 257–270.
- Du, S., Bhattacharya, C. B., & Sen, S. (2010). Maximizing business returns to corporate social responsibility (CSR): The role of CSR communication. *International Journal of Management Reviews*, 12(1), 8–19.
- Engert, S., Rauter, R., & Baumgartner, R. J. (2016). Exploring the integration of corporate sustainability into strategic management: A literature review. *Journal of Cleaner Production*, 112, 2833–2850.
- Esty, D. C., & Winston, A. S. (2009). *Green to gold: How smart companies use environmental strategy to innovate, create value, and build competitive advantage*. John Wiley & Sons.
- Flammer, C. (2021). Corporate green bonds. *Journal of Financial Economics*, 142(2), 499–516.
- Geissdoerfer, M., Savaget, P., Bocken, N. M. P., & Hultink, E. J. (2017). The circular economy – A new sustainability paradigm? *Journal of Cleaner Production*, 143, 757–768.
- Govindan, K., Rajendran, S., Sarkis, J., & Murugesan, P. (2015). Multi-criteria decision-making approaches for green supplier evaluation and selection: A literature review. *Journal of Cleaner Production*, 98, 66–83.
- Hart, S. L., & Dowell, G. (2011). A natural-resource-based view of the firm: Fifteen years later. *Journal of Management*, 37(5), 1464–1479.

- Jackson, S. E., Renwick, D. W. S., Jabbour, C. J. C., & Muller-Camen, M. (2011). State-of-the-art and future directions for green human resource management. *German Journal of Human Resource Management*, 25(2), 99–116.
- Khan, M., Serafeim, G., & Yoon, A. (2016). Corporate sustainability: First evidence on materiality. *The Accounting Review*, 91(6), 1697–1724.
- Klewitz, J., & Hansen, E. G. (2014). Sustainability-oriented innovation of SMEs: A systematic review. *Journal of Cleaner Production*, 65, 57–75.
- Lieberman, M. B., & Montgomery, D. B. (1988). First-mover advantages. *Strategic Management Journal*, 9(S1), 41–58.
- Luchs, M. G., Walker Naylor, R., Irwin, J. R., & Raghunathan, R. (2010). The sustainability liability: Potential negative effects of ethics on product preference. *Journal of Marketing*, 74(5), 18–31.
- Lyon, T. P., & Montgomery, A. W. (2015). The means and end of greenwash. *Organization & Environment*, 28(2), 223–249.
- Marquis, C., Toffel, M. W., & Zhou, Y. (2016). Scrutiny, norms, and selective disclosure: A global study of greenwashing. *Organization Science*, 27(2), 483–504.
- Michel, G., Feisthammel, D., & Busser, D. (2019). Brand authenticity and consumer brand engagement: The moderating role of eco-awareness. *Journal of Product & Brand Management*, 28(4), 501–512.
- Orsato, R. J. (2006). Competitive environmental strategies: When does it pay to be green? *California Management Review*, 48(2), 127–143.
- Porter, M. E. (1985). *Competitive advantage: Creating and sustaining superior performance*. Free Press.
- Porter, M. E., & Kramer, M. R. (2011). Creating shared value: How to reinvent capitalism—and unleash a wave of innovation and growth. *Harvard Business Review*, 89(1–2), 62–77.
- Porter, M. E., & van der Linde, C. (1995). Toward a new conception of the environment-competitiveness relationship. *Journal of Economic Perspectives*, 9(4), 97–118.
- Renwick, D. W. S., Redman, T., & Maguire, S. (2013). Green human resource management: A review and research agenda. *International Journal of Management Reviews*, 15(1), 1–14.
- Schönherr, N., Findler, F., & Martinuzzi, A. (2017). Exploring the role of business in supporting the Sustainable Development Goals: A coordination and prioritization approach. *Business Strategy and the Environment*, 26(8), 1111–1122.
- Unilever. (2019). *Unilever's sustainable living brands continue to drive growth*. Unilever Global Report.
- Walker, K., & Wan, F. (2012). The harm of greenwashing: A corporate social performance and financial performance nexus. *Journal of Business Ethics*, 109(2), 227–242.
- Whiteman, G., Walker, B., & Perego, P. (2013). Planetary boundaries: Ecological foundations for corporate sustainability. *Journal of Management Studies*, 50(2), 307–336.
- Zhu, Q., Sarkis, J., & Lai, K. H. (2013). Institutional-based antecedents and performance outcomes of internal and external green supply chain management practices. *Journal of Purchasing and Supply Management*, 19(2), 106–117.

DETERMINATION OF R AND C VALUES IN THE DESIGN OF A WIEN BRIDGE OSCILLATOR USING LTSPICE SIMULATION AND OPTIMISATION METHODS*WIEN KÖPRÜ OSİLATÖRÜ TASARIMINDA R VE C DEĞERLERİNİN LTSPICE SİMÜLASYONU VE OPTİMİZASYON YÖNTEMLERİ İLE BELİRLENMESİ***Dr. Öğr. Üyesi Salim ÇINAR**Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Elektrik Elektronik Mühendisliği Bölümü
Niğde

ORCID: 0000-0002-3653-6291

ABSTRACT

In this study, the resistance (R) and capacitance (C) values of a Wien bridge oscillator circuit are determined using two different optimization methods over the E12 and E24 discrete value series defined in IEC 60063:2015. In conventional design approaches, the nearest standard component to the theoretical value is selected manually; in this study, an automated simulation-based search is performed over the candidate space. Constraint-filtered Brute Force Search (BF) and Genetic Algorithm (GA) are selected as optimization methods. In both approaches, the LTspice XVII simulator is invoked via command line from a Python environment to obtain the actual oscillation frequency and Total Harmonic Distortion (THD). In the BF method, candidates are constrained through analytic pre-filtering and sorting by ideal frequency deviation; in the GA method, a cache mechanism prevents redundant simulations for repeated individuals. A two-pass Fourier analysis technique is employed to improve THD measurement accuracy. Experiments are conducted on an AD712 op-amp based circuit with a target frequency of 1000 Hz, tolerance of $\pm 10\%$, and maximum THD of 8%. Results show that the BF method converges in 214 and the GA in 162 LTspice simulations, both achieving f_{meas} with BF achieving $f_{\text{meas}} \approx 1008$ Hz and THD $\approx 6.34\%$, GA achieving $f_{\text{meas}} \approx 1029$ Hz and THD $\approx 6.37\%$. The GA produces a solution satisfying the $\pm 10\%$ tolerance constraint with 1.3 times fewer simulations than the brute force method. The THD values of both methods remain well below the target threshold of 8%, and the contribution of the two-pass Fourier technique to measurement accuracy is supported by the obtained results.

Keywords: Wien Bridge Oscillator, Genetic Algorithm, Brute Force Search, Ltspice, E-Series, Total Harmonic Distortion, Circuit Optimization.

ÖZET

Bu çalışmada Wien köprü osilatörü devre yapısındaki direnç (R) ve kapasitör (C) değerleri, IEC 60063:2015 standardında tanımlanan E12 ve E24 ayırık değer serileri üzerinde iki farklı optimizasyon yöntemiyle belirlenmiştir. Geleneksel tasarım yaklaşımlarında teorik değere en yakın standart eleman el yordamıyla seçilmektedir; bu çalışmada ise aday uzayı üzerinde simülasyon destekli otomatik arama gerçekleştirilmiştir. Yöntemler olarak kısıt-filtrelemeli Kaba Kuvvet Araması (BF) ve Genetik Algoritma (GA) seçilmiş; her iki yöntemde de LTspice XVII simülatörü Python ortamından komut satırı aracılığıyla çağrılarak gerçek osilatör frekansı ve Toplam Harmonik Bozulma (THD) değerleri elde edilmiştir. BF yönteminde adaylar analitik ön eleme ve ideal frekans sapmasına göre sıralama ile kısıtlanmış; GA yönteminde ise önbellek mekanizması sayesinde tekrar eden bireyler için gereksiz simülasyonların önüne geçilmiştir. THD ölçüm doğruluğunu artırmak amacıyla iki geçişli Fourier analizi tekniği uygulanmıştır. AD712 işlemsel yükselteç tabanlı devre üzerinde gerçekleştirilen deneylerde hedef frekans 1000 Hz, tolerans $\pm 10\%$ ve maksimum THD 8% olarak belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlar, BF yönteminin 214, GA yönteminin ise 162 LTspice simülasyonu ile BF için $f_{\text{ölç}} \approx 1008$ Hz ve THD $\approx 6,34\%$, GA için $f_{\text{ölç}} \approx 1029$ Hz ve THD $\approx 6,37\%$ değerlerine ulaştığını göstermektedir. GA, kaba kuvvet yöntemine kıyasla 1,3 kat daha az simülasyonla $\pm 10\%$ tolerans kısıtını karşılayan bir çözüm üretmiştir. Her iki yöntemin THD değerleri hedef eşiğin (8%) belirgin biçimde altında kalmış olup iki geçişli Fourier yönteminin ölçüm doğruluğuna katkısı elde edilen sonuçlarla desteklenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Wien Köprü Osilatörü, Genetik Algoritma, Kaba Kuvvet Araması, Ltspice, E-Serisi, Toplam Harmonik Bozulma, Devre Optimizasyonu.

GİRİŞ

Elektronik devre tasarımı Elektrik Elektronik Mühendisliği alanında yoğun bir şekilde çalışılan konuların başında gelmektedir (Çınar, 2019). Devre yapısı ve devrede kullanılacak elemanlar probleme ve oluşturulan matematik modele göre değişmektedir. Devre tasarımı genel olarak; problemin belirlenmesi, teorik analiz; devrenin simülasyonda incelenmesi, prototip oluşturma, test ve üretim aşamalarından oluşmaktadır. Tasarımda simülasyon programları kullanıcıya büyük kolaylıklar sağlamaktadır. Onlarca elektronik elemandan oluşan bir devre yapısı çok kısa sürede bilgisayar ortamında çizilip devrenin yapısı analiz edilebilir. Bu analizler gerçeğe yakın değerler vermektedir. Elektronik malzeme üreten firmalar ürünlerine ait simülasyon parametrelerini web sitelerinde yayınlayıp kullanıma sunmaktadırlar. Böylece kullanıcılar ürünler ellerinde olmasa bile ürünleri test edebilecekleri bir yapıya kavuşmuş olurlar. Bu bağlamda Teorik analiz ve simülasyonla test işlemlerinin bir biriyle uyumlu olması devrenin fiziki olarak üretilebilmesine olanak sağlar.

Teorik analizde bulunan devre parametreleri ideal devre elemanlarının olduğu sistemde mükemmel sonuç verebilmektedir. Gerçekte ise elektronik elemanlar üretildikleri değerlerden farklı değerler gösterebilmektedir. Özellikle pasif devre elemanları (Direnç, kapasitör vs.) belirli bir tolerans aralığında üretilmektedir. Örneğin değeri $1K\Omega$ olan bir direnç multimetre ile ölçüldüğünde 900Ω ile 1100Ω aralığında bir değer ile karşılaşılabilir. Bu durum teorik hesap ile simülasyon sonuçları arasında ufak farklılıkların olmasına neden olur. Çok fazla elemanın olduğu devrelerde elemanların toleransları devre tasarımında dikkat edilmesi gereken zorluklardan biridir.

Değeri teorik işlemlerle hesaplanan elemanın üretiminin olmaması devre tasarımında karşılaşılan diğer bir zorluk olarak karşımıza çıkmaktadır. Simülasyonda istediğimiz değeri verebilme imkânımız vardır. Gerçekte ise bu değerlerin yerine bu değerlere yakın üretimi olan elemanlar kullanılarak devrenin testi ve analizi yapılmaktadır. Bu durum teorik sonuca olabildiğince yaklaşmak için standart değerlere sahip elemanların seçiminin doğru bir şekilde seçilme problemini ortaya çıkarmaktadır.

Görüldüğü üzere elemanların toleransları ve istenilen eleman değerlerinin üretilmemesi teorik ile gerçek uygulamaların arasında farklılıkların ortaya çıkmasına neden olmaktadır. Hedeflerin ve kısıtların olduğu bu tasarım süreci optimizasyon problemi olarak karşımıza çıkmaktadır.

Optimizasyon yöntemleri Elektrik Elektronik mühendisliğinde sıklıkla kullanılmaktadır (Hoeye vd., 2004; Li vd., 2021; Vural vd., 2011). Örneğin Buck, Boost ve Buck-Boost çevirici tasarımları yapılırken 8 adet metasezgisel algoritma (yapay arı kolonisi, diferansiyel gelişim (DG), genetik algoritma (GA), parçacık sürü optimizasyonu (PSO), guguk kuşu arama, harmoni arama, yıldırım arama ve gri kurt optimizasyonu) kullanılmıştır (Vatansever & Kuyu, 2019). Diğer bir çalışmada ise Sabit Mıknatıslı DC Motorun hız kontrolü için gerekli PID katsayılarının belirlenmesi için ise GA ve PSO yöntemleri kullanılmıştır (Erkol, 2017). Erdoğan vd. ise elektrikli araçlarda kullanılan LLC rezonans dönüştürücü tasarımı için GA kullanmışlar ve performansın 96.8% lik bir başarıma sahip olduğunu göstermişlerdir (Erdoğan vd., 2024). Bir diğer çalışmada ise Otomatik Gerilim Regülatörü Sistemi için denetleyici tasarımında açlık oyunları algoritması (HGS), INFO algoritması ve goril birlikleri optimizasyonu (GTO) gibi optimizasyon yöntemleri kullanılmıştır (Can, 2023). Analog devre tasarımında iki kademeli işlemsel yükseltecin analog devre tasarımında transistör boyutunun optimum ve hızlı bir şekilde bulunabilmesi için Hata sınırlı PSO yöntemi Shreeharsha ve diğerlerinin yaptığı çalışmada kullanılmıştır (Shreeharsha vd., 2024). Önerdikleri yöntem klasik GA, DG ve PSO yöntemlerine göre daha az iterasyon sayısında sonuca yaklaşmıştır. Devre tasarım uygulamalarında simülasyon programları ve optimizasyon yöntemlerinin birlikte kullanıldığı çalışmalarda yapılmaktadır. Barari ve diğerlerinin yaptıkları çalışmada ise analog entegre devre tasarımında transistör boyutlarını otomatik olarak belli kısıtlar altında bulmayı hedeflemişlerdir (Barari vd., 2014). Çalışmalarında Matlab ve Hspice programlarını kullanarak optimizasyon problemini çözmeye çalışmışlardır.

Osilatörler mühendislik alanında sıklıkla kullanılan devre yapılarıdır. Bu devreler çıkışlarında sinüs kare ve üçgen dalga formlarında sinyaller üreten yapılardır. Wien köprü osilatörü ses mühendisliği, biyomedikal ölçüm sistemleri ve test ekipmanlarında yaygın biçimde kullanılan klasik bir sinüzoidal osilatör yapısıdır (Tantrakunphaisan vd., 2018). Devre temel olarak kapasitör (C), direnç (R) ve Opamp elemanlarından oluşmaktadır. İstenilen frekansta bir sinüs sinyalinin üretilebilmesi için R ve C değerlerinin hesaplanması gerekmektedir. Tasarım sürecindeki temel güçlük, piyasada standart olarak tanımlanan E12 veya E24 gibi ayırık değer serilerinden eleman temin edilebilmesidir. Bu durum, hedef frekansa en yakın (R,C) kombinasyonunun yüzlerce adaydan oluşan sonlu bir uzay üzerinde aranmasını

zorunlu kılınmaktadır. Geleneksel yaklaşımda teorik değer hesapladıktan sonra katalogdan en yakın standart değerler el yordamıyla seçilmektedir; bu yöntem hem zaman alıcı hem de hedeflenen frekans değerine yaklaşmayı zorlaştırmaktadır.

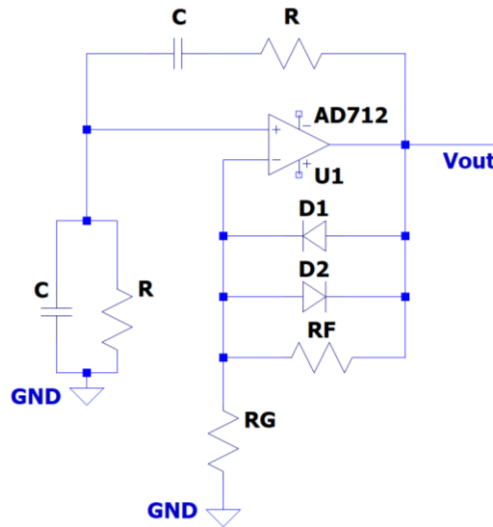
Bu çalışmada Wien köprü osilatör devresindeki R ve C değerleri, E12 veya E24 standartlarına ve belirtilen kısıtlara göre optimum şekilde bulunmuştur. İstenilen frekans değeri ve Toplam Harmonik Bozulma (THD) yüzdesi devre tasarımında kullanılacak olan kısıttır. Optimizasyon yöntemi olarak Kaba Kuvvet Araması (Brute Force: BF) ve Genetik Algoritma seçilmiştir. Bu yöntemler çalışmada karşılaştırmalı olarak incelenmiştir. Yöntemler Python üzerinde koşturulmuştur. Her iki optimizasyon yönteminde LTspice XVII simülatörü arka planda komut satırından çağrılarak gerçek osilatör frekansı ve toplam harmonik bozulma (THD) değerleri elde edilmiştir. İki geçişli Fourier analizi tekniğiyle THD ölçüm doğruluğu artırılmıştır.

Çalışmanın özgün katkıları: (i) E-serisi kısıtını karşılayan adayların analitik olarak ön elenmesi, (ii) LTspice'in süreç düzeyinde çağrıldığı simülasyon döngüsünün tasarlanması, (iii) iki geçişli Fourier yöntemiyle THD ölçüm doğruluğunun artırılması ve (iv) her iki yöntemin simülasyon sayısı ve çözüm kalitesi açısından karşılaştırılmasıdır.

DEVRE YAPISI VE E SERİSİ PARAMETRELERİ

Wien Köprü Osilatörünün Çalışma İlkesi

Wien köprü osilatörü, Opamp'ın inverting olmayan (+) girişine bağlanan frekans seçici bir RC geri besleme yapısından ve kazancı ayarlayan negatif geri besleme kolundan oluşmaktadır (*Analysis of a Digitally Controlled Wien-Bridge Oscillator* | Analog Devices, t.y.; De Smedt vd., 2015). Şekil 1'de Wien köprü osilatörüne ait devre şeması görülmektedir.



Şekil 1. Wien köprü osilatörüne ait devre şeması

Pozitif geri beslemeli devrenin transfer fonksiyonu Eşitlik 1'de verilmiştir.

$$H(j\omega) = \frac{j\omega RC}{1 - \omega^2 R^2 C^2 + 3j\omega RC} \quad (1)$$

Rezonans frekansında, yani $\omega_0 = 1/(RC)$ koşulunda, faz kayması sıfırlanır ve gerilim kazancı $1/3$ değerine ulaşır. Barkhausen kriteri gereği sürekli salınım için Opamp kazancı 3 olmalıdır. Buradan RF ve RG arasındaki bağlantı Eşitlik 2'deki gibi olmalıdır.

$$A_v = 1 + \frac{RF}{RG} = 3 \Rightarrow RF = 2RG \quad (2)$$

Buna göre devrenin osilatör frekansı Eşitlik 3'teki gibi hesaplanır.

$$f_0 = \frac{w_0}{2\pi} = \frac{1}{2\pi RC} \quad (3)$$

Bu çalışmada AD712 çift Opamp, $\pm 15V$ çift besleme, $R_G = 10 \text{ k}\Omega$ ve $R_F = 22 \text{ k}\Omega$ ile kazanç $\approx 3,2$ olarak sabitlenmiştir. Teorik Barkhausen sınırı olan 3 yerine 3,2 seçilmesi bilinçli bir tasarım tercihidir; bu 0,2'lik pay, osilatörün güç verildiğinde salınımı kendiliğinden başlatabilmesi için gereken başlatma payını sağlamaktadır. Simetrik Wien devresinde $R_1 = R_2 = R$ ve $C_1 = C_2 = C$ koşulu uygulanmaktadır. Genlik kararlılığı iki diyotlu (D_1, D_2) sınırlayıcıyla sağlanmıştır.

E-Serisi Eleman Değerleri

IEC 60063:2015 standardı eleman değerlerini logaritmik olarak eşit aralıklı seriler hâlinde tanımlamaktadır. En serisindeki k. değer:

$$E_n(k) = 10^{k/n}, k = 0, 1, \dots, n-1 \quad (4)$$

Eşitlik 4'te verilen bağıntı ile elde edilmekte ve daha sonra standart yuvarlama kurallarına göre düzeltilmektedir. $10^3-10^6 \Omega$ ve $10^{-9}-10^{-7} \text{ F}$ aralıklarına genişletildiğinde toplam aday uzayı Eşitlik 5'te verildiği gibi hesaplanmaktadır.

$$|R| \times |C| = \begin{cases} 72 \times 48 = 3456 & \text{E24} \\ 36 \times 24 = 864 & \text{E12} \end{cases} \quad (5)$$

ÇALIŞMADA KULLANILAN OPTİMİZASYON YÖNTEMLERİ

Optimizasyon problemi Eşitlik 6'da verilen biçimde tanımlanmaktadır:

$$\min_{R,C} S(R,C) = w_f \frac{|f_{ölç}(R,C) - f_h|}{f_h} + w_{THD} \frac{THD(R,C)}{THD_{\max}} \quad (6)$$

Probleme ait kısıtlar sırasıyla Eşitlik 7, 8 ve 9'da verilmiştir.

$$\frac{|f_{ölç}(R,C) - f_h|}{f_h} \leq \varepsilon_f \quad (7)$$

$$THD(R,C) \leq THD_{\max} \quad (8)$$

$$R \in \varepsilon^R, C \in \varepsilon^C \quad (9)$$

burada $f_{ölç}(R,C)$ ve $THD(R,C)$ LTspice simülasyonu ile elde edilen değerleri; $w_f = 1,0$ ve $w_{THD} = 0,2$ ağırlık katsayılarını göstermektedir.

Kısıt Filtrelemeli Kaba Kuvvet Yöntemi

Tüm E serisi (R,C) çiftleri için LTspice simülasyonu çalıştırmak hesaplama maliyeti açısından bir problemdir. Tüm kombinasyonlarda LTspice sonucunun alınmasının beklenmesi süreyi uzatmaktadır. Bu nedenle çalışmada Analitik ön eleme yaklaşımı kullanılmıştır. Her (R,C) çifti için ideal osilatör frekansı Eşitlik 3'te verilen denklem ile analitik olarak Eşitlik 10'daki gibi hesaplanmakta; yalnızca tolerans bandına düşen çiftler alınmaktadır:

$$\Phi = \left\{ (R,C) \in \varepsilon^R \times \varepsilon^C \mid f_h(1 - \varepsilon_f) \leq f_{ideal}(R,C) \leq f_h(1 + \varepsilon_f) \right\} \quad (10)$$

Aday çiftleri ideal frekans sapmasına göre küçükten büyüğe Eşitlik 11'de verilen denkleme göre sıralanır:

$$\Phi_s = \text{sort}(\Phi, \text{key} = |f_{ideal}(R,C) - f_h|) \quad (11)$$

Sıralı aday kümesi üzerinde deterministik olarak ilerlenerek her aday için LTspice tetiklenir ve $f_{ölç}$ ile THD elde edilir. Kısıtları sağlayan adaylar arasından en düşük S skoruna sahip çözüm seçilir. Aşağıda Kısıt filtrelemeli Kaba Kuvvet yönteminin sözde kodu Şekil 2'de verilmiştir.

Algoritma 1 Kısıt-Filtrelemeli Kaba Kuvvet**Giriş:** $f_h, \varepsilon_f, THD_{\max}, \mathcal{E}, N_{\max}$ **Çıkış:** En iyi (R^*, C^*)

```

1:  $\Phi \leftarrow$  Eşitlik (10) ile aday kümesini oluştur
2:  $\Phi_s \leftarrow$  Eşitlik (11) ile sırala
3:  $\Phi_k \leftarrow \Phi_s[0 : N_{\max}]$ 
4:  $S^* \leftarrow +\infty; (R^*, C^*) \leftarrow \text{null}$ 
5: for each  $(R, C) \in \Phi_k$  do
6:    $(f_{ölç}, THD) \leftarrow \text{LTSPICE}(R, C)$ 
7:   if Eş.(7) ve Eş.(8) sağlanıyorsa then
8:      $S \leftarrow$  Eşitlik (6)
9:     if  $S < S^*$  then
10:       $S^* \leftarrow S; (R^*, C^*) \leftarrow (R, C)$ 
11:     end if
12:   end if
13: end for
14: return  $(R^*, C^*)$ 

```

Şekil 2. Kısıt filtrelemeli Kaba Kuvvet yönteminin sözde kodu

Yöntemin belirlenimci yapısı aynı girişlerle her çalıştırmada özdeş sonuç garantiler; hesaplama karmaşıklığı $O(|\Phi_k|)$ 'dır.

Genetik Algoritma

Bireyler E-serisi tablo indeksleri üzerinden kodlanmaktadır. Bireylerin tanımı Eşitlik 12'de verilmiştir.

$$\text{birey} = (i_R, i_C), i_R \in \{0, \dots, |R|-1\}, i_C \in \{0, \dots, |C|-1\} \quad (12)$$

Bu kodlama her bireyin doğrudan geçerli bir katalog değerine karşılık gelmesini sağlar. Başlangıç popülasyonu Eşitlik 13'te verilmiştir.

$$P_0 = \left\{ (i_R^k, i_C^k) \right\}_{k=1}^{N_{pop}}, i_R^k \sqcap u(0, |R|-1), i_C^k \sqcap u(0, |C|-1) \quad (13)$$

Genetik algoritma için uygunluk fonksiyonu Eşitlik 14'te verilmiştir.

$$F(i_R, i_C) = \begin{cases} S(R, C) & \text{kısıtlar sağlanıyorsa} \\ 10^6 + 10^4 \frac{\Delta f}{f_h} + 10^4 \frac{\Delta THD}{THD_{\max}} & \text{kısıt ihlali} \end{cases} \quad (14)$$

Burada $\Delta f = \max(0, |f_{ölç} - f_h| - \varepsilon_{fh})$ ve $\Delta THD = \max(0, THD - THD_{\max})$ ceza miktarlarını göstermektedir. Her iki ihlal de kendi referans değerine normalize edilerek ölçek tutarsızlığı giderilmiştir.

Her nesilde en iyi $f_{elit} \times N_{pop}$ birey elit havuza alınarak bir sonraki nesle aktarılır. Seçimle ilgili denklem Eşitlik 15'te verilmiştir.

$$\mathcal{E}_g = \left\{ b \in P_g \mid \text{rank}(b) \leq f_{elit} \times N_{pop} \right\} \quad (15)$$

İki genli kromozom yapısı nedeniyle çaprazlama operatörü her iki yönde eşit olasılıkla uygulanır Eşitlik 16'da verildiği gibi uygulanır.

$$\text{çocuk} = \begin{cases} (i_R^{p1}, i_C^{p2}) & p = 0,5 \\ (i_R^{p2}, i_C^{p1}) & p = 0,5 \end{cases} \quad (16)$$

Mutasyon her gene bağımsız p_{mut} olasılığıyla uygulanır Eşitlik 17'deki gibi uygulanır.

$$i_R' = \begin{cases} u(0, |R|-1) & p_{mut} \text{ ile} \\ i_R & 1 - p_{mut} \text{ ile} \end{cases} \quad (17)$$

Daha önce değerlendirilen bireyler bir Python sözlüğünde Eşitlik 18'deki gibi saklanmaktadır.

$$\text{cache} : (i_R, i_C) \mapsto (f_{ölç}, THD, S) \quad (18)$$

Bu mekanizma özellikle küçük popülasyon boyutlarında etkin simülasyon sayısını belirgin biçimde azaltmaktadır. LTspice ile birlikte kullanılan Genetik algoritma yönteminin sözde kodu Şekil 3'te verilmiştir.

Algoritma 2 Genetik Algoritma

Giriş: $f_h, \varepsilon_f, THD_{max}, \mathcal{E}, N_{pop}, N_{gen}, p_{mut}, f_{elit}, E_{max}$
Çıkış: En iyi (R^*, C^*)

```

1:  $cache \leftarrow \{\}$ ;  $n_{sim} \leftarrow 0$ 
2:  $\mathcal{P}_0 \leftarrow$  Eşitlik (13) ile rastgele başlangıç popülasyonu oluştur
3: for  $g = 0, 1, \dots, N_{gen} - 1$  do
4:   for each  $b \in \mathcal{P}_g$  do
5:     if  $b \notin cache$  then  $\triangleright$  Yalnızca önbellekte olmayan bireyler simüle edilir
6:        $(f_{ölç}, THD) \leftarrow LTSPICE(R_b, C_b)$ ;  $n_{sim}++$ 
7:        $cache[b] \leftarrow (f_{ölç}, THD)$ 
8:       if  $n_{sim} \geq E_{max}$  then goto 22
9:       end if
10:    end if
11:     $F(b) \leftarrow$  Eşitlik (14)  $\triangleright$  Uygunluk fonksiyonu
12:  end for
13:   $\mathcal{E}_g \leftarrow$  Eşitlik (15) ile elit bireyler seç
14:   $\mathcal{P}_{g+1} \leftarrow \mathcal{E}_g$ 
15:  while  $|\mathcal{P}_{g+1}| < N_{pop}$  do
16:     $p_1, p_2 \leftarrow$  turnuva seçimi ( $\mathcal{E}_g$ )
17:     $b' \leftarrow$  çaprazlama( $p_1, p_2$ ) [Eşitlik (16)]
18:     $b' \leftarrow$  mutasyon( $b', p_{mut}$ ) [Eşitlik (17)]
19:     $\mathcal{P}_{g+1} \leftarrow \mathcal{P}_{g+1} \cup \{b'\}$ 
20:  end while
21: end for
22: return  $\arg \min_{b \in cache} F(b)$ 
```

Şekil 3. Çalışmada kullanılan Genetik algoritmanın sözde kodu

İki Geçişli Fourier Analizi

LTspice'in .four komutu temel frekansın önceden belirlenmesini gerektirmektedir. Ayrık E-serisi değerleri nedeniyle gerçek osilatör frekansı $f_{ölç}$ ile hedef frekans f_h arasında oluşan sapma THD hesabında hataya yol açabilmektedir.

Geçiş 1: Simülasyon .four f_h ile çalıştırılır. Log dosyasındaki ardışık sıfır-geçiş zamanlarından gerçek frekans Eşitlik 19 ile hesaplanmaktadır.

$$f_{ölç} = \frac{1}{t_2 - t_1} \quad (19)$$

Geçiş 2: Netlist, .four $f_{ölç}$ değeriyle güncellenerek simülasyon yeniden çalıştırılır; THD bu geçişten okunur. İki geçişli yöntem her aday için LTspice çalıştırma sayısını iki katına çıkarmakta; ancak elde edilen THD doğruluğu bu maliyeti haklı kılmaktadır.

DENEYSEL SONUÇLAR VE YORUMLARI

Tüm deneyler $f_h = 1000$ Hz, $\varepsilon_f = \%10$, $THD_{max} = \%8$, E24 serisi ve etkin iki geçişli THD ayarlarıyla gerçekleştirilmiştir. GA yapılandırma parametreleri Tablo 1'de verilmektedir.

Tablo 1. GA yapılandırma parametreleri

Parametre	Simge	Değer
Popülasyon büyüklüğü	N_{pop}	18
Nesil sayısı	N_{gen}	12
Mutasyon oranı	p_{mut}	0,25
Elit oran	f_{elit}	0,35
Maksimum değerlendirme	E_{max}	220

Kaba kuvvet algoritması ile Genetik algoritmanın bulduğu sonuçlar Tablo 2’de karşılaştırmalı olarak verilmiştir.

Tablo 2. E24 serisi elemanlara göre bulunan optimum sonuçlar

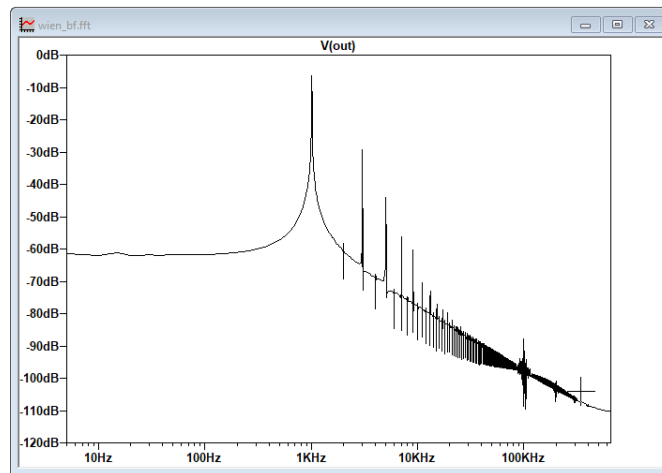
Yöntem	R(k Ω)	C(nF)	$f_{ölç}$ (Hz)	THD(%)	S	n_{sim}
Kaba Kuvvet	130	1,2	1008,41	6,338	0,167	214
Genetik Algoritma	30	5,1	1029,21	6,373	0,189	162

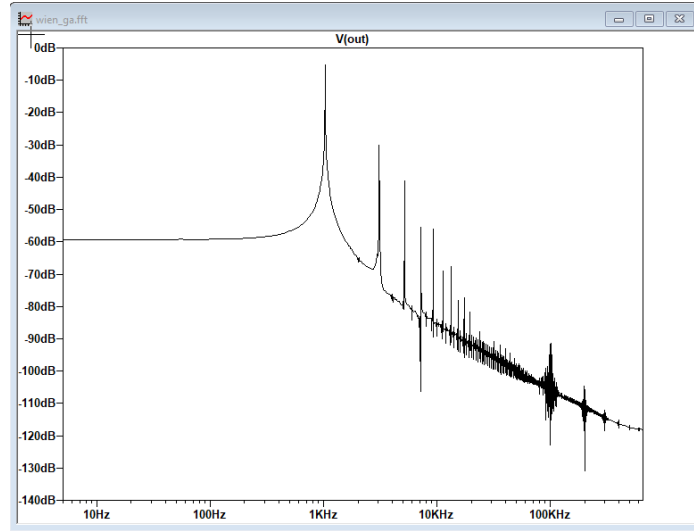
GA, kaba kuvvete kıyasla yaklaşık 1,3 kat daha az LTspice simülasyonu ile $\pm\%10$ tolerans kısıtını karşılayan bir çözüme ulaşmıştır. Skor farkı ($\Delta S = 0,022$) her iki yöntemin de kabul edilebilir aralıkta çözüm ürettiğini göstermektedir.

Tablo 3, LTspice log dosyalarından elde edilen Fourier bileşenlerini göstermektedir. 3. harmoniğin normalize genliği (%6,14) baskın bozulma kaynağını oluşturmaktadır. Bu durum diyot sınırlayıcının yarı-dalga simetrisinden kaynaklanmaktadır. Çift harmonikler ($< \%0,08$) tam dalga simetrisi sayesinde güçlü biçimde baskılanmıştır. İki yöntemin harmonik bileşenleri arasındaki fark çok küçük düzeyde kalmaktadır.

Tablo 3. Fourier harmonik analizi karşılaştırması

n	f_n Hz	Normalize Genlik BF	GA
1	1008 / 1029	1,000	1,000
2	2017 / 2058	$7,51 \times 10^{-4}$	$2,29 \times 10^{-4}$
3	3025 / 3088	$6,14 \times 10^{-2}$	$6,17 \times 10^{-2}$
4	4034 / 4117	$8,23 \times 10^{-5}$	$1,14 \times 10^{-4}$
5	5042 / 5146	$1,51 \times 10^{-2}$	$1,50 \times 10^{-2}$
7	7059 / 7204	$3,97 \times 10^{-3}$	$3,92 \times 10^{-3}$
9	9076 / 9263	$2,73 \times 10^{-3}$	$2,72 \times 10^{-3}$
	THD	%6,338	%6,373

**Şekil 4.** Wien köprü osilatörünün FFT diyagramı (Kaba kuvvet)



Şekil 5. Wien köprü osilatörünün FFT diyagramı (Genetik algoritma)

Şekil 4 ve Şekil 5, sırasıyla kaba kuvvet ($R = 130 \text{ k}\Omega$, $C = 1,2 \text{ nF}$, $f_{ölç} \approx 1008 \text{ Hz}$) ve genetik algoritma ($R = 30 \text{ k}\Omega$, $C = 5,1 \text{ nF}$, $f_{ölç} \approx 1029 \text{ Hz}$) ile bulunan optimum eleman değerlerine karşılık gelen LTspice FFT spektrumlarını göstermektedir. Her iki spektrumda da temel bileşen baskın olup harmonik içerik %8 THD eşiğinin belirgin biçimde altında kalmaktadır. 3. harmonik, diyot sınırlayıcının yarı-dalga simetri bozulmasından kaynaklanan en baskın bozulma bileşeni olarak öne çıkmakta; çift harmonikler ise tam dalga simetrisi sayesinde güçlü biçimde baskılanmış görünmektedir. İki yöntemin FFT görüntüleri arasındaki genel benzerlik, elde edilen çözümlerin harmonik bozulma karakteri açısından tutarlı olduğunu doğrulamaktadır.

Kaba kuvvet yöntemi aynı giriş parametreleriyle her çalıştırmada özdeş sonucu garantilemektedir. Ön eleme ve sıralama mekanizmaları sayesinde tam ızgara aramasına kıyasla hesaplama maliyetini belirgin biçimde azaltmaktadır. Bu özellikler E12 gibi küçük değer uzaylarında veya yüksek güvenilirlik gerektiren senaryolarda kaba kuvveti tercih edilir kılmaktadır.

Genetik algoritma ise stokastik karakteri nedeniyle farklı çalıştırmalarda farklı sonuçlar üretebilmektedir. Bununla birlikte, önbellek mekanizması ve seçici evrimsel süreç sayesinde E24 gibi geniş değer uzaylarında kaba kuvvete kıyasla 1,3 kat daha az simülasyonla $\pm\%10$ tolerans kısıtını karşılayan bir çözüme ulaşmaktadır. GA başlangıç popülasyonu rastgele indeks seçimiyle oluşturulmakta olup evrimsel süreç içinde uygunluk fonksiyonu değerlendirmeleri yalnızca önbellekte bulunmayan bireyler için yapılmaktadır; bu mekanizma özellikle tekrar eden bireylerin yoğun olduğu küçük popülasyonlarda etkin simülasyon sayısını belirgin biçimde azaltmaktadır. Elde edilen THD değerleri (BF: %6,34, GA: %6,37) hedef eşiğin (%8) altındadır. Paralel LTspice çalışma mimarisi ise özellikle kaba kuvvet yönteminin toplam hesaplama süresini doğrusal ölçekte azaltabilir.

SONUÇ ve GELECEK DÖNEM ÇALIŞMALAR

Bu çalışmada Wien köprü osilatörü pasif eleman değerlerinin E-serisi standart değerleri üzerinden LTspice tabanlı döngü içi simülasyonla optimize edilmesine yönelik kapsamlı bir çalışma yapılmıştır. Kısıt-filtrelemeli kaba kuvvet araması ve genetik algoritma yöntemleri matematiksel olarak formüle edilerek karşılaştırılmış; her iki yöntemin de güçlü ve zayıf yönleri sistematik biçimde ortaya konmuştur. Gerçek LTspice simülasyonlarıyla desteklenen deneysel sonuçlar, GA'nın kaba kuvvete kıyasla 1,3 kat daha az simülasyonla BF için $f_{ölç} \approx 1008 \text{ Hz}$ ve THD $\approx \%6,34$, GA için $f_{ölç} \approx 1029 \text{ Hz}$ ve THD $\approx \%6,37$ değerlerine ulaştığını göstermektedir. İki geçişli Fourier yöntemi THD ölçüm doğruluğunu artırmıştır. Yöntemler Python üzerinde koşturulmuştur. Gelecek çalışmalarda paralel simülasyon mimarisi, GA başlangıç popülasyonunun akıllı tohumlanması, Otomatik Kazanç Kontrollü (AGC) tabanlı genlik kararlılığı ve çoklu hedef optimizasyonu (frekans, THD ve güç tüketimi) ele alınacaktır.

KAYNAKÇA

- Analysis of a Digitally Controlled Wien-Bridge Oscillator | Analog Devices.* (t.y.). Geliş tarihi 04 Haziran 2026, gönderen <https://www.analog.com/en/resources/technical-articles/analysis-of-a-digitally-controlled-wienbridge-oscillator.html>
- Barari, M., Karimi, H. R., & Razaghian, F. (2014). Analog Circuit Design Optimization Based on Evolutionary Algorithms. *Mathematical Problems in Engineering*, 2014(1), 593684. <https://doi.org/10.1155/2014/593684>
- Can, Ö. (2023). Otomatik Gerilim Regülatörü Sistemi için Farklı Optimizasyon Teknikleri Ayarlı Denetleyici Tasarımı. *Karadeniz Fen Bilimleri Dergisi*, 13(3), 858-870. <https://doi.org/10.31466/kfbd.1252029>
- Çınar, S. (2019). Lojik Devre Laboratuvarları için Entegre Test Devresi Tasarımı. *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi Part C: Tasarım ve Teknoloji*, 7(1), 165-174. <https://doi.org/10.29109/gujsc.449163>
- De Smedt, V., Gielen, G., & Dehaene, W. (2015). Design of Two Wien Bridge Oscillators. İçinde V. De Smedt, G. Gielen, & W. Dehaene (Ed.), *Temperature- and Supply Voltage-Independent Time References for Wireless Sensor Networks* (ss. 139-172). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-09003-0_5
- Erdoğan, B., Tan, A., & Tümay, M. (2024). Elektrikli Araçlarda Kullanılan Batarya Şarj Uygulamaları için Genetik Algoritma ile Geliştirilmiş Bir Rezonans Dönüştürücü Tasarımı. *Çukurova Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi*, 39(4), 1129-1142. <https://doi.org/10.21605/cukurovaumfd.1606465>
- Erkol, H. O. (2017). GA ve PSO ile Kontrol Parametrelerinin Optimizasyonu. *Karaelmas Fen ve Mühendislik Dergisi*, 7(1), 179-185.
- Hoeye, S. V., Ramirez, F., & Suarez, A. (2004). Nonlinear optimization tools for the design of high-efficiency microwave oscillators. *IEEE Microwave and Wireless Components Letters*, 14(5), 189-191. <https://doi.org/10.1109/LMWC.2004.827869>
- Li, C., You, F., Yao, T., Wang, J., Shi, W., Peng, J., & He, S. (2021). Simulated Annealing Particle Swarm Optimization for High-Efficiency Power Amplifier Design. *IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques*, 69(5), 2494-2505. <https://doi.org/10.1109/TMTT.2021.3061547>
- Shreeharsha, K. G., Siddharth, R. K., Vasantha, M. H., & Kumar, Y. B. N. (2024). An Error Bound Particle Swarm Optimization for Analog Circuit Sizing. *IEEE Access*, 12, 50126-50136. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2024.3385491>
- Tantrakunphaisan, U., Klomkarn, K., & Sooraksa, P. (2018). Dual-mode chaotic oscillator: Applications for art and music. *2018 International Conference on Digital Arts, Media and Technology (ICDAMT)*, 130-134. <https://doi.org/10.1109/ICDAMT.2018.8376509>
- Vatansever, F., & Kuyu, Y. Ç. (2019). Buck, Boost And Buck-Boost Converter Designs with Various Metaheuristic Methods. *Uludağ Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi*, 24(1), 383-390. <https://doi.org/10.17482/uumfd.506766>
- Vural, R. A., Der, O., & Yildirim, T. (2011). Investigation of particle swarm optimization for switching characterization of inverter design. *Expert Systems with Applications*, 38(5), 5696-5703. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2010.10.064>

DIGITAL PUBLIC RELATIONS STRATEGY IN INDONESIAN HIGHER EDUCATION INSTITUTIONS FOR STRENGTHENING PUBLIC TRUST AND EDUCATIONAL COMMUNICATION IN THE DIGITAL ERA**HERMAN**

Public Relations Study Program, Universitas Cokroaminoto Makassar, Indonesia.

ANWAR ENRE

Public Relations Study Program, Universitas Cokroaminoto Makassar, Indonesia.

SITI NASYRAH ANNADZIRAH

Elementary School Teacher Education Program, Universitas Muhammadiyah Makassar, Indonesia.

ABSTRACT

The rapid expansion of digital media has transformed communication practices in higher education institutions, requiring universities to adopt more strategic approaches to stakeholder engagement and public trust building. In Indonesia, higher education institutions increasingly utilize digital platforms to enhance institutional visibility, communication effectiveness, and public engagement. However, the implementation of digital public relations (PR) strategies remains uneven due to differences in organizational capacity, communication governance, and digital maturity. This study examines how digital public relations strategies are implemented in Indonesian higher education institutions and how they contribute to strengthening public trust and educational communication in the digital era. This research employs a qualitative approach using a single-case study design. Data were collected through document analysis, including institutional reports, communication materials, government policy documents, official websites, and social media content. The data were analyzed using thematic analysis to identify patterns related to digital PR practices, stakeholder engagement, and institutional trust. The findings reveal that digital public relations practices in Indonesian higher education institutions remain predominantly information-oriented rather than dialogic and participatory. Although digital platforms provide opportunities for broader outreach and engagement, communication fragmentation, inconsistent messaging, and limited institutional capacity continue to constrain effectiveness. The study also finds that communication consistency, transparency, and responsiveness influence institutional trust. Furthermore, a hybrid communication model combining traditional and digital communication practices remains prevalent across institutions. This study contributes to understanding digital public relations as a multidimensional process involving communication strategy, digital media utilization, and stakeholder relationship management within higher education institutions.

Keywords: Digital Public Relations; Higher Education Communication; Public Trust; Stakeholder Engagement; Digital Media Communication

INTRODUCTION

Higher education institutions in Indonesia are increasingly positioned as public-facing organizations that must actively manage communication, trust, and institutional legitimacy in a rapidly evolving digital environment. Beyond their traditional academic role, universities are expected to engage with diverse stakeholders through transparent, responsive, and strategically managed communication practices. In this context, public relations has become a central mechanism for shaping institutional reputation and maintaining public trust in higher education governance.

From the perspective of public relations theory, relationship management has become a dominant paradigm in contemporary PR scholarship. This approach emphasizes the importance of long-term relationships between organizations and their stakeholders rather than one-way information dissemination. In higher education settings, this implies that universities must move toward more participatory and relational communication strategies that foster dialogue and engagement with their publics (Men et al., 2019; Zhang & Kang, 2021). Recent global evidence shows that more than 90% of universities worldwide now use social media as a primary communication channel, while around 70–

80% of prospective students form their institutional perceptions based on digital presence and online reputation signals.

In parallel, education communication theory provides a complementary lens for understanding how information is constructed, distributed, and interpreted within educational ecosystems. Communication in higher education is no longer limited to classroom interaction, but extends to institutional messaging, policy communication, and external stakeholder engagement. Effective educational communication significantly influences institutional credibility, student satisfaction, and perceived service quality (Miller et al., 2020; Kim & Freberg, 2022). In the Indonesian context, public trust in educational institutions remains at a moderate level and is strongly influenced by the quality and consistency of digital communication practices, where approximately 60% of stakeholder complaints are linked to communication breakdowns in digital channels.

The rapid expansion of digital media has fundamentally reshaped the communication landscape of higher education institutions. Social media platforms, institutional websites, and digital learning environments have become primary channels for engaging stakeholders and constructing institutional identity. In Indonesia, more than 95% of universities have established official websites, and approximately 78% actively use social media platforms for public relations and institutional communication. Digital media enables real-time communication, broader audience reach, and interactive engagement, but it also introduces challenges such as misinformation risks, reputational vulnerability, and information overload (Liu et al., 2021; Al-Husseini & Elbeltagi, 2022).

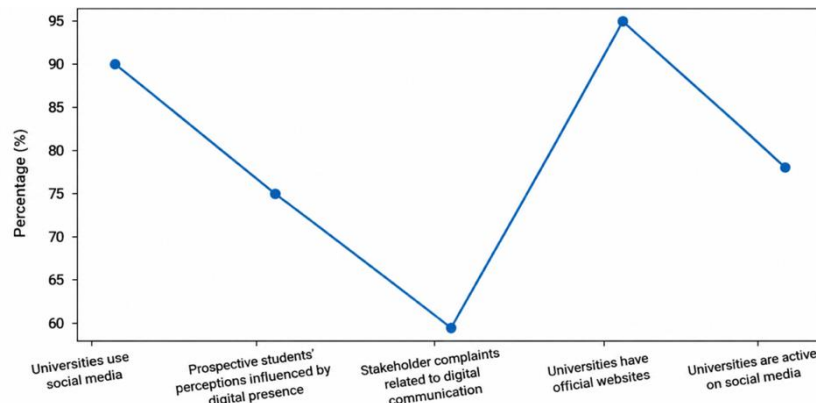


Figure 1. Digital Communication Indicators in Higher Education Institutions

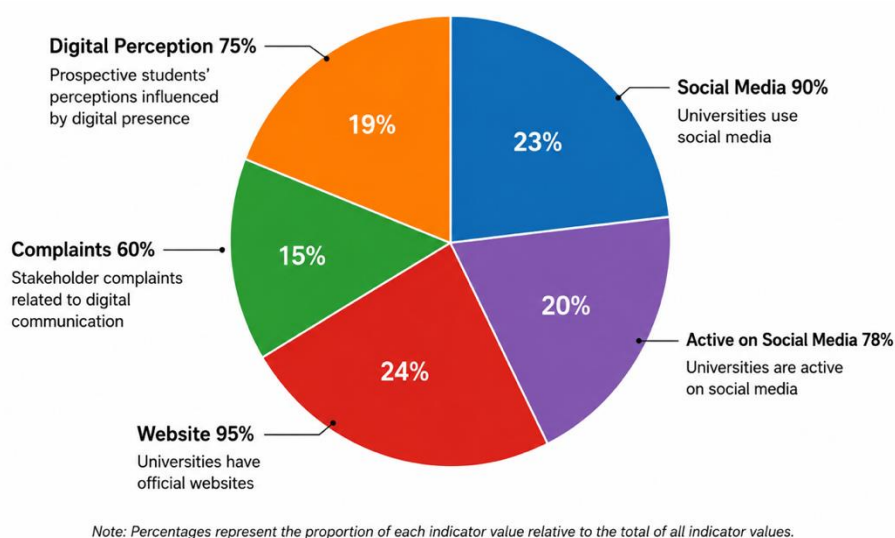


Figure 2. Proportion of Indicator Values (Based on Narrative Data)

In Indonesia, the adoption of digital public relations strategies in higher education institutions has accelerated alongside broader digital transformation in public sector governance. Universities increasingly utilize digital platforms to enhance visibility, manage institutional branding, and improve communication with students and the public. This trend aligns with the observation that digital transformation has become “a priority for higher education institutions” as they seek to remain competitive and responsive in an increasingly technology-driven environment (Benavides et al., 2020, p. 3291). However, the level of digital maturity varies significantly across institutions, influenced by differences in organizational capacity, leadership commitment, and technological infrastructure. Benavides et al. (2020) further noted that digital transformation in higher education remains “an emerging field” and that many institutions have not yet developed transformation initiatives “in a holistic dimension” (p. 3291). This uneven development suggests that digital public relations in Indonesian higher education remains in a transitional phase, moving from traditional communication models toward integrated digital engagement strategies.

Despite growing attention to digital communication in higher education, there remains a limited body of research that integrates public relations theory, educational communication frameworks, and digital media perspectives within a single analytical model in the Indonesian context. Most existing studies tend to focus on either institutional branding or general digital transformation, without fully examining how strategic public relations communication shapes trust-building and stakeholder engagement in higher education institutions. This gap is noteworthy because relationship quality and stakeholder engagement have been identified as central elements in contemporary higher education communication. According to Singh et al. (2022), “relationship quality associated with relationship marketing is critical for student engagement,” while Tong (2022) emphasized that online relational strategies contribute significantly to stakeholders’ trust and commitment in digital environments. Likewise, Labarca and Mujica (2022) argued that trust should be considered a key contextual variable in understanding public relations phenomena and stakeholder perceptions. These observations indicate the need for a more integrated framework that explains how digital public relations strategies contribute to institutional trust and stakeholder relationships within Indonesian higher education.

This study addresses this gap by analyzing how digital public relations strategies are implemented in Indonesian higher education institutions and how these strategies contribute to strengthening public trust and educational communication effectiveness. By integrating public relations theory, education communication studies, and digital media perspectives, this research provides a more comprehensive understanding of how universities navigate digital communication challenges in an increasingly networked public sphere.

METHODOLOGY

This study employs a qualitative research approach with a single-case study design focusing on digital public relations practices in Indonesian higher education institutions. The qualitative approach is selected because it enables an in-depth exploration of how communication strategies are developed, implemented, and interpreted within institutional contexts, particularly in relation to public relations practices, education communication processes, and digital media utilization. This approach is widely recognized in communication and public administration research for its ability to capture contextual and process-oriented phenomena in complex institutional environments (Yin, 2018; Creswell & Poth, 2018).

Table 1. Digital PR Practices in Indonesian Higher Education

Dimension	Empirical Finding	Interpretation
Communication Orientation	Dominantly one-way communication	PR masih bersifat informational, belum dialogis
Digital Platforms	Website + Social media dominant	Fokus pada visibility, bukan engagement
Content Strategy	Announcement & achievement-based content	Branding lebih dominan dibanding stakeholder dialogue

Data in this study are collected through document analysis, including institutional reports, official communication materials, government policy documents, and publicly available digital content from

higher education institutions such as websites and social media platforms. These sources are considered appropriate because digital public relations activities are primarily manifested through publicly accessible communication artifacts. The use of multiple documentary sources also allows for a more comprehensive understanding of communication strategies across different institutional levels.

Table 2. Education Communication & Institutional Trust

Dimension	Finding	Effect
Message Consistency	High consistency = higher trust	Trust meningkat
Transparency	Partial transparency issues	Trust menurun
Communication Speed	Fast response improves perception	Service quality perceived higher

The data analysis process follows a thematic analysis approach, which involves systematic coding, categorization, and interpretation of qualitative data. The analysis begins with data familiarization, followed by initial coding to identify relevant patterns such as digital communication strategies, stakeholder engagement practices, and institutional trust-building mechanisms. These codes are then grouped into broader themes that reflect the relationship between public relations strategy, education communication effectiveness, and digital media transformation in higher education institutions.

Table 3. Digital Media Role in PR Strategy

Aspect	Positive Role	Challenge
Social Media	Broad reach & engagement	Misinformation risk
Website	Formal information source	Static communication
Multi-platform use	Wider dissemination	Inconsistency of messages

To ensure the validity and trustworthiness of the findings, this study applies source triangulation by comparing multiple types of documents and communication materials. In addition, iterative analysis is conducted to ensure consistency in theme interpretation and to reduce subjective bias in qualitative interpretation. This methodological approach strengthens the reliability of findings and ensures that conclusions are grounded in systematically analyzed evidence (Creswell & Poth, 2018).

The overall research framework integrates public relations theory, education communication theory, and digital media transformation perspectives to analyze how Indonesian higher education institutions construct and manage digital communication strategies in relation to stakeholder engagement and institutional trust.

DISCUSSION

The findings of this study indicate that digital public relations practices in Indonesian higher education institutions remain largely in a transitional stage, where digital communication tools are widely adopted but not yet fully optimized for strategic engagement. This condition reflects a broader global pattern in which higher education institutions adopt digital platforms faster than they develop integrated communication governance systems. Such a gap between technological adoption and strategic communication capacity has also been observed in other developing education systems, where digital transformation tends to prioritize visibility over relational engagement (Al-Husseini & Elbeltagi, 2022; Liu et al., 2021).

One of the central findings shows that communication in Indonesian higher education is still predominantly one-way and information-driven. This aligns with earlier public relations theory emphasizing that many institutions remain positioned in a press-agentry or public information model rather than a fully dialogic communication model. In the context of digital public relations, this suggests that although universities actively use social media and websites, the communicative logic has not fully shifted toward interaction and stakeholder co-creation. Similar findings are reported in global studies, which show that digital PR effectiveness is strongly determined by the extent of dialogic communication rather than frequency of content dissemination (Zhang & Kang, 2021; Men et al., 2019).

From the perspective of education communication, the results confirm that institutional trust is highly dependent on communication consistency, transparency, and responsiveness.

When universities maintain coherent messaging across platforms, stakeholders tend to perceive higher credibility and service quality. Conversely, fragmented communication leads to uncertainty and reduced institutional legitimacy. This supports prior research indicating that communication clarity in educational institutions is a critical determinant of stakeholder trust and satisfaction (Kim & Freberg, 2022; Miller et al., 2020).

The role of digital media also emerges as a double-edged factor in shaping institutional communication outcomes. On one hand, digital platforms significantly expand the reach of higher education institutions and enable faster dissemination of institutional messages. On the other hand, they introduce risks such as misinformation, reputational instability, and inconsistent messaging across platforms. This finding is consistent with recent literature suggesting that digital media environments amplify both opportunities and vulnerabilities in organizational communication systems, particularly in highly networked institutional contexts (Liu et al., 2021).

Another important insight is that institutional capacity plays a decisive role in determining the effectiveness of digital public relations strategies. Universities with dedicated communication units and stronger digital competencies are more capable of integrating multi-platform communication strategies, whereas institutions with limited capacity tend to operate fragmented systems. This supports the argument that digital transformation in the public sector is not solely a technological process but also a capability-building challenge involving human resources, governance structure, and organizational learning (Al-Husseini & Elbeltagi, 2022; OECD, 2020).

The findings also highlight the emergence of a hybrid communication model in Indonesian higher education institutions. Instead of fully transitioning to digital-native communication systems, universities combine traditional communication practices with digital platforms. This hybridization reflects institutional path dependency, where legacy bureaucratic structures continue to shape communication practices even in digitally enabled environments. Such a condition is commonly observed in developing digital government and education systems, where institutional inertia slows down full transformation toward integrated digital governance models (Men et al., 2019).

Overall, this study contributes to the literature by demonstrating that digital public relations in higher education should not be understood merely as technological adoption, but as a multidimensional transformation involving communication strategy, institutional capacity, and stakeholder engagement dynamics. The Indonesian case reinforces the argument that effective digital communication requires alignment between technological infrastructure and organizational communication competence.

CONCLUSION

This study examined the role of digital public relations in Indonesian higher education institutions, with a focus on how communication strategies, education communication processes, and digital media utilization shape institutional trust and stakeholder engagement. The findings demonstrate that although universities in Indonesia have widely adopted digital communication platforms, the overall implementation of digital public relations remains in a transitional phase characterized by partial integration and uneven strategic maturity.

The study concludes that digital public relations in Indonesian higher education is still predominantly oriented toward information dissemination rather than fully developed dialogic engagement. While institutions actively use digital platforms such as social media and official websites, communication practices are often fragmented and lack consistent strategic alignment. This indicates that the shift from traditional public relations models to fully interactive digital communication systems is still ongoing.

Another key conclusion is that institutional trust in higher education is strongly influenced by communication consistency, transparency, and responsiveness across digital platforms. Universities that are able to maintain coherent messaging and integrated communication strategies tend to achieve higher levels of stakeholder trust and perceived institutional credibility. Conversely, fragmented communication structures weaken public perception and reduce the effectiveness of institutional communication.

The study also concludes that digital media functions as both an opportunity and a challenge in higher education communication. While it enables broader outreach and faster dissemination of information, it also introduces risks related to misinformation, message inconsistency, and reputational vulnerability.

Therefore, effective digital public relations requires not only technological adoption but also strong governance and communication management capacity.

From a theoretical perspective, this study reinforces the argument that public relations in higher education should be understood as a relational and strategic communication process rather than a purely technical or promotional function. The integration of public relations theory, education communication, and digital media perspectives provides a more comprehensive understanding of how universities construct trust and engage stakeholders in the digital era.

Practically, the findings suggest that higher education institutions in Indonesia need to strengthen digital communication governance, improve coordination between communication units, and enhance the digital literacy of communication personnel. These steps are essential for moving toward a more integrated, transparent, and stakeholder-centered communication system.

Future research is recommended to expand this study through comparative analysis across countries or through mixed-method approaches that can further quantify the relationship between digital communication strategies and institutional trust outcomes in higher education.

REFERENCES

- Al-Husseini, S., & Elbeltagi, I. (2022). Digital transformation and communication strategy in higher education institutions. *Technological Forecasting and Social Change*. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2022.121754>
- Benavides, L. M. C., Tamayo Arias, J. A., Arango Serna, M. D., Branch Bedoya, J. W., & Burgos, D. (2020). *Digital transformation in higher education institutions: A systematic literature review*. *Sensors*, 20(11), 3291. <https://doi.org/10.3390/s20113291>
- Creswell, J. W., & Poth, C. N. (2018). *Qualitative inquiry and research design: Choosing among five approaches*. SAGE Publications.
- Kim, S., & Freberg, K. (2022). Communication effectiveness and institutional trust in higher education. *Journal of Communication Management*. <https://doi.org/10.1108/JCOM-03-2021-0034>
- Labarca, C., & Mujica, C. (2022). *Trust as a contextual variable for public relations: Reflections from Latin America*. *Public Relations Inquiry*, 11(2), 125–141. <https://doi.org/10.1177/2046147X221081172>
- Liu, X., Shin, H., & Burns, A. (2021). Digital media engagement and institutional reputation in higher education. *Computers in Human Behavior*. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2021.106796>
- Men, L. R., Tsai, W. H. S., Chen, Z. F., & Ji, Y. G. (2019). Strategic communication in the digital age: Organizational trust and engagement. *International Journal of Strategic Communication*. <https://doi.org/10.1080/1553118X.2019.1605853>
- Miller, K., Gregory, A., & Stewart, J. (2020). Communication strategies in higher education institutions: A stakeholder approach. *Studies in Higher Education*. <https://doi.org/10.1080/03075079.2020.1725874>
- OECD. (2020). *The OECD digital government policy framework*. <https://www.oecd.org/gov/digital-government/>
- Singh, J., Sharma, M., & colleagues. (2022). *A multi-stakeholder perspective of relationship marketing in higher education institutions*. *Higher Education Research & Development*, 41(8), 1–16. <https://doi.org/10.1080/08841241.2022.2034201>
- Tong, S. C. (2022). *Public relations practice in the digital era: Trust and commitment in the interplay of interactivity effects and online relational strategies*. *Journal of Marketing Communications*, 28(7), 799–819. <https://doi.org/10.1080/13527266.2021.1951814>
- Yin, R. K. (2018). *Case study research and applications: Design and methods* (6th ed.). SAGE Publications.
- Zhang, J., & Kang, S. (2021). Digital public relations and stakeholder engagement in higher education institutions. *Public Relations Review*. <https://doi.org/10.1016/j.pubrev.2021.102066>

KELİMELEİN ARDINDAKİ BİLGELİK: TEBRİZLİ FİLOZOF-ŞAİR MUHAMMED HİDECİ YARATICILIĞINDAN SEÇİLMİŞ METİNLER ÜZERİNE FELSEFİ YORUM
THE WISDOM BEHIND THE WORDS: A PHILOSOPHICAL COMMENTARY ON SELECTED TEXTS FROM THE CREATIVE WORKS OF TABRIZ PHILOSOPHER-POET MUHAMMED HİDECİ

Dr. Metanet ŞAHALİYEVA

Azerbaycan Milli İlimler Akademisi, Muhammed Fuzuli El yazmalar Enstitüsü, Bakü, Azerbaycan
ORCID: 0000-0002-2409-6591

Özet

19. yüzyılın ilk otuz yılında imzalanan Gülistan (12 Ekim 1813) ve Türkmençay (10 Şubat 1828) anlaşmaları, Azerbaycan'ın jeopolitik kaderinde ulusal parçalanma sürecinin temelini atmıştır. Bu anlaşmalar sadece Kaçar devleti ile Çarlık Rusyası arasındaki sınırları belirlemekle kalmamış, aynı zamanda tek bir etno-kültürel alanı iki farklı siyasi-idari sisteme bölmüştür: Kuzeyde, Rus İmparatorluğu'nun etkisi altında kapitalist ilişkiler ve aydınlanma korunurken, Güneyde Kaçar hanedanlığının yönetimi altında geleneksel Doğu kültürel ortamı korunmuştur. Bu tarihsel parçalanma, hem Kuzeyde, hem de Güneyde ulusal öz farkındalık sürecini güçlü bir şekilde etkilemiştir. Birbirinden ayrılan aynı millet, farklı koşullar altında ulusal kimliğini korumak için mücadele etmeye başlamış ve buda Azerbaycan'ın hem siyasi, hem de edebi-kültürel düşünce tarihinde radikal değişimlerin ana nedeni olmuştur.

Böylece, 19. yüzyılda, halkın aydınlanma ve ilerleme özlemlerinin bir ifadesi olan bu gelişmeler Güney Azerbaycan'da (İran) genişlemeye başladı. Kısa süre sonra, Hacı Mirza Hasan Mehdi oğlu Rüşdi'nin eğitim alanında uyguladığı reformlar ülkeyi etkisi altına aldı ve hatta takipçileri de artmaya başladı; ancak yeniliklere karşı çıkan muhafazakâr çevreler aydınlanma faaliyetlerine ciddi şekilde direndi. Yüzyılın ikinci çeyreğinden itibaren Azerbaycan edebiyatında eleştirel gerçekçilik akımı oluşmaya başladı, popüler eğilimler güçlendi ve bu süreç yeni edebi türlerin ortaya çıkmasına zemin hazırladı. Kuzey Azerbaycan'ın aksine, Güney Azerbaycan'da ilerici düşünceli aydınlar, mevcut sosyo-politik yapıyı açıkça eleştirme ve iktidar politikasının özünü halk kitlelerine tam olarak aktarma fırsatından mahrum kaldılar. Ancak, özellikle Zeynalabidin Maraghayi ve Mirza Abdurrahim Talibov Tebrizi gibi bazı aydın entelektüeller, Kuzey Azerbaycan'da oluşan edebi ortamın yanı sıra Rus ve Avrupa kültürünü de tanıdıktan sonra, toplumda görülen olumsuz olaylara karşı eleştirel bir tutum benimsemeye ve bu sosyal gerçekleri sanatsal ve bilimsel bir düzeyde yansıtmaya çalıştılar. Güney Azerbaycan edebiyatında, modern İran'ın karmaşık sosyal koşullarından kaynaklanan nesnel gerçeklerin sanatsal bir yansıması olarak gerçekçi düzyazı ve dramaturjinin temelleri atılmaya başlandı. Şüphesiz ki, insanlar düşüncelerini sanatsal sözün mucizevi gücüne ve zamanın gereklerine uygun olarak ifade ederler. Bu bakış açısından, Güney Azerbaycan edebiyatında gerçekçi düzyazı ve dramaturjinin oluşumu, doğrudan dönemin sosyo-politik ortamının ve gerçek yaşam gerçeklerinin sanatsal yansımasından kaynaklanmıştır. Mevcut sosyo-kültürel koşulların yol açtığı bu acı gerçekleri samimiyetle ve açıkça dile getiren konuşmacılardan biri de Hacı Molla Muhammed Hideci (h.k.1271-m: 1853; h.k.1346-m:1928) Masumeli oğludur. Güney Azerbaycan şiirinin önde gelen temsilcilerinden sayılan Hideci, bilim ve kültür çevrelerinde daha çok filozof-şair olarak tanınmaktadır. Eserleri, hem klasik mistik geleneklerin sentezini ve devamını, hem de yaşadığı dönemin toplumsal sorunlarına derinlemesine nüfuz eden felsefi bir bakış açısını sunmaktadır.

Anahtar Kelimeler :anlaşma,sosyal koşullar, mistik gelenek, toplumsal sorunlar,edebi ortam.

ABSTRACT

The Treaties of Gulistan (October 12, 1813) and Turkmenchay (February 10, 1828), signed in the first thirty years of the 19th century, laid the foundation for a process of national disintegration in Azerbaijan's geopolitical destiny. These treaties not only defined the borders between the Qajar state and Tsarist Russia, but also divided a single ethno-cultural space into two distinct political-administrative systems: in the north, capitalist relations and enlightenment were preserved under the influence of the Russian Empire, while in the south, the traditional Eastern cultural environment was maintained under the rule of the Qajar dynasty. This historical fragmentation strongly influenced the

process of national self-awareness in both the north and the south. The same nation, separated from each other, began to struggle to preserve its national identity under different circumstances, and this became the main reason for radical changes in both the political and literary-cultural thought history of Azerbaijan.

Thus, in the 19th century, the Enlightenment movement, an expression of the people's aspirations for enlightenment and progress, began to expand in South Azerbaijan (Iran). Soon, the reforms implemented by Haji Mirza Hasan Mehdi oğlu Rushdi in the field of education influenced the country and even gained followers; however, conservative circles opposed to the innovations seriously resisted the Enlightenment activities. From the second quarter of the century, a critical realism movement began to emerge in Azerbaijani literature, popular trends strengthened, and this process paved the way for the emergence of new literary genres. Unlike North Azerbaijan, in South Azerbaijan, progressive intellectuals were deprived of the opportunity to openly criticize the existing socio-political structure and fully convey the essence of the government's policies to the masses. However, some enlightened intellectuals, particularly Zeynalabdin Maraghai and Mirza Abdurrahim Talibov Guzey, after becoming familiar with the literary environment that had formed in Azerbaijan, as well as Russian and European culture, adopted a critical stance towards the negative events observed in society and tried to reflect these social realities at an artistic and scientific level. In the literature of Southern Azerbaijan, the foundations of realistic prose and dramaturgy began to be laid as an artistic reflection of the objective realities arising from the complex social conditions of modern Iran. Undoubtedly, people express their thoughts in accordance with the miraculous power of artistic expression and the demands of the time. From this perspective, the formation of realistic prose and dramaturgy in South Azerbaijani literature stemmed directly from the artistic reflection of the socio-political environment and real-life realities of the period. One of the speakers who sincerely and openly expressed these painful realities caused by the prevailing socio-cultural conditions is Muhammad Masumeh Ali Oğlu Hidaji (1853–1928) a leading representative of South Azerbaijani poetry, is better known in academic and cultural circles as a philosopher-poet. His works offer both a synthesis and continuation of classical mystical traditions, as well as a philosophical perspective that deeply penetrates the social problems of his time.

Keywords: agreement, social conditions, mystical tradition, social issues, literary environment.

Giriş

19. yüzyılda Çarlık Rusyası'nın saldırgan politikasını "yeni bir aşama" olarak değerlendirmek, emperyal çıkarlara hizmet eden bir hata olarak görülebilir. Aslına bakılırsa, Gülistan (12 Ekim 1813) ve Türkmençay (10 Şubat 1828) anlaşmalarıyla kurulan "böl ve yönet" politikası, Azerbaycan halkının hem Kuzeyde hem de Güneyde direnişiyle (mücadelesiyle) karşılandı. Bu süreci sadece bir halkın parçalanması olarak değil, aynı zamanda Kaçar devletinin egemen topraklarının yabancı bir imparatorluk tarafından zorla işgal edilmesi gerçeği olarak görmek, tarihsel gerçekliğin daha dürüst bir ifadesidir. Çünkü 1828 Türkmençay anlaşması, Kaçar devleti için sadece toprak kaybı değil, aynı zamanda ciddi bir siyasi ve ideolojik aşamaydı. Uzun ve kanlı savaşların (1804–1813; 1826–1828) sonunda Çarlık Rusyası: *"Kaçarları bu anlaşmaları imzalamaya zorlayabildi."*¹ Kuzey Azerbaycan Türklerinin devletten idari olarak ayrılması, devletin iç etnik ve siyasi dengesini zayıflattı. Bununla birlikte, Kaçar döneminde meydana gelen sosyo-politik olaylar, kültürel çevreyle bağlantılı yenilenme-reform hareketleri de dahil olmak üzere, halkın maddi ve manevi birliğini bölemedi. Yüzyılın ortalarında Kaçar devletinin feodal parçalanmasının aksine, Rus İmparatorluğu hızla merkezîyetçi ve katı bir mutlakîyetçi rejime dönüşüyordu. Çarlık İmparatorluğu, işgal altındaki Rus olmayan halkları (özellikle Kuzey Azerbaycan Türklerini) ulusal ve dini sömürüye maruz bırakmakla kalmadı, aynı zamanda iç muhalif sosyo-politik hareketleri de tamamen kontrol altında tuttu. Rus tarihine "kurtarıcı çar" olarak geçen Çar II. Aleksandr'ın (1818-1881)² saltanatı sırasında, en temel reform, 19 Şubat 1861 tarihli manifesto ile serflikin kaldırılması oldu. Özellikle II. Aleksandr'ın imzaladığı reformlar; *"idari-yargı sisteminin yeniden düzenlenmesi"*, *"ölüm cezasının kaldırılması"*, *"her sınıftan insanın orduya alınması"*, *"her sosyal sınıftan insan için zorunlu askerlik hizmeti"* ve *"dini-etnik topluluklar üzerindeki*

¹ Zaur Reşidov, "Enver Ahmedov'un Tetkiklerinde Azerbaycan Maarifçilik Felsefesi: Tenkidi Analiz", *Metafizika Dergisi*, Cilt 5, Sayı 4 (2022), s. 58-59.

² https://tr.wikipedia.org/wiki/II._Aleksandr

*baskının hafifletilmesi*³ gibi reformlar, ülkenin ekonomik kalkınmasını hızlandırdı. “Türkmençay” anlaşması, bir yandan Azerbaycan için bölünme ve işgalin teyidi iken, diğer yandan 1830'lardan sonra başlayan yeni ve çelişkili bir dönemin başlangıcıydı. Rus İmparatorluğu için Azerbaycan toprakları, her şeyden önce, hammadde ve sermaye birikimi açısından önemli bir ekonomik gelir kaynağıydı. Ancak imparatorluğun kendi çıkarlarını güvence altına almak için bölgeye getirdiği kapitalist ilişkiler beklenmedik bir sonuç doğurdu. Azerbaycan halkı, bu yeni ekonomik ortamda ulusal bilincini ve kamuoyunu yeniden inşa etmeye başladı. Maddi sömürü, yerel halk arasında ulusal kimliğin kaybına yol açmadı, aksine değerlerin korunması için daha örgütlü bir mücadeleye neden oldu. Öte yandan, Çarlık döneminin sadece "gelir kaynağı" olarak gördüğü bu topraklar, beklenmedik bir şekilde ulusal uyanışın ve modern düşüncenin merkezi haline geldi.

19. yüzyılın sonlarına doğru İran'daki siyasi kriz, ülkenin hem iç feodal otokrasi, hem de dış emperyalist çıkarlar tarafından baskı altına alınmasının bir sonucuydu. Bu "bağımlılık", iç pazara hakim olan yerel tüccarları (pazar esnafı) konumlarını korumak için siyasi alternatifler aramaya yöneltti. Tüccarların "Üçüncü Güç" arayışı aslında ulusal egemenliği yeniden tesis etme ve modern bir devlet modeline geçiş arzusuydu. Yerel tüccarların hem din adamları, hem de aydınlarla olan yakın bağları, gelecekteki Anayasal Devrimin hem finansal motoru, hem de örgütlenme merkezi rolünü oynayabileceklerini gösteriyordu. Tebrizli yazar Zeynalabidin Maraghayi şöyle yazıyor: “*Eğer İran devleti adil bir devlet olsaydı, ülkesinde hukuk, düzen ve eşitlik olsaydı ve tebaasını bir keçi fiyatına yöneticilere satmasaydı, yabancılara yönetimine asla boyun eğmezdik, her şeyi bırakıp İran'a giderdik.*”⁴ Kaçar devletinin iç ve dış politikaları arasındaki çatışmalar, özellikle de yerel tüccarların ekonomik çıkarlarının yabancı pazara kıyasla göz ardı edilmesi, halkın çıkarlarını tehlikeye atmıştır. Bu durum, ekonomik kaynaklara sahip ancak siyasi hakları olmayan tüccar sınıfının, çıkarlarını korumak için toplumda mutlak ahlaki ve hukuki otoriteye sahip olan din adamları (ulema) ile ittifak kurmasına yol açtı. Bu sınıf İran toplumunun önemli bir bölümünü temsil ettiğinden, onların katılımı olmadan ülkede hiçbir değişiklik gerçekleşemezdi. Ancak hükümetin bu talepleri yerine getirmesi, sınıfların sadakatine bağlıydı. Yüzyılın ortalarından itibaren Batı ile artan etkileşim sonucunda, Kaçar hükümeti bu sınıfların çıkarlarını göz ardı etmeye başladı ve bunun sonucunda bu sınıflar da devlete karşı farklı bir tutum sergilemeye başladılar.

19. yüzyılın ilk yarısında Güney Azerbaycan'da (İran) yaşanan olaylara baktığımızda, "gazetelerin, modernleşme sürecinde toplumun geleneksel yapısında ve siyasi-sosyal alanda meydana gelen değişiklikleri nasıl desteklediğini görmek mümkündür."⁵ Edward Brown'a göre: "Gazetelerin yayınlanması, ülkenin yönetimine karşı duyulan genel hoşnutsuzluğu ve nefreti duyurmanın en önemli aracıdır."⁶ 19. yüzyılda, halkın aydınlanma ve ilerleme arzusunun bir ifadesi olan Aydınlanma hareketi, Güney Azerbaycan'da (İran) yayılmaya başladı. Rusdie'nin eğitim alanındaki reformlarının takipçilerinin sayısı kısa sürede artmaya başladı, ancak yeniliklere karşı çıkan muhafazakar çevreler aydınlanma faaliyetlerine ciddi şekilde direndi.

19. yüzyılın ikinci çeyreğinden itibaren Azerbaycan edebiyatında eleştirel gerçekçilik hareketi şekillenmeye başladı, popülerleşme eğilimleri güçlendi ve bu süreç yeni edebi türlerin ortaya çıkmasına zemin hazırladı. Kuzey Azerbaycan aydınlanmasının tarihindeki en önemli olaylardan biri, demokratik görüşlü Hasan Bey Zardabi'nin editörlüğünde 1875 yılında "Ekinçi" gazetesinin yayınlanmasıydı. Bu ilk ulusal basın organının kısa sürede demokratik düşünceli aydınları ve yazarları bir araya getirmeyi başarması tesadüf değildir. Hidayat Efendiyev, "Ekinçi" gazetesini hakkında şunları yazıyor: “*Ekinçi*” gazetesini, dönemin şairlerini eski kaside ve gazel biçimlerini terk etmeye ve zamanın talepleriyle örtüşen yeni edebi yöntemlere, türlere ve biçimlere yönelmeye çağırıyor.”⁷ Aslında "Ekinçi" gazetesini sadece okuyucularına hitap etmekle yetinmemiş, aynı zamanda ülkenin sosyo-politik ve kültürel yaşamında gerçekleşen yenilik ve ilerleme süreçlerine de derinlemesine nüfuz etmiştir. Gazetenin sayfalarında şu

³ Мария Александровна (rus.). // Энциклопедический словарь СПб: Брокгауз — Ефрон, 1896. Т. XVIIIа. С. 636–637.

⁴ Zeynalabidin Maragayî, *İbrahim Bey'in Seyahatnamesi veya Taassubun Belası*, gen. ed. Mirza İbrahimov, Bakü: Avrasiya Press, 2006, s. 47..

⁵ Özkan, H. ve Rigidirakhshan, M. (2019). İran'da Basının Doğuşu ve Gazeteler. Erciyes İletişim Dergisi,

⁶ شمیم، علی اصغر، ایران در دور، سلطنت قاجار، تهران، افکار، 75، صفحه 366.

⁷ Hidayet Efendiyev, *Mirze Feteli Ahundov Realist Satirik Nesrinin Devamcıları*, Bakü: Azersaır, 1974, s. 5.

ifadeler yer almaktadır: *"Avrupa halkları büyük ilerleme kaydetmiş ve her konuda bizi geride bırakmıştır. Biz Avrupalıların gerisinde kaldık ve bu durum devam ettiği sürece ilerleyemeyiz ve ilerlemeyeceğiz."*⁸ İnsanları bilime ve aydınlanmaya çağıran "Ekinçi" gazetesi, esasen eski ve yeni dünya arasında bir köprü görevi görmüş ve toplumda mücadele ve azim ruhunun oluşmasını teşvik etmiştir. Gazete, Mirza Fatali Akundzade ve Seyid Azim Şirvani gibi önde gelen aydınların eleştirel makalelerini yayınlamaya, toplumsal ve ulusal baskıya karşı protestolarını dile getirmiş, ekonomik eşitsizliği sert bir şekilde eleştirmiş ve insanların dünya görüşünde var olan cehalet perdesini kaldırma fikrini ortaya koymuştur. Kuzey Azerbaycan'ın aksine, Güney Azerbaycan'daki ilerici aydınlar, mevcut sosyo-politik yapıyı açıkça eleştirme ve iktidar politikasının özünü kitlelere tam olarak aktarma fırsatından mahrum bırakıldılar. Bununla birlikte, özellikle Zeynalabidin Maraghayi ve Mirza Abdurrahim Talibov Tebrizi gibi bazı aydınlar, Azerbaycan'da oluşan edebi ortamın yanı sıra Rus ve Avrupa kültürüyle de tanıştıktan sonra, toplumda görülen olumsuz olaylara karşı eleştirel bir tutum benimsemeye ve bu toplumsal gerçekleri sanatsal ve bilimsel bir düzeyde yansıtmaya çalıştılar. Uzun bir tarihi gelişim yoluna ve zengin bir kültürel mirasa sahip olan Güney Azerbaycan'ın (İran) 19. yüzyılda karşılaştığı siyasi kriz, dönemin düşünceli aydınlarını alternatif gelişim modelleri ve doğru stratejik yön arayışına yöneltti. Aydınlar, uluslararası kültürel ilişkilerin ve ideolojik yakınlaşmanın gelişimindeki mevcut durgunluktan çıkış yolunu gördüler. Bu aydınlar arasında Tebrizli Muhammed Hideci (h.k.1270-m:1853;h.k.1346-m:1928) özel bir yere sahiptir. Filozof, şair ve eğitimci olarak bilinen Hideci, hem lirik ve şiirsel eserlerinde, hem de pedagojik çalışmalarında toplumsal hayatta gözlemlediği eksiklikleri ve sosyal adaletsizlikleri cesurca yansıtmış ve halkın manevi ve sosyal ilerlemesi adına duruşunu açıkça ifade etmiştir.

1.1.Hideci'nin şiirlerindeki seçilmiş metinlerin sanatsal ve felsefi yorumu

Filozof-şair Muhammed Hidecin'in şiirsel mirası, derin ve çok katmanlı felsefi içeriğiyle karakterize edilir. Gazellerinin bir kısmı sosyal, felsefi ve ahlaki konulara ayrılmıştır. Bana göre, Muhammed Hidecin'in şiirlerinin tasavvufa karşı olduğunu söylemek yanlış olur. Bilindiği üzere,Sufizm, Ortaçağ Orta Doğu Rönesansı'nın önemli ve ayrılmaz bir parçası olarak ortaya çıkmış ve insan kişiliğinin yüceltilmesini ve korunmasını temel ilke olarak kabul eden felsefi-mistik bir hareket olarak şekillenmiştir. Yagub Babayev bu konuda şöyle yazıyor: *"Sufizm, İslam dünyasında yaygın olan dinî-felsefi, mistik, manevi-ahlaki bir düşünce ve davranış sistemidir."*⁹ Şairin divanında felsefi içerikten yoksun neredeyse hiçbir dize yoktur. Bu özellik, Muhammed Hideci'yi klasik Azerbaycan şiirinde bir filozof-şair olarak değerlendirmemize olanak tanır.Hideci, şiirlerinde sadece kalbinin atışlarını ve estetik duygularını ifade eden sıradan bir şair gibi davranmıyor. O, okuyucuya aynı zamanda büyük bir bilgeliğe sahip ve yaşamın ve varoluşun derin felsefesini öğreten bilge bir filozof olarak da görünür. Bu bölümün temel amacı, Hideci'nin 'Divan'ındaki şiirsel örneklerden yola çıkarak felsefi temaları ve ana ideolojik yönelimleri belirlemek, bu temalar hakkında kısaca yorum yapmak ve bunları belirli dizeler üzerinden analiz etmektir.Şüphesiz ki, seçilen bu yaklaşım, Hideci'nin şiirinin felsefi derinliğini okuyucuya daha tutarlı ve sistematik bir şekilde aktarmıştır. Şimdi, bahsedilen bazı felsefi temalara kısaca odaklanalım: Hideci'ye göre, Yüce Varlığın nitelikleri, varlığından, yani özünden (Varoluşundan) ayrılamaz ve oradan kaynaklanır. Başka bir deyişle, Hakikat hem maddi dünyada tezahür eder (zahir) hem de özünde gizlidir (batın). Şaire göre, tüm varoluş; yani varlıklar, özler ve biçimler, Hakikat bilgisinde, kadim zamanlardan ebediyete kadar değişmez bir yere sahiptir. Hideci'nin şiirlerinin daha felsefi bir nitelik taşıdığı bilinmektedir. "Divanları"nın da bu ruhla yazıldığı söylenebilir. Bu açıdan bakıldığında, şairin felsefi dünya görüşünü sistematik olarak anlamak için, eserlerinde Vahdet-i Vücûd (varlığın birliği) , biçim ve ruh, tezahür, rıza ve aşk gibi mistik kavramların manevi ve felsefi karşılıklı ilişkisini analiz etmek gerekiyordu. Şairin varoluş görüşünü, münzevi-bilge çatışmasındaki konumunu ve filozof-şair olarak oluşumunu belirleyen bu temel kavramlardır. Felsefi düşünceye göre, bir şeyin gerçek varlığını ve özünü belirleyen ve aynı zamanda belirli boyutlara (genişlik, uzunluk, yükseklik)

⁸ Ekinçi 1875-1877 (Tam Metin), Bakü: Avrasiya Press, 2005, s. 15.

⁹ Yakub Babayev, *Tarikat Edebiyatı: Sufizm, Hurufizm (Yükseköğretim Kurumları Filoloji Fakülteleri İçin Ders Kitabı)*, Bakü: Elm ve Tehsil Yayınları, 2011, s. 8.

sahip olan temel varlığa biçim denir. Biçim, varoluş dünyasının daha mükemmel ve üstün bir aşamasını temsil eder ve yaratılanı, ilk maddenin oluşumunun ana nedeni olarak gösterir. Hideci bu konuda şöyle yazmaktadır:

*Her nesne suretle tamama erer,
Suret olan yerde heyula biter.
Surettir heyulaya varlık bağışlayan,
Döndürür her an, hep devran,
Ardınca bu suret bana heyulayı..¹⁰*

Görüldüğü gibi, filozof-şair felsefi düşüncelerini bize şiirsel bir dille sunuyor. "Her şey biçim bakımından tamamlanmıştır" beyitinde ifade edilen fikir şu şekilde açıklanabilir: "Her şey", dünyadaki tüm varlıkları aynı anda kapsayan geniş bir kavramdır. "Tamamen tamamlanmış", kelimesi tasavvufta bir şeyin tam olgunlaşması, gerçek varlığına ulaşması olarak kabul edilir ve "Biçim", şeylere biçim veren, onları canlandıran ve şekillendiren ana güç biçimi olarak kabul edilir. Beyitin ikinci dizesinde, şairin özellikle "biter" kelimesini seçmesi çok incelikli ve düşündürücüdür. Hideci burada "yok olacak" ifadesini tesadüfen kullanmamıştır. Sanki okuyucuya, bir yaratık bir biçim (form) aldığında tamamen yok olmadığını, sadece bağımsızlığını kaybettiğini anlatmak istiyor. Bu beyitte üç temel felsefi fikir ortaya konmaktadır: 1. Varlık, biçim olmadan asla mükemmellik mertebesine ulaşamaz; 2. Heyula (ilk madde), kendi başına herhangi bir niteliğine sahip değildir; 3. Biçim mükemmelliği bahsettiği anda, yaratığın potansiyeli ortadan kalkar ve o anda gerçek hale gelir ve gerçek bir varlık olma hakkını kazanır. İkinci mısradan ifade edilen "Biçim, hayalette varlık kazandıran şeydir" dizesi, gazelin en önemli yeri olarak kabul edilebilir. Çünkü burada biçim sadece bir "biçim" değil, hareket getiren bir güç-varlık olarak sunulmaktadır. Şair, biçimi ilahi bir tezahüre benzeterek onu hareketsizlikten harekete geçirir. Üçüncü beyitin ilk dizesi: "Ardından bu suret beni bir heyulaya dönüştürdü." ifadesinin şairin icadı olduğunu söylesek yanılmamış oluruz. Hideci, "Heyulayı"(ilk Madde) insan gibi konuşturur ve onu insanla özdeşleştirir. Dolayısıyla, bu felsefede insan, bir "biçim" arayan varlıktır; aradığı "biçim" ise ilahi ışıktan doğan sevgidir. Hideci, her bir dizesini madde (heyula) ve biçim (surat) arasındaki bu gizemli bağlantıya dayandırır. Şaire göre, her varlık ancak kendi biçimine, yani formuna ulaştığında mükemmelleşir. Başka bir deyişle, her varlık gerçek yüzünü suret sayesinde bulur. Bu nedenle, bir yerde bir suret varsa, madde (heyula) gizli bir olasılık olmaktan çıkar ve gerçek bir varlık haline gelir. Felsefede "Heyula", şu şekilde açıklanır:

"Her türlü şekil ve sûreti kabul etmeye elverişli olan ilk madde (ilk cevher)dir. Bu madde henüz herhangi bir sûret kazanmamışsa 'potansiyel heyulâ', bir sûret kazanarak gerçek bir varlık hâline geldikten sonra ise 'aktüel (fiili) heyulâ' olarak adlandırılır"¹¹.

*Kimse tanımaz benim gibi, bu pak (temiz) olmayan cevheri,
O uğursuz sureti gibi batıldır (aslı yoktur) heyulası.¹²*

Şairin yazdığı her dize, klasik şiirin zengin felsefi katmanlarını gizler. Beyitte yansıtıldığı üzere: Eğer "Govhar" varoluşun temel özünü, kökenini ve özünü temsil ediyorsa, "Napak" henüz mükemmelliğe ulaşmamış bir varlığın, manevi olarak kusurlu bir varoluşun sembolüdür. "Surati-nahs" insana mükemmellik kazandırmayan talihsiz bir kabuktur ve "Batıl" ise hakikat ışığından uzaklaşmış, boş ve temelsiz bir dünyayı gösterir. Son olarak, "Heyula" kavramı, şairin hayal gücünde henüz şekillenmemiş, sadece bir olasılık olarak bekleyen, gerçek biçimini arayan evrenin ilk özünü ifade eder. Şair bu dizelerle, yalnızca imge olarak var olan, içsel olarak mükemmelleşmemiş ve asaletten yoksun insanları eleştirir. Bu yaklaşım, aslında şairin cahil filozoflara da yönelttiği keskin bir protestodur. Hideci'nin dizelerinde felsefe ve şiir tek bir noktada birleşerek okuyucuya insan mükemmelliğine giden yolu gösterir:

¹⁰ Muhammed Hidecî, "Gazeller", XIX. Asır Azerbaycan Edebiyatı (Şiir) içinde, haz. S. Ahmedova - T. Ahmedov, İki Ciltte, Cilt I, Bakü: Nurlar Yayınevi, 2009, s. 557.

¹¹ Elekberli, Faik. Azerbaycan Türk Felsefi ve İçtimai Fikir Tarihi (XIX–XX. Yüzyıllar). Cilt I. Bakü: Bilim ve Eğitim Yayınları, 2023, s. 298.

¹² Muhammed Hidecî, "Gazeller", XIX. Asır Azerbaycan Edebiyatı (Şiir) içinde, haz. S. Ahmedova - T. Ahmedov, İki Ciltte, Cilt I, Bakü: Nurlar Yayınevi, 2009, s. 557.

Senin iânen (yardımın) olursa, bulur hakikate yol

İnayetin (lütfun) ola, suret bulur heyulası.¹³

Bu beyitte “heyula” kavramı, şairin tahayyülünde henüz şekillenmemiş, yalnızca bir imkân hâlinde varlığını sürdüren ve kendi gerçek sûretini arayan kâinatın ilk maddesini ifade eder; ilâhî irade ve idrak aracılığıyla gerçek özüne ulaşarak bu ham maddenin mükemmelliğini ifade eder. Bu İlâhî güç, insanın kemale erişmesi için zorunlu bir ön koşul olarak değerlendirilir. Burada “enat” (içsel manevi yardım), insan kalbine akan içsel güçtür ve “inayat”, insanı karanlıktan aydınlığa götüren Tanrı'nın lütfudur. Beyitte yol gösterici “hakikat”, Mutlak Hakikat, yani Yüce Yaratıcının Özû olarak verilmiştir. Filozof-şairin bu yaklaşımı, onun yaratıcılığının ana çizgisini oluşturan "vahdetü'l-vücut" felsefesinin en açık tezahürü ve sanatsal-felsefi teyidi olarak kabul edilmelidir.

Sonuç

19. yüzyıl, Azerbaycan kültürünün tarihinde, ulusal uyanış ve yenilenme süreçlerinin hızlandığı, sosyal-felsefi ve edebi-estetik düşüncenin yeni bir içerik kazandığı önemli bir dönemdir. Bu dönemde demokrasi, realizm ve popülizm fikirleri, kamu bilincinin ve sanatsal yaratıcılığın ana yönlerinden biri haline gelmiş ve ulusal tiyatro, opera, basın ve gerçekçi düzyazı gibi alanların temelleri atılmıştır. Aynı zamanda, aydınlanma fikirlerinin yayılması ve ulusal öz farkındalık sürecinin güçlenmesi, Azerbaycan kültürünün sonraki gelişim aşamaları için sağlam bir temel oluşturmuştur. Bu bakış açısıyla, 19. yüzyıl sadece yeni edebi biçimlerin ortaya çıktığı bir dönem olarak değil, aynı zamanda ulusal-kültürel düşüncenin niteliksel olarak yeni bir aşamaya yükseldiği bir dönem olarak da değerlendirilmelidir. Bu dönemde, aydınlanmacı gerçekçi edebiyat akımının gelişmesi için güçlü bir temel oluşturulmuş, hiciv eleştirisinin kapsamı genişlemiş ve eleştirel gerçekçilik önde gelen bir yaratıcı yöntem olarak ortaya çıkmıştır. Kuzey Azerbaycan ortamında yetişen Abbasgulu Ağa Bakihanov, Gasim Bey Zakir, Mirza Bakış Nadim, Seyid Azim Sirvani gibi sanatçıların, Doğu ile Batı arasında kültürel bir köprü görevi gören Mirza Şafî Vazeh'in ve milli tiyatro sanatının kurucusu, filozof-nesir yazarı Mirza Fatali Ahundzadeh'in (özellikle Orta Doğu felsefî düşüncesinde derin izler bırakan "Kemaludövla'nın Mektupları" adlı eseri) ilerici edebi ve felsefi görüşleri, Güney Azerbaycan aydınlanma hareketini de ciddi şekilde etkilemiştir. Bu etki Zeynalabdin Maraghayi, Mirza Abdurrahim Talibov (Tebrizi), Mirza Mehdi Skuhi, Muhammadbagir Halkhali ve Muhammed Hideci' ve diğerlerinin çalışmalarında olumlu ve belirleyici bir rol oynadı.

19. yüzyılda Azerbaycan'ın sosyo-kültürel yaşamında gerçekleşen yenilenme süreçlerinin önemli göstergelerinden biri de ulusal basının oluşumuydu. Bu bağlamda, Kuzey Azerbaycan'da Hasan Bey Zardabi'nin öncülüğünde ve editörlüğünde yayımlanmaya başlayan "Ekinçi" gazetesi (1875) ve Güney Azerbaycan'ın kültür merkezi Tebriz'de yayımlanmaya başlayan "Akbari-darüsseltaneyi-Tebriz" gazetesi (1859) özellikle önem taşımaktadır. Malum bir hakikattir ki, Zeynalabdin Maraghayi ve Mirza Abdurrahim Talibov, Güney Azerbaycan edebiyat ve felsefe düşüncesinin gelişiminde özel bir yere sahiptir. Maraghayi'nin "İbrahim Bey'in Seyahatnamesi" adlı eseri, Güney Azerbaycan'da eleştirel gerçekçiliğin ilk parlak örneklerinden biri ve İran edebiyatında gerçekçi roman geleneğinin oluşumunda önemli bir aşama olarak kabul edilir. Yazar, eserinde toplumsal geri kalmışlığı, idari eksiklikleri ve ahlaki yozlaşmayı eleştirel bir şekilde tanımlamıştır. Aynı dönemde çalışan Mirza Abdurrahim Talibov, aydınlanma fikirlerinin yayılmasında, bilimsel bilginin geliştirilmesinde ve Doğu ile Batı arasında entelektüel bir köprü kurulmasında önemli bir rol oynamıştır. Çok yönlü yaratıcılığı, dönemin yenilenme eğilimlerinin önemli ifadelerinden biri olarak kabul edilir.

19. yüzyılda Güney Azerbaycan'da (İran) yaşanan sosyo-politik olaylar ve ulusal uyanış süreci, edebi ve kültürel ortamın sonraki evriminde belirleyici bir rol oynamıştır. Güney Azerbaycan'ın ilerici yazarları, toplumda yeni düşünce ve fikirlerin yayılmasını sağlamış ve insan bilincini, ahlakını bozan etik dışı davranış kurallarını ve batıl inançları şiddetle kınamışlardır. Aydınlar, demokratik bir ruha sahip yeni bir toplum modeli oluşturma fikrini aktif olarak desteklemişlerdir. Bu aydınlardan biri de Tebrizli filozof-şair Muhammed Hideci'dir. Şair, tüm yaratıcı çalışmaları boyunca gerçek olayları ve toplumsal çevrenin acı gerçeklerini yansıtmaya çalışmış; ikiyüzlülükten arınmış ve iyimser bir yaşam nefesi alan bir edebiyat arayışında olmuştur.. Filozof-şairin gazel, kaside, mukhammes, musaddes ve mustazad gibi klasik şiir türlerinde ve biçimlerinde yazdığı örnekler, onun bir söz ustası olarak şiirin içeriğinin

¹³ Yene orada

derinliğine ve dilin akıcılığına özel önem verdiğini ve metni yapay sıfatlar ve uygunsuz ifadelerle ağırlaştırmaktan kaçındığını göstermektedir. Doğu düşünürlerinin ortaya koyduğu felsefi tezlere mekanik bir yaklaşımla yaklaşmayan ve özellikle "Yaratılış-evren-doğa" üçlüsünün birliğini içeren metafizik sistemin kavramsal bir görünümünü sergileyen şair, toplumun sosyo-politik sorunlarını sanatsal-felsefi bir düzeyde yorumlamayı başarmıştır. Şairin eserleri, ontolojik düşünce ve toplumsal gerçekliğin birliği üzerine kuruludur. Eserlerinde, varoluş, biliş ve insanın ruhsal özüyle ilgili felsefi konular, dönemin sosyo-politik sorunlarıyla paralel olarak sunulmakta ve bu da şiirsel ve felsefi mirasına özel bir derinlik ve çok katmanlı bir içerik kazandırmıştır. Bence, Güney Azerbaycan edebiyat ve felsefe tarihinde, zengin bir bilimsel ve felsefi mirasa, aynı zamanda özgün bir sanatsal yaratım yoluna sahip olan Muhammed Hıdecı, felsefi kavramlarını eşsiz bir şiirsel üslupla ifade etmeyi başarmıştır.

Kaynakça

1. Babayev, Yakub. *Tarikat Edebiyatı: Sufizm, Hurufizm (Yükseköğretim Kurumları Filoloji Fakülteleri İçin Ders Kitabı)*, Bakü: Elm ve Tehsil Yayınları, 2011, s. 8.
2. Ekinçi 1875–1877 (*Tam Metin*). Bakı: Avrasiya Press, 2005.
3. Efendiyev, Hidayet. *Mirze Feteli Ahundov Realist Satirik Nesrinin Devamcıları*. Bakı: Azernaşır, 1974.
4. Elekberli, Faik. *Azerbaycan Türk Felsefi ve İçtimai Fikir Tarihi (XIX–XX. Yüzyıllar)*. Cilt I. Bakü: Bilim ve Eğitim Yayınları, 2023, s. 298.
5. Hıdecı, Muhammed. "Gazeller". *XIX. Asır Azerbaycan Edebiyatı (Şiir)*, haz. S. Ahmedova – T. Ahmedov. C. I. Bakı: Nurlar Yayınevi, 2009, s. 557.
6. Maragayî, Zeynelabidin. "İbrahim Bey'in Seyahatnamesi veya Taassubun Belası". *Gen. red. Mirza İbrahimov*. Bakı: Avrasiya Press, 2006, s. 47.
7. Özkan, Hülya – Rıgiderakhshan, Mohammad. "İran'da Basının Doğuşu ve Gazeteler". *Erciyes İletişim Dergisi*, C. 6, S. 2, 2019, s. 975–994.
8. Zaur Reşidov, "Enver Ahmedov'un Tetkiklerinde Azerbaycan Maarifçilik Felsefesi: Tenkidi Analiz", *Metafizika Dergisi*, Cilt 5, Sayı 4 (2022), s. 58-59.
9. Мария Александровна. *Энциклопедический словарь*. СПб.: Брокгауз–Ефрон, 1896. Т. XVIIIа, с. 636–637.
10. شمیم، علی اصغر، ایران در دور، سلطنت قاجار، تهران، افکار، 75، صفحه 366.
11. https://tr.wikipedia.org/wiki/II._Aleksandr

**DECARBONIZATION AND JUST TRANSITION IN WESTERN MACEDONIA:
ECONOMIC AND SOCIAL IMPACTS ON REGIONAL DEVELOPMENT****Konstantinos VAKOUFTSIS**

Department of Business Administration, Faculty of Economic Sciences, University of Western Macedonia, Grevena, Greece.

Dimitrios SYNDOUKAS

Department of Business Administration, Faculty of Economic Sciences, University of Western Macedonia, Grevena, Greece.

Stavros KALOGIANNIDIS

Department of Business Administration, Faculty of Economic Sciences, University of Western Macedonia, Grevena, Greece.

Vasileios SPANOS

Department of Business Administration, Faculty of Economic Sciences, University of Western Macedonia, Grevena, Greece.

Abstract

This paper examines the economic and social consequences of the accelerated lignite phase-out in the Region of Western Macedonia, one of the most fossil-fuel-dependent areas of the European Union. Drawing on quantitative indicators of Gross Value Added (GVA), employment and demographic dynamics for the period 2013–2023, alongside qualitative analysis of policy documents and the Just Transition Development Plan, the study constructs an integrated analytical framework that combines just transition theory, path dependency, and regional resilience. The empirical evidence reveals a markedly asymmetrical structural shock: total regional GVA declined by 22.1%, while sectoral output in mining and energy collapsed by 58.1%, against a national GVA increase of 24.2% over the same period. Employment in the lignite sector has contracted sharply, demographic decline approached 17% on a cumulative basis, and renewable energy expansion has so far failed to substitute, either quantitatively or qualitatively, the jobs lost. The analysis identifies a dual structural deficit, namely compressed transition timelines combined with constrained institutional capacity, that distinguishes the Greek case from comparable European transition regions such as the Ruhr, Silesia and Lusatia. Despite substantial financial allocations through the Just Transition Fund, commitment rates of approximately 39% and disbursement rates of only 12–18% indicate that institutional absorption rather than funding availability constitutes the primary binding constraint. The paper argues that the rapid pace of decarbonization risks outstripping local adaptive capacity, generating new patterns of regional divergence within Greece. It contributes to the literature on “trapped regions” by introducing the concept of a compressed transition under institutional constraints and by providing empirical evidence from a Southern European context that has so far received limited scholarly attention. Policy implications point toward a fundamental recalibration from sectoral substitution toward place-based productive transformation, anchored in long-term planning, reskilling, social participation and institutional strengthening across European, national and regional governance levels.

Keywords: lignite phase-out; just transition; Western Macedonia; path dependency; regional resilience; institutional capacity; trapped regions

1. Introduction

For more than half a century, Western Macedonia served as the energy backbone of Greece, hosting the largest national lignite mining complex and the main thermal power stations that ensured baseload electricity supply. The region’s economic, social and institutional identity was profoundly shaped by the operations of the Public Power Corporation (PPC), which directly employed approximately 6,900 workers in power plants and mines, with total employment—including indirect and induced jobs—exceeding 22,000 during periods of peak activity (TEE/TDM, 2012). This deep structural integration of

lignite into the regional economy created a development model that was, simultaneously, highly productive in narrow sectoral terms and structurally vulnerable to external shocks.

The depth of this dependence is clearly visible in regional accounts. In 2013, the combined mining, manufacturing and energy sector (NACE B–E) accounted for 55% of Western Macedonia's Gross Value Added (GVA), compared with just 14.2% at the national level, while the region captured 11.1% of the corresponding national sectoral GVA (ELSTAT, 2024). Regional specialization indicators confirm an extreme pattern: the Location Quotient for the mining and fuels sector reached 10.98, signalling a level of sectoral concentration almost eleven times higher than the national average (TEE/TDM, 2012). Lignite-related activities also generated substantial fiscal revenues for local municipalities through the Compensatory Local Development Fund, entrenching a regime of path dependency that permeated the entire regional economy and society.

The acceleration of the lignite phase-out after 2019, driven by the European Green Deal and the European Union's commitment to climate neutrality by 2050, has triggered one of the fastest energy transitions in Europe. Greece committed to a full exit from lignite-based electricity generation by 2028, with the first plant closures already implemented in 2021, a year that earlier TEE/TDM (2012) studies had identified as a critical turning point for the region. The combination of this compressed timeline with the pre-existing mono-industrial structure has generated a pronounced asymmetric production shock that is clearly observable in the available data.

According to ELSTAT (2024), the total GVA of Western Macedonia declined from €4.507 billion in 2013 to €3.510 billion in 2023, a contraction of 22.1% that makes the region the only Greek territorial unit to record prolonged negative performance during this period, in stark contrast with the 24.2% growth registered nationally. The divergence is even more pronounced at the sectoral level: GVA in the B–E sector collapsed by 58.1% (from €2.476 billion to €1.038 billion), while the corresponding national sector grew by 29.2%. As a result, the region's share of national sectoral GVA fell from 11.1% to just 3.6%, signalling the definitive loss of its historical energy dominance.

Labour market dynamics reinforce this picture. Unemployment remains persistently above the national average, with youth unemployment exceeding 40% in certain municipalities. The regional population declined by 10.4% between the 2011 Census (ELSTAT, 2011) and the 2021 Census (ELSTAT, 2022), while updated estimates point to a cumulative decrease of approximately 17% by 2023, compared with around 4.2% nationally (ELSTAT, 2024). Particularly worrying is the sharp out-migration of the 25–44 age cohort, an indicator of simultaneous demographic and labour market weakening that compromises medium-term recovery prospects.

Recognising the severity of these challenges, the European Union allocated approximately €1.67 billion to Greece through the Just Transition Fund, with 58% directed to Western Macedonia—the highest per capita allocation in Europe (European Commission, 2024). However, the absorption of available resources remains limited. Commitment rates, reflecting approved and contracted allocations, reached approximately 39% by 2024, but actual disbursement rates, representing funds effectively transferred to beneficiaries, remained considerably lower, in the range of 12–18% (European Commission, 2024; Ministry of Environment and Energy, 2023). This divergence between formal commitments and real expenditure reveals structural weaknesses in the institutional governance of the transition and indicates that financial availability alone is insufficient to drive meaningful economic restructuring.

Against this empirical backdrop, the study addresses five interrelated research questions. First, what are the macroeconomic and social impacts of the lignite phase-out in Western Macedonia? Second, how have key indicators—such as GVA, employment and demographic trends—evolved over time? Third, to what extent can Renewable Energy Sources (RES) serve as a developmental counterweight to the decline of the lignite sector? Fourth, which policy and institutional dynamics shape the effectiveness of the transition? Fifth, is the current policy framework sufficient to ensure a genuinely just and sustainable transition?

Methodologically, the analysis combines quantitative analysis of secondary statistical data with an interpretive political economy approach, drawing on official statistics (ELSTAT, Eurostat), TEE/TDM studies (2012; 2018), and institutional documents such as the Just Transition Development Plan (JTDP, 2020). The contribution of the paper is threefold. It provides a systematic quantitative assessment of the lignite phase-out's impacts in Western Macedonia for the 2013–2023 decade; it develops an integrated analytical framework that bridges just transition theory, path dependency and regional resilience; and it

offers empirical evidence on the decisive role of institutional capacity and governance in shaping transition outcomes. More broadly, the study engages with the literature on trapped regions (Hassink, 2010), arguing that the pace of the green transition may exceed local institutional adaptive capacity, thereby generating new forms of regional divergence within the European energy transition landscape. The remainder of the paper is organised in six sections. Section 2 presents the theoretical background, articulating the three building blocks of the analytical framework. Section 3 outlines the research design, the data sources mobilised and the multi-level analytical procedure. Section 4 reports the empirical findings, covering the historical context, GVA dynamics, labour market adjustment, demographic decline, fiscal stress and the limited substitution potential of renewable energy expansion. Section 5 discusses the implications of the findings for the design and implementation of the Just Transition Development Plan, the broader governance architecture and the comparative experience of European transition regions. Section 6 concludes by consolidating the policy recommendations and identifying directions for further research.

2. Theoretical Background

2.1 The concept of a just transition

The notion of a just transition is centred on the principle that the shift toward a low-carbon economy must not generate new forms of social, regional or distributional inequality. In contemporary scholarship, the justice of a transition is evaluated not only by its final outcomes—distribution of costs and benefits—but also by the decision-making process itself, particularly the meaningful inclusion of affected communities (Wang & Lo, 2021). Distinguishing between a just transition understood as an outcome and one understood as a process is therefore crucial, especially in contexts of rapid lignite phase-out.

Empirical studies further suggest that the success of a transition depends less on the sheer volume of financial resources mobilized and more on the capacity for institutional implementation at the regional level (Pirani, 2018). In the Greek case, the transition has been predominantly designed through a top-down approach, with limited participation from local stakeholders, which raises legitimate concerns regarding both procedural and distributive justice. The conceptual framework adopted here therefore treats just transition not as a single normative principle but as a multi-dimensional construct that integrates distributive, procedural and recognitional dimensions of justice. International policy guidance reinforces this multidimensional understanding: the Guidelines for a Just Transition formulated by the International Labour Organization (ILO, 2015) explicitly call for inclusive social dialogue, active labour market policies, and adequate social protection as constitutive elements of a transition that is both environmentally sustainable and socially fair. Similarly, the International Energy Agency (IEA, 2021) emphasises that achieving net-zero emissions by mid-century requires that decarbonisation strategies be coupled with deliberate workforce transition planning, otherwise the macroeconomic benefits of the energy transition risk being concentrated in capital-rich regions while losses fall disproportionately on coal- and lignite-dependent communities.

2.2 Path dependency and mono-industrial economic structures

Path dependency theory offers a powerful analytical lens for understanding the structural inertia that characterizes fossil-fuel-dependent regions (David, 1985; Arthur, 1989). Within regional economies, path dependency typically manifests through four mutually reinforcing mechanisms: the accumulation of highly specialized human capital that is difficult to redeploy in other sectors; technological lock-in, which hinders the adoption of alternative production models; institutional rigidities that sustain dependency relationships between local authorities and dominant firms; and cognitive lock-in among local elites, which constrains the capacity to envision alternative development trajectories (Hassink, 2010).

In Western Macedonia, these dynamics are strongly supported by the empirical evidence. The exceptionally high Location Quotient (LQ = 10.98) for the mining and fuels sector (TEE/TDM, 2012), combined with the fact that sectors B–E accounted for 55% of regional GVA in 2013 (ELSTAT, 2024), indicates an extreme degree of mono-industrial specialization rarely observed in European regions. Importantly, this dependency deepened rather than diminished in the years immediately preceding the

official phase-out. According to TEE/TDM (2018), the contribution of lignite-related activities to regional GVA rose from 32% in 2000 to 42% in 2014, primarily because other sectors contracted at a faster pace, a pattern that reveals a deepening rather than weakening structural lock-in.

The broader literature on trapped regions (Hassink, 2010) and shrinking cities (Wiechmann & Pallagst, 2012) provides a useful comparative perspective. Empirical evidence from regions such as the Ruhr and Lusatia in Germany, South Wales and Yorkshire in the United Kingdom, and Silesia in Poland suggests that overcoming path dependency typically requires two to three decades of sustained policy intervention. Crucially, the automatic replacement of lost industrial employment by emerging sectors remains the exception rather than the rule (Cumbers et al., 2010). The Ruhr case is illustrative: despite extensive public investment, unemployment remained at 14.5%—more than double the national average—for over a decade after restructuring began, while the region lost approximately 122,000 residents between 1992 and 2002 (TEE/TDM, 2012).

2.3 Regional resilience and evolutionary approaches

Regional resilience constitutes the third theoretical pillar of the analysis. The literature distinguishes between two main conceptions: mechanistic or engineering resilience, defined as a system's capacity to return to its pre-shock equilibrium, and evolutionary resilience, which emphasizes the ability of a region to adapt, learn and transform toward new development pathways (Boschma, 2015; Martin & Sunley, 2015). The latter is more appropriate for analyzing cases of profound structural restructuring, as it does not assume that returning to the pre-existing economic structure is either feasible or normatively desirable.

Within evolutionary economic geography (Boschma & Martin, 2010), resilience is closely linked to the concept of related variety. Diversification into new sectors is more likely to succeed when emerging activities are technologically or cognitively related to existing regional capabilities. In Western Macedonia, this insight implies that a transition toward renewable energy or energy storage could partially leverage the human capital and technical expertise accumulated during the lignite era (Kontsas et al. 2025; Gkouliaveras et al. 2026; Tsiatsiou et al. 2026; Vezou et al. 2026; Kalogiannidis et al. 2022). Realising such potential, however, requires systematic retraining policies and an active industrial strategy that connects existing capabilities with new productive opportunities—elements that remain underdeveloped to date (Papaevangelou et al. 2024; Mavrommati et al. 2024; Kalfas et al. 2024; Kalogiannidis et al. 2024).

2.4 An integrated analytical framework

The three theoretical approaches function in the present study as complementary levels of analysis rather than as competing perspectives. Just transition theory provides the normative framework for assessing whether the transformation in Western Macedonia meets criteria of distributive, procedural and recognitional justice. Path dependency explains the structural barriers that hinder economic diversification despite the availability of financial resources. Regional resilience theory outlines the conditions under which sustainable developmental transformation can occur, highlighting the importance of related variety and institutional capacity. Together, this integrated framework enables a two-tier analysis of the Greek case: a diagnostic dimension, which examines what is happening and why, and a normative dimension, which evaluates what could have been done differently and what is required moving forward. Figure 1 illustrates the conceptual articulation of the three building blocks.

Table 1: Comparative overview of the three theoretical perspectives mobilised in the analytical framework.

Perspective	Core focus	Key contribution	Limitation
Just Transition	Normative principles of fairness in decarbonisation	Integrates distributive, procedural and recognitional justice	Operationalisation in policy practice remains contested

Perspective	Core focus	Key contribution	Limitation
Path Dependency	Structural lock-in mechanisms in mono-industrial regions	Explains the persistence of fossil-fuel-dependent trajectories	Tends to underplay agency and external shocks
Regional Resilience	Adaptive reconfiguration of regional economies	Identifies conditions for evolutionary diversification	Relatedness assumption may not hold in compressed transitions

Source: Author's elaboration based on the literature reviewed in Sections 2.1–2.3.

3. Methodology

3.1 Research design

The study adopts a case study research strategy. Following Yin (2018), case study research is particularly well suited to the investigation of complex social phenomena within their real-world context, where generalized statistical methods alone would be insufficient. Western Macedonia constitutes both a revelatory and an extreme case: revelatory because it clearly captures the multifaceted impacts of the lignite phase-out, and extreme because the intensity of its mono-industrial dependency and the speed of its energy transition are unprecedented in Europe over a comparable timeframe. The research design follows a mixed-methods logic that combines quantitative analysis of secondary statistical data—covering GVA, employment, demographic trends and installed renewable energy capacity—with qualitative analysis of policy documents, institutional frameworks and the relevant academic literature. The combination is justified by the nature of the research questions: assessing economic and social impacts requires quantitative evidence, while understanding institutional dynamics and governance challenges calls for an interpretive political economy approach (Creswell & Plano Clark, 2018).

3.2 Data sources

The empirical analysis relies exclusively on secondary data, organised across three complementary streams. The first stream comprises statistical data, drawn from the Hellenic Statistical Authority (ELSTAT) for regional and sectoral GVA (2013–2023), employment and unemployment indicators, and demographic trends derived from the 2011 and 2021 Censuses, supplemented by Eurostat data for comparative analysis of European transition regions and by IRENA and IEA data on renewable energy capacity and energy sector employment. The Regulatory Authority for Energy (RAE) provides additional information specific to renewable capacity in Western Macedonia.

The second stream comprises policy and institutional documents, including the Just Transition Development Plan for Western Macedonia (2021), the Territorial Just Transition Plan for Greece (2021), Regulation (EU) 2021/1056 establishing the Just Transition Fund, the National Energy and Climate Plan (2019, revised 2023), the PPC Sustainability Report (2023) and Development Law 4887/2022. The third stream consists of academic and grey literature, including peer-reviewed journal articles, reports from international organisations such as the World Bank, the IEA and the European Commission, and comparative studies on coal-dependent regions, with particular emphasis on the Ruhr, Silesia and Lusatia.

3.3 Analytical framework

The empirical analysis is structured across three interconnected levels. Level 1 is diagnostic: it provides a quantitative mapping of the economic and social impacts of the transition using indicators of GVA, employment, unemployment, demographic change and renewable energy deployment, addressing Research Questions 1 and 2. Level 2 is interpretive: it examines the structural drivers of regional vulnerability through the lens of path dependency and lock-in mechanisms, and assesses institutional capacity and governance effectiveness, primarily addressing Research Question 3. Level 3 is evaluative and normative: it assesses the extent to which the transition in Western Macedonia aligns with just

transition criteria, draws on comparative European cases, and formulates policy recommendations, addressing Research Questions 4 and 5. Schematically, the analysis moves from a diagnostic stage centred on GVA, employment, demographics and RES, through an interpretive stage focused on path dependency, lock-in and institutional capacity, to an evaluative and normative stage that integrates just transition criteria, comparative perspectives and policy recommendations.

3.4 Limitations

The methodological approach is subject to several limitations that should be considered when interpreting the findings. First, the absence of primary data—such as interviews with local stakeholders, workers or civil society representatives—limits the ability to capture bottom-up perspectives on the transition process. Future research could complement this analysis with qualitative fieldwork or participatory methods. Second, the time span of the available data presents an additional constraint: the most recent statistical records (ELSTAT, 2024) may not yet fully reflect the long-term impacts of decarbonization, given that several structural effects typically manifest with a substantial time lag. Third, while the analysis identifies strong correlations between the lignite phase-out and regional economic contraction, it cannot fully establish causal relationships, as broader macroeconomic conditions and geographical constraints may also play significant roles. Fourth, the comparative analysis relies on secondary literature for the European cases of Ruhr, Silesia and Lusatia, without primary field research, which limits the depth of cross-regional comparison.

4. Findings

4.1 Western Macedonia as a region in energy transition

Since the 1950s, the exploitation of lignite deposits in the Ptolemaida–Amyntaio basin, estimated at approximately 3.5 billion tonnes, has fundamentally shaped the economic structure, social organisation and spatial development of Western Macedonia. At its peak, lignite-fired power generation accounted for roughly 70% of national electricity production, positioning the region as the energy heartland of Greece (Mavridis, 2019). The productive structure of the region has long been dominated by the operations of the Public Power Corporation (PPC), whose extensive mining and generation activities provided not only direct employment but also a dense network of indirect and induced jobs in transport, equipment maintenance, construction, services and local commerce (TEE/TDM, 2012). Environmental pressures, escalating CO₂ prices in the EU Emissions Trading System and the broader policy framework of the European Green Deal have rapidly eroded the economic viability of lignite generation, accelerating decommissioning decisions.

The institutional framework of the transition has been organised around the Just Transition Development Plan (JTDP) for Western Macedonia (2021), the Territorial Just Transition Plan for Greece (2021) and the Just Transition Fund Regulation (EU) 2021/1056. Together with the National Energy and Climate Plan (Ministry of Environment and Energy, 2019; 2023), Regulation (EU) 2021/1056 and Development Law 4887/2022, these instruments define the formal architecture of the transition, allocate financial resources and identify priority sectors. As the empirical analysis that follows demonstrates, however, the operational implementation of this architecture diverges substantially from its strategic ambitions.

4.2 Evolution of Gross Value Added

Analysis of regional GVA data for 2013–2023 reveals a pronounced and asymmetrical structural contraction. The total GVA of Western Macedonia fell by 22.1%, from €4,507 million to €3,510 million, the only negative regional performance in Greece during this period, in stark contrast with the national increase of 24.2%. Table 2 summarises the comparative evolution of total GVA for a representative set of Greek regions.

Table 2: Regional GVA evolution, 2013–2023 (€ million).

Region	GVA 2013	GVA 2023	Change (%)
Greece (total)	157,795	196,051	+24.2%
Attica	75,206	87,852	+16.8%
Epirus	3,374	3,934	+16.6%
Western Macedonia	4,507	3,510	–22.1%

Source: ELSTAT (2024); author's compilation.

This divergence indicates that the region's decline cannot be attributed to broader macroeconomic conditions but rather reflects a region-specific structural shock. Sectoral analysis reinforces this interpretation. GVA in the mining and energy sector (NACE B–E) contracted by 58.1%, while the region's share of national sectoral output collapsed from 11.1% to 3.6%. Table 3 disaggregates the sectoral GVA dynamics for the same regions.

Table 3: Sectoral GVA (NACE B–E) and national shares, 2013–2023.

Region	GVA 2013	GVA 2023	Change (%)	Share 2013	Share 2023
Greece (total)	22,378	28,922	+29.2%	—	—
Attica	7,588	10,751	+41.7%	10.1%	12.2%
Epirus	411	588	+43.1%	12.2%	14.9%
Western Macedonia	2,476	1,038	–58.1%	55.0%	29.6%

Source: ELSTAT (2024); author's compilation.

Taken together, the figures point to a rapid erosion of the productive base without an equivalent sectoral substitution mechanism. This provides strong empirical support for the argument that the lignite phase-out in Western Macedonia constitutes a case of negative structural transformation rather than a gradual economic reallocation, as anticipated in evolutionary models of regional restructuring.

4.3 Employment and labour market dynamics

Employment trends mirror the contraction of regional output. Direct employment in the lignite sector fell sharply from approximately 6,900 workers in 2012 (TEE/TDM, 2012), generating substantial indirect effects across supplier industries and local services. Assuming an employment multiplier of 2.27, consistent with estimates for capital-intensive extractive industries (Moretti, 2010; IOBE, 2019; TEE/TDM, 2021), each direct lignite job supported an additional 1.27 positions in the local economy, amplifying the overall impact of job losses. Labour market adjustment has been uneven and socially differentiated. Youth unemployment exceeds 40% in certain municipalities, while long-term unemployment is concentrated among workers aged 45–55 with highly specialized, non-transferable skills (Dimitriou & Lamprinidis, 2022). This finding aligns closely with the lock-in mechanisms identified in path dependency theory, where the high specificity of accumulated human capital becomes a structural obstacle to redeployment in alternative sectors.

4.4 Demographic decline and brain drain

According to official Census data (ELSTAT, 2011; 2022), Western Macedonia's population declined by 10.4% between 2011 and 2021, compared with a national average of -2.3% over the same period. More recent demographic projections (ELSTAT, 2024) suggest that the cumulative decline may have reached approximately 17% by 2023, against a national estimate of -4.2%, although these figures should be treated as provisional in the absence of an intervening census. The demographic contraction is not

merely quantitative but qualitative: it disproportionately affects younger and more educated cohorts, generating a brain drain that reinforces a vicious cycle of regional decline whereby reduced demand leads to diminished fiscal capacity, degradation of public services, lower investment attractiveness and further out-migration.

This dynamic of circular cumulative causation is notoriously difficult to reverse and aligns with broader findings on shrinking regions (Wiechmann & Pallagst, 2012). Notably, demographic decline here functions not only as an outcome of structural shock but also as a binding constraint on future recovery potential, directly undermining regional resilience and the ability to deploy the productive transformation strategies envisaged in the Just Transition Development Plan.

4.5 Fiscal impacts on local government

The lignite phase-out has also generated significant fiscal pressures at the municipal level. The collapse of the Local Development Levy (LDL), a revenue mechanism tied to lignite extraction, created a substantial fiscal gap for local authorities. The Municipality of Kozani, for example, recorded an approximate 40% decline in LDL revenues between 2019 and 2022 (Dimitriou & Lamprinidis, 2022). This fiscal contraction occurs precisely when demand for social support is rising, producing a growing mismatch between local needs and institutional capacity. Consequently, the transition entails not only an economic shock but also a localised fiscal crisis that further strains governance effectiveness and accentuates intergovernmental imbalances.

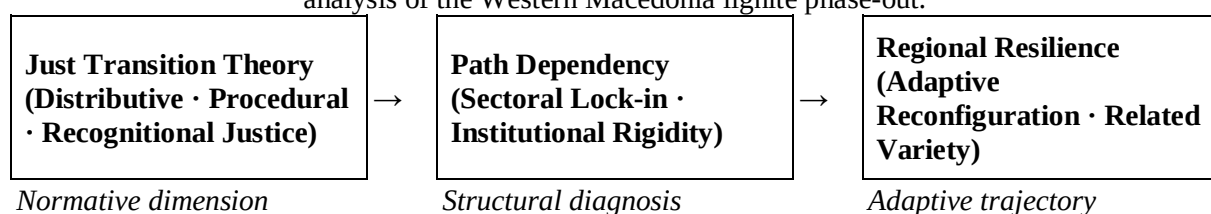
4.6 Renewable energy as a partial developmental substitute

Western Macedonia possesses considerable renewable energy potential, including high solar irradiation, favourable wind resources and extensive post-mining lands suitable for utility-scale deployment. The expansion of renewable installations, however, has limited capacity to offset job losses. According to IRENA (2023), renewable installations generate five to eight times fewer permanent jobs per megawatt than lignite operations. Moreover, in the absence of local content requirements or integrated regional value chains, a significant share of the economic benefits risks leaking out of the territory through equipment imports, externally located project management and capital flows. This dynamic echoes the resource curse literature (Auty, 1993), which underlines that resource abundance alone does not guarantee local development in the absence of appropriate institutional frameworks and a strategic industrial policy capable of anchoring economic returns within the region.

4.7 Conceptual model and synthesis of findings

Figure 1 presents the conceptual model that emerges from the empirical analysis. It connects the three theoretical perspectives outlined in Section 2 to the empirical dynamics observed in Sections 4.2–4.6, illustrating how the just transition normative framework, path dependency and regional resilience jointly shape the trajectory of Western Macedonia.

Figure 1: Conceptual model linking just transition, path dependency and regional resilience in the analysis of the Western Macedonia lignite phase-out.



Source: Author's elaboration. Note: Arrows indicate the sequencing from normative principles through structural diagnosis to adaptive trajectories; they do not represent strict causal relations.

The empirical findings can be synthesised in six interrelated points. First, Western Macedonia is the only Greek region recording a GVA decline over 2013–2023, diverging by more than 46 percentage points from the national trend. Second, the GVA contraction is heavily concentrated in the mining and energy sector, with a 58.1% collapse that confirms the presence of a localised sectoral shock. Third,

path dependency is empirically validated through extreme sectoral concentration, with a Location Quotient of approximately 10.98 and a sectoral share of 55% in 2013. Fourth, labour market impacts are structural, characterised by skill mismatches and entrenched long-term unemployment. Fifth, demographic decline and brain drain operate as amplifiers of regional vulnerability rather than as residual effects. Sixth, renewable energy expansion in its current form is insufficient to ensure full economic substitution, underscoring the need for broader productive diversification. Table 4 brings together the headline indicators used in the empirical analysis.

Table 4: Summary of key empirical indicators for Western Macedonia, 2013–2023.

Indicator	Value 2013	Value 2023	Change
Total GVA (€ million)	4,507	3,510	–22.1%
Sectoral GVA, NACE B–E (€ million)	2,476	1,038	–58.1%
Share of national B–E GVA	11.1%	3.6%	–7.5 p.p.
B–E share of regional GVA	55.0%	29.6%	–25.4 p.p.
Cumulative population change (vs. 2011)	—	approx. –17%	—
JTF commitment rate (2024)	—	approx. 39%	—
JTF disbursement rate (2024)	—	12–18%	—

Source: ELSTAT (2024); European Commission (2024); Ministry of Environment and Energy (2023); TEE/TDM (2012; 2018); author's compilation.

5. Discussion

5.1 Evaluating the Just Transition Development Plan

The Just Transition Development Plan (JTDP) for Western Macedonia is the central policy instrument governing the transition process. It identifies four priority sectors—renewable energy, tourism, agri-food, and the digital economy—while leveraging the financial architecture of the Just Transition Fund. Despite its strategic coherence and multi-level governance design, the plan exhibits four structural weaknesses. There is a clear asymmetry between policy ambition and implementation capacity, exemplified by the target of creating more than 30,000 new jobs by 2030, which appears disproportionate to the region's productive capabilities and demographic dynamics. The absence of a comprehensive and targeted reskilling strategy constrains labour market adaptability and limits the relevance of related variety as an organising principle of diversification. Local community engagement remains limited, undermining procedural justice and local ownership of the transition. Finally, the lack of a robust monitoring and evaluation framework reduces accountability and the adaptive capacity of the policy itself. Table 5 summarises the strategic strengths and weaknesses of the plan in a SWOT format.

Table 5: SWOT analysis of the Just Transition Development Plan for Western Macedonia.

Dimension	Strengths	Weaknesses
Internal	Clear sectoral priorities; strong financial backing; multi-level governance framework	Ambition–capacity mismatch; weak reskilling framework; limited social participation
External	EU support; high RES potential; tourism and cultural assets	Bureaucratic barriers; cross-regional competition; demographic decline

Source: Author's compilation based on the Just Transition Development Plan (2021).

Overall, the JTDP reflects a strategically coherent but operationally constrained policy framework, raising concerns about its effectiveness in delivering a genuinely just transition. Bridging this gap between strategic ambition and operational delivery requires sustained institutional investment, not only at the regional level but also in the vertical coordination between European, national and local actors.

5.2 Governance and institutional capacity

Institutional capacity constraints manifest across three interrelated dimensions. At the regional level, administrative bodies face shortages of specialised staff capable of managing complex EU-funded programmes, which limits absorption capacity. At the inter-institutional level, coordination failures arise from overlapping mandates among the Region of Western Macedonia, the Ministry of Environment and Energy, the Public Power Corporation, the Regulatory Authority for Energy and regional development agencies, resulting in fragmentation and implementation delays. At the societal level, social dialogue remains weak and predominantly consultative, with limited substantive participation from trade unions and local communities. These dynamics reflect a broader pattern of governance fragmentation that simultaneously undermines policy effectiveness and democratic legitimacy.

5.3 Comparative perspective: lessons from European transition cases

A comparative analysis with three European transition regions—Ruhr (Germany), Silesia (Poland) and Lusatia (Germany)—reveals critical structural differences in transition planning and execution. Table 6 summarises the comparison along six dimensions.

Table 6: Comparative analysis of selected European transition regions.

Criterion	Western Macedonia	Ruhr	Silesia	Lusatia
Primary fuel	Lignite	Hard coal	Hard coal	Lignite
Transition duration	~9 years	~40 years	~35 years	~20 years
Public funding (cumulative)	~€3 bn	~€250 bn	~€5 bn	~€40 bn
Institutional capacity	Low	High	Medium	High
Social dialogue	Fragmented	Structured	Conflictual	Structured
Outcome to date	Ongoing	Partial success	Ongoing	Ongoing

Source: Author's compilation based on Galgóczi (2019), Oei et al. (2020), Stäbler & Grunwald (2022).

The comparison highlights a dual structural deficit in the Greek case: compressed transition timelines and constrained institutional capacity. Successful transitions tend to be characterised by long-term planning horizons and robust institutional coordination, conditions that are only partially met in Western Macedonia. The contrast with Ruhr and Lusatia is particularly instructive, as both regions combined substantial financial commitments with extended timeframes and well-developed structures of social dialogue, factors that helped to cushion the social costs of restructuring even where economic outcomes remained mixed. Comparative evidence from the World Bank (2018) on coal mine closure programmes worldwide reaches a convergent conclusion: durable just-transition outcomes depend less on the absolute amount of resources mobilised than on the quality of pre-closure planning, the integration of labour market measures with regional industrial policy, and the sustained engagement of affected communities throughout the implementation cycle.

5.4 Policy gaps and strategic interventions

The empirical findings translate into a set of identifiable policy gaps that require targeted intervention. Table 7 maps the principal gaps onto recommended interventions and indicative time horizons.

Table 7: Policy gaps and recommended interventions for the Western Macedonia transition.

Policy gap	Diagnosis	Recommended intervention	Time horizon
Employment deficit	15,000–20,000 jobs at risk over the transition	Green Industrial Zone; Social Transition Enterprises	Medium-term
Reskilling	Fragmented programmes; persistent skill mismatch	Just Transition Skills Centre	Short-term
Demographics	Brain drain; population ageing	Retention incentives; digital infrastructure	Immediate
Absorption capacity	Commitment rate ~39%; disbursement 12–18% (2024)	Dedicated JTF Implementation Unit	Immediate
Land use	Extensive idle post-mining lands	Integrated land rehabilitation plan	Long-term

Source: Author's compilation.

Collectively, these recommendations point to the need for a fundamental shift from a sectoral substitution model toward a place-based productive transformation strategy, focused on local value creation, institutional strengthening and social inclusion. Such a strategy aligns with the evolutionary resilience literature, but its implementation depends on a credible and sustained institutional commitment that transcends short-term political cycles and electoral horizons.

6. Conclusions

The study examined the lignite phase-out in Western Macedonia through an integrated analytical lens that combines just transition theory, path dependency and regional resilience. Five core conclusions emerge from the analysis. First, seven decades of lignite-dependent development have created deep institutional, economic and social lock-ins that render the transition structurally constrained rather than merely administratively challenging. Second, the pace of transition, with a 2028 target horizon, significantly exceeds the region's absorption and adaptive capacity. In contrast to European cases where transitions unfolded over several decades, the Greek context represents a compressed transition that heightens adjustment costs and social risks. Third, the expansion of renewable energy sources does not compensate, either quantitatively or qualitatively, for the jobs lost. The estimated deficit of 15,000–20,000 jobs demonstrates that a transition can be environmentally sustainable without being socially just. Fourth, although financial resources are substantial, they are not sufficient on their own. Commitment rates approaching 39% combined with disbursement rates of only 12–18% confirm that institutional capacity, rather than funding availability per se, acts as the primary binding constraint on transition effectiveness (European Commission, 2024; Ministry of Environment and Energy, 2023). Fifth, the region possesses significant developmental potential—renewable resources, infrastructure and land availability—but realising that potential requires coherent, long-term, place-based policy interventions that transcend electoral cycles.

The contribution of the paper is threefold. It provides rare empirical evidence from a Southern European lignite-dependent region, addressing a clear geographical gap in just transition scholarship, which has predominantly focused on Central and Northern Europe. It advances a conceptual integration of just transition, path dependency and regional resilience, demonstrating how structural lock-ins and limited adaptive capacity jointly shape transition outcomes. And it introduces the concept of a compressed transition under institutional constraints, offering a novel analytical framework for understanding rapid phase-out processes in regions with limited intergovernmental capacity. Table 8 summarises the consolidated policy recommendations that emerge from the analysis.

Table 8: Consolidated policy recommendations across governance levels and priorities.

#	Policy measure	Time horizon	Governance level	Priority
1	Dedicated JTF Implementation Unit	Immediate	Regional	Critical
2	Fast-track RES permitting	Immediate	National	Critical
3	Just Transition Skills Centre	Immediate	Regional	Critical
4	Green Industrial Zone	Medium-term	National/Regional	High
5	Social Transition Enterprises	Medium-term	Regional	High
6	Youth Retention Package	Medium-term	National/Regional	High
7	Transition Governance Council	Medium-term	Regional	Moderate
8	Land Rehabilitation Master Plan	Long-term	National	Moderate
9	Smart Specialisation Strategy (RIS3)	Long-term	Regional	Moderate
10	JTDP Review (2026)	Long-term	Regional/EU	Moderate

Source: Author's compilation.

Several limitations open avenues for further research. Future work should focus on micro-level analysis at the household and firm level, ex post evaluation of reskilling policies, qualitative approaches to the social and psychological dimensions of transition, comparative analysis with Southeast European coal regions, and the evolving role of local governments as transition agents. Taken together, these directions point to a research agenda that complements the macro-level perspective adopted in this study with finer-grained micro and meso-level evidence.

The central conclusion of the analysis is straightforward yet critical: a green transition is not inherently a just transition. Justice does not automatically follow decarbonization; it is the product of deliberate policy choices concerning employment, social protection, institutional capacity and long-term regional development. Responsibility is therefore distributed across all levels of governance—European, national and regional—and demands coordinated action so that the transition does not exacerbate existing inequalities but instead serves as a catalyst for inclusive and sustainable regional development.

Three broader implications follow from this conclusion. First, transition policy design in fossil-fuel-dependent regions should be evaluated not only by the speed of decommissioning or by aggregate fund commitments but also by the degree to which it strengthens local productive capabilities, retains human capital and embeds democratic participation. Second, the Western Macedonia case suggests that the European Union's climate ambition needs to be matched by parallel investments in institutional capacity at the regional level, particularly in regions historically lacking robust technocratic structures. Third, the experience of compressed transitions under institutional constraints points to a research agenda focused on the time-dynamics of regional restructuring, including the conditions under which short policy horizons produce path-breaking transformations rather than reinforcing path-dependent decline. The empirical material presented here, combined with the proposed analytical framework, contributes a Southern European reference point to that emerging research programme.

Acknowledgments

The authors would like to express their sincere gratitude to the University of Western Macedonia for its financial support and institutional assistance throughout this research.

References

- Arthur, W. B. (1989). Competing technologies, increasing returns, and lock-in by historical events. *Economic Journal*, 99(394), 116–131.
- Auty, R. M. (1993). *Sustaining development in mineral economies: The resource curse thesis*. London: Routledge.
- Boschma, R. (2015). Towards an evolutionary perspective on regional resilience. *Regional Studies*, 49(5), 733–751.
- Boschma, R., & Martin, R. (2010). *The handbook of evolutionary economic geography*. Cheltenham: Edward Elgar.
- Creswell, J. W., & Plano Clark, V. L. (2018). *Designing and conducting mixed methods research* (3rd ed.). Thousand Oaks, CA: SAGE.
- Cumbers, A., Helms, G., & Swanson, K. (2010). Class, agency and resistance in the old industrial city. *Antipode*, 42(1), 46–73.
- David, P. A. (1985). Clio and the economics of QWERTY. *American Economic Review*, 75(2), 332–337.
- Dimitriou, D., & Lamprinidis, L. (2022). Local fiscal impacts of energy transition in lignite regions. *Aeichoros*, 37, 88–112.
- European Commission (2024). *Just Transition Fund: Implementation progress report*. Brussels: Directorate-General for Regional and Urban Policy.
- Galgóczi, B. (2019). Just transition and social dialogue: Towards a socially just decarbonisation. *European Journal of Industrial Relations*, 25(4), 367–382.
- Gkouliaveras, V., Kalogiannidis, S., Kalfas, D., Papaklonari, A., & Kontsas, S. (2026). Climate Change and Health Systems: A Scoping Review of Health Professionals' Perceptions and Readiness for Action. *Climate*, 14(1), 12. <https://doi.org/10.3390/cli14010012>
- Hassink, R. (2010). Regional resilience: A promising concept to explain differences in regional economic adaptability? *Cambridge Journal of Regions, Economy and Society*, 3(1), 45–58.
- Hellenic Statistical Authority (ELSTAT) (2011). *Population and Housing Census 2011*. Piraeus: ELSTAT.
- Hellenic Statistical Authority (ELSTAT) (2022). *Population and Housing Census 2021*. Piraeus: ELSTAT.
- Hellenic Statistical Authority (ELSTAT) (2024). *Regional accounts and labour force survey, 2013–2023*. Piraeus: ELSTAT.
- IEA (2021). *Net zero by 2050: A roadmap for the global energy sector*. Paris: International Energy Agency.
- ILO (2015). *Guidelines for a just transition towards environmentally sustainable economies and societies for all*. Geneva: International Labour Organization.
- IOBE (2019). *The economic footprint of the energy sector in Greece*. Athens: Foundation for Economic and Industrial Research.
- IRENA (2023). *Renewable energy and jobs: Annual review 2023*. Abu Dhabi: International Renewable Energy Agency.
- Just Transition Development Plan (JTDP) (2020). *Just Transition Development Plan for the lignite areas of Greece*. Athens: Coordination Committee for the Just Development Transition.
- Kalfas D, Kalogiannidis S, Papaevangelou O, Melfou K, Chatzitheodoridis F. (2024). Integration of Technology in Agricultural Practices towards Agricultural Sustainability: A Case Study of Greece. *Sustainability*. 2024; 16(7):2664. <https://doi.org/10.3390/su16072664>
- Kalogiannidis, S., Syndoukas, D., 2024. The impact of agricultural extension services on farm output: A worldwide viewpoint. *Research on World Agricultural Economy*. 5(1), 96–114.
- Kalogiannidis, S., Kalfas, D., Chatzitheodoridis, F. The Impact of Collaborative Communication on the Physical Distribution Service Quality of Soft Drinks: A Case Study of Beverage Manufacturing Companies in Greece. *Beverages* 2022, 8, 47. <https://doi.org/10.3390/beverages8030047>
- Kontsas, S., Kalfas, D., Kalogiannidis, S., & Patitsa, C. (2025). The evolution of AI-driven marketing strategies: Implications for sustainable brand building and customer loyalty. In M. Chalaris, C. Patitsa, & S. Kalogiannidis (Eds.), *Navigating the future: Embracing advances in AI and digital*

- transformation and seamlessly integrating ESG across sectors (1st ed., Ch. 11, pp. 181–198). Nova Science Publishers, Inc. <https://doi.org/10.52305/WJEZ1768>
- Martin, R., & Sunley, P. (2015). On the notion of regional economic resilience: Conceptualization and explanation. *Journal of Economic Geography*, 15(1), 1–42.
- Mavridis, S. (2019). *Energy heartland: Lignite, power and society in Western Macedonia*. Thessaloniki: University Studio Press. 66)
- Mavrommati, A., Kazanas, T., Pliakoura, A., Kalogiannidis, S., Chatzitheodoridis, F..(2024) An Empirical Study on Tourism and Economic Growth in Greece: An Autoregressive Distributed Lag Boundary Test Approach. *WSEAS Transactions on Business and Economics*. 2024;21:588-602. 10.37394/23207.2024.21.49
- Ministry of Environment and Energy (2019). *National Energy and Climate Plan 2030*. Athens: YPEN.
- Ministry of Environment and Energy (2023). *Progress report on the implementation of the Just Development Transition Plan*. Athens: YPEN.
- Moretti, E. (2010). Local multipliers. *American Economic Review*, 100(2), 373–377.
- Oei, P. Y., Brauers, H., & Herpich, P. (2020). Lessons from Germany's hard coal mining phase-out. *Energy*, 196, 117–140.
- Papaevangelou O, Syndoukas D, Kalogiannidis S, Chatzitheodoridis F. (2024). Efficacy of embedding IT in human resources (HR) practices in education management. *Journal of Infrastructure, Policy and Development*. 8(1): 2371. <https://doi.org/10.24294/jipd.v8i1.2371>
- Pirani, S. (2018). *Burning up: A global history of fossil fuel consumption*. London: Pluto Press.
- Stäbler, M., & Grunwald, A. (2022). Structural change in the Lusatia region: Pathways toward a post-coal future. *Regional Studies*, 56(3), 412–425.
- TEE/TDM (2012). *The lignite sector and the economy of Western Macedonia*. Kozani: Technical Chamber of Greece, Western Macedonia Department.
- TEE/TDM (2018). *Energy transition and economic restructuring in Western Macedonia*. Kozani: Technical Chamber of Greece, Western Macedonia Department.
- TEE/TDM (2021). *Assessment of lignite phase-out impacts in Western Macedonia*. Kozani: Technical Chamber of Greece, Western Macedonia Department.
- Tsiatsiou, E., Spinthiropoulos, K., Chaitidou, A., Kalogiannidis, S., & Georgitsi, M. (2026). Impact of Austerity Policies on the Correlation Between Public Sector Wages and Sustainable Productivity in Public Service. *Chall. Sustain.*, 14(1), 207–221
- Vezou M, Kalogiannidis S, Spinthiropoulos K, Chatzitheodoridis F and Maniadakis I (2026) Impact of human resource policies on the integration of administrative structures in Greek universities: a comparative study. *Front. Educ.* 11:1813526. doi: 10.3389/feduc.2026.1813526
- Wang, X., & Lo, K. (2021). Just transition: A conceptual review. *Geography Compass*, 15(8), e12597.
- Wiechmann, T., & Pallagst, K. M. (2012). Urban shrinkage in Germany and the USA: A comparison of transformation patterns and local strategies. *International Journal of Urban and Regional Research*, 36(2), 261–280.
- World Bank (2018). *Managing coal mine closure: Achieving a just transition for all*. Washington, DC: World Bank Group.
- Yin, R. K. (2018). *Case study research and applications: Design and methods* (6th ed.). Thousand Oaks, CA: SAGE.

ACTUAL PROBLEMS OF SMALL AND MEDIUM-SIZED BUSINESSES IN THE CONTEXT OF GLOBALIZATION**Assoc., Ph.D. Vüqar Nazarov**

Azerbaijan University of Tourism and Management, Economics

ORCID NO: 0000-0001-9856-7184

Teacher Leyla Mustafazade

Azerbaijan University of Tourism and Management, Economics

ORCID NO: 0009-0006-7338-1766

ABSTRACT

The development of the world economy at the modern stage is characterized by a high pace of globalization. The process of globalization implies the internationalization of social, economic, political and cultural processes. Globalization of the world economy leads to a change in the nature of the production process. Currently, globalization is characterized by the following features: intensive development of the technical and economic potential of countries; deepening of the international division of Labor; change in quality indicators in the financial market; high pace of development of transnational corporations; development of telecommunication facilities. In the global economy, small and medium-sized enterprises (SMEs) play one of the key roles in ensuring sustainable economic growth and increasing employment. SMEs contribute to the innovation and commercialization of new technologies, actively participate in the development of socially significant sectors of the economy. However, despite their significant contribution, small and medium-sized businesses face a number of serious problems, such as limited financial resources, a high tax burden and a complex regulatory and legal environment. In many countries, various measures of state support are being introduced aimed at strengthening the positions of SMEs, including preferential lending, tax benefits and export support. Considerable attention is paid to the development of this sector in the Republic of Azerbaijan, which contributes to the gradual strengthening of its role in the economy through the application of international experience and active state support in our country. Continuing to explore the mechanisms of adaptation of small and medium-sized businesses to changing market conditions in order to increase their competitiveness in the international arena is one of the extremely important issues. The article analyzes the role of small and medium-sized businesses in the economic development of countries, challenges and opportunities for SMEs in the context of globalization, strategies for adapting SMEs to the conditions of the global economy.

Keywords: Small and medium-sized enterprises, Globalization, Global economy, The number of micro, small and medium-sized enterprises in operation, the number of newly registered micro, small and medium-sized enterprises, the number of liquidated micro, small and medium-sized enterprises, the main macroeconomic indicators of micro, small and medium-sized enterprises.

1. GİRİŞ

Küçük və orta sahibkarlıq (KOS) müasir dövlətlərin iqtisadi inkişafında mühüm rol oynayır, yenilik, iş yerlərinin yaradılması və əhalinin həyat səviyyəsinin yüksəldilməsi üçün əsas rollardan birini oynayır. Qloballaşma şəraitində, ölkələr arasında iqtisadi əlaqələrin getdikcə sıxlaşdığı bir vaxtda KOS-ların rolu yeni əhəmiyyət kəsb edir. Bu müəssisələr təkcə milli səviyyədə iqtisadi artıma deyil, həm də ölkələrin dünya iqtisadiyyatına inteqrasiyasına töhfə verir, texnologiya, mal və xidmətlərin qarşılıqlı faydalı mübadiləsi üçün şərait yaradır. Məsələnin aktuallığı kiçik və orta müəssisələrin qlobal iqtisadiyyatın yeni şərtlərinə uyğunlaşdırılması zərurəti ilə əlaqədardır. Beynəlxalq bazarlarla qarşılıqlı əlaqə KOS-lardan çeviklik, yenilik və xarici mühitin problemlərinə effektiv cavab vermək bacarığını tələb edir. Bundan əlavə, artan rəqabət və iqtisadi proseslərin qeyri-sabitliyi şəraitində kiçik və orta sahibkarlığın rəqabət qabiliyyətini qorumağa və inkişafını davam etdirməyə imkan verən dövlət dəstəyinə ehtiyacı duyulur. Tədqiqatın məqsədi qlobal iqtisadiyyatda kiçik və orta sahibkarlığın rolunu nəzərdən keçirmək, bu sektorun üzləşdiyi problem və imkanları təhlil etmək, həmçinin dəyişən bazar şəraitinə uyğunlaşmaq üçün effektiv strategiyaları müəyyənləşdirməkdir.

2. TƏDQİQAT METODLARI

2.1. Kiçik və orta sahibkarlığın ölkələrin iqtisadi inkişafında rolu

Kiçik və orta müəssisələr (KOS) müxtəlif ölkələrin iqtisadi və sosial sahələrində mühüm rol oynayır. Bu müəssisələr dəyişən bazar şərtlərinə çevik cavab verməyə imkan verən geniş çeşidli məhsul və xidmətlər təklif edərək istehlakçıların böyük bir hissəsinə xidmət göstərir. İstehsal imkanlarını məhdudlaşdıran aşağı səviyyəli maliyyə mənbələrinə baxmayaraq, KOS-lar tez-tez yeni texnologiyaların və həllərin kommersiyalaşdırılmasına töhfə verən "yenilik mühərriklərinə" çevrilirlər. Bununla birlikdə, məhdud mənbələr tez-tez maliyyəcəhdədən qeyri-sabitliyinə və bu cür müəssisələrin qısa həyat dövrünə səbəb olur. Kiçik və orta müəssisələr bazar iqtisadiyyatında mərkəzi yer tutur. Bunlar özəl sahibkarlığın əhəmiyyətli bir hissəsini təşkil edir ki, bu da onları cəmiyyətin iqtisadi və siyasi inkişafında mühüm iştirakçıdır. Qlobal kontekstdə inkişaf etmiş ölkələrin post-sənaye iqtisadiyyatı ilə təcrübəsi göstərir ki, KOS-lar iqtisadi artıma əhəmiyyətli dərəcədə töhfə verir, sosial məsələlərin həllinə kömək edir və məşğulluq səviyyəsini artırır. Bu müəssisələr həm işçilərin sayına, həm də istehsal olunan məhsul və xidmətlərin həcminə görə iqtisadiyyatın bəzi sahələrində həlledici rol oynayır. Bu baxımdan kiçik və orta sahibkarlığa dövlət dəstəyi məsələləri böyük əhəmiyyət kəsb edir. Cədvəl 1-də iqtisadi cəhətdən inkişaf etmiş ölkələrdə KOS-ların tənzimlənməsi və dəstəklənməsi ilə məşğul olan əsas qurumlar təqdim olunub.

Ölkələr	Tənzimləmə və dəstək orqanları	Kiçik və orta sahibkarlığın inkişafına fərdi dəstək tədbirləri
* Avropa İttifaqı	- Şirkətlərin yaxınlaşması bürosu; - Sahibkarlıq və nou-hau mərkəzləri; - İqtisadiyyat Nazirliyinin kiçik və orta biznes şöbəsi	- KOS subyektlərinə bir sıra xidmətlərin göstərilməsi (kadr hazırlığı, məhsul təşviqi, texnologiyalar); - Güzəştli kreditlərin, françayzinqin, subpodratların verilməsi; - Vergi güzəştləri; - Müəssisələrə dəstək
* Böyük Britaniya	- Kiçik biznes üzrə Nazirlik; - Kiçik firmaların xidmətləri; - Yerli agentliklər; - Əmək mərkəzləri; - KOS-ların inkişafını təşviq etmək üçün təşəbbüs qrupları	- Məsləhət xidmətlərinin göstərilməsi və elmi-texniki məlumatların təqdim edilməsi; - Startaplara yardım; - Cəmiyyətin KOS sektoruna müsbət münasibətinin tənzimlənməsi və formalaşdırılması
* ABŞ	- Nümayəndələr Palatasında və Senatda Komitələr; - Federal nazirliklərdə KOS dəstəyi üçün struktur bölmələr; - KOS-lar üzrə işləri idarəsi	- KOS-un tənzimlənməsi üzrə dövlət orqanlarının və ictimai təşkilatların hərəkətlərinin əlaqələndirilməsi; - KOS inkişaf mərkəzlərinin təşkili
* Yaponiya	- Xarici ticarət və Sənaye Nazirliyi yanında kiçik və orta sahibkarlıq şurası və regional xidmətlər; - Kiçik biznes investisiya şirkətləri; - Kreditlər üzrə Zəmanət Birliyi; - Ədalətli əməliyyatlar (əqdlər) komissiyası	- İstehsalın inkişafına dəstək

* Cənubu Koreya	- Dövlət icra hakimiyyəti orqanları; - Koreya Fərdi Bankı; - Mülki Milli Bank; - Koreya Kredit Zəmanət Fondu; - Koreya Kiçik Biznes xarici ticarət birliyi	- Kiçik müəssisələrə kredit zəmanətlərinin verilməsi; - Kiçik müəssisələrdə yeni texnologiyaların tətbiqinə kömək göstərilməsi; - Kiçik müəssisələrin məhsullarının ixracının stimullaşdırılması, bazarın araşdırılması, sahibkarlara məlumat verilməsi, dünya bazarına çıxmaqda kömək, gömrük sənədlərinin hazırlanmasında kömək, vergi və rüsumlar barədə tövsiyələr

Cədvəl 1. Bəzi iqtisadi cəhətdən inkişaf etmiş ölkələrdə KOS-ların tənzimlənməsi və dəstəklənməsi ilə məşğul olan əsas qurumlar [16]

Aparılan təhlil nəticəsində məlum olur ki, inkişaf etmiş dövlətlərin əksəriyyətində kiçik və orta sahibkarlığın dəstəklənməsi və inkişafı vəzifəsi olan ixtisaslaşmış təşkilatlar fəaliyyət göstərir. Bu strukturlar KOS subyektlərinin inkişafına kömək etmək üçün hazırlanmış müxtəlif vasitələrə malikdir. Son vaxtlar özəl sektorun KOS-ların inkişafı ilə bağlı dövlət siyasətinin hazırlanması prosesinə cəlb edilməsi istiqamətində artan tendensiya müşahidə olunur. Dövlət-özəl tərəfdaşlıq getdikcə daha çox əhəmiyyət kəsb edir ki, bu da sahibkarlığı dəstəkləmək üçün qabaqcıl metodların tətbiqinə kömək edir. Qanunvericilik sahəsində də əhəmiyyətli dəyişikliklər baş vermişdir: kiçik və orta sahibkarlığın tənzimlənməsinə və dəstəklənməsinə yönəlmiş yeni qaydalar qəbul edilmişdir. Xarici təcrübənin yerli praktikada tətbiqi nəticəsində müsbət təsir nəzərə çarpır ki, bu da bütövlükdə ölkə iqtisadiyyatının güclənməsinə, xüsusən də kiçik və orta sahibkarlığın inkişafına kömək edir. Bazar haqqında tam və etibarlı məlumatların olmaması, məsləhət və təlim xidmətləri sisteminin aşağı inkişaf səviyyəsi, binalara giriş və yüksək kirayə ilə bağlı problemlər, habelə mükəmməl olmayan normativ-hüquqi baza - bütün bunlar kiçik biznesin inkişafı üçün əlavə maneələr yaradır. Beləliklə, kiçik və orta sahibkarlığın inkişafı kompleks yanaşma və fəal dövlət dəstəyi tələb edir. Bu, iqtisadi artım üçün sabit bir zəmin yaradacaq, məşğulluğu artıracaq və əhalinin həyat keyfiyyətini yaxşılaşdıracaqdır [16].

2.2. Qloballaşma şəraitində KOS-lar üçün çağırışlar və imkanlar

KOS-larla bağlı çağırışlar və imkanların daha dolğun müəyyənəşdirilməsi üçün ölkəmizdə bəzi statistik göstəricilərə nəzər salaq.

Göstəricilər/ İllər	Sahibkarlıq subyektlərinin ümumi sayı, o cümlədən:	Mikro sahibkarlıq subyektlərinin sayı	Kiçik sahibkarlıq subyekti olan müəssisələrin sayı	Orta sahibkarlıq subyekti olan müəssisələrin sayı
2020	316370	307717	5943	2710
2021	355906	346171	6856	2879
2022	377842	366944	7760	3138
2023	401149	389133	8610	3406
2024	424437	410913	9737	3787

Cədvəl 2. Fəaliyyətdə olan mikro, kiçik və orta sahibkarlıq subyektlərinin sayı [14, 15]

Cədvəl 2-də 2020-2024-cü illərdə Azərbaycan Respublikasında fəaliyyətdə olan mikro, kiçik və orta sahibkarlıq subyektlərinin sayı təqdim olunub. Həmin cədvəldən qeyd etmək lazımdır ki, 2020-ci il ilə müqayisədə 2024-cü ildə sahibkarlıq subyektlərinin ümumi sayı 108067 vahid, yaxud 34.2% artmışdır. O cümlədən, 2020-ci il ilə müqayisədə 2024-cü ildə mikro sahibkarlıq subyektlərinin sayı 103196 vahid, yaxud 33.5% artmışdır; 2020-ci il ilə müqayisədə 2024-cü ildə kiçik sahibkarlıq subyektlərinin sayı

3794 vahid, yaxud 63.8% artmışdır; 2020-ci il ilə müqayisədə 2024-cü ildə orta sahibkarlıq subyektlərinin sayı 1077 vahid, yaxud 39.7% artmışdır. 2020-ci il ilə müqayisədə kiçik sahibkarlıq subyekti olan müəssisələrin sayının sahibkarlıq subyektlərinin ümumi sayında xüsusi çəkisi 0.4% artmışdır. 2020-ci il ilə müqayisədə orta sahibkarlıq subyekti olan müəssisələrin sayının sahibkarlıq subyektlərinin ümumi sayında xüsusi çəkisi eyni olaraq qalmışdır (0.9%) [14, 15].

Göstəricilər/ İllər	Yeni qeydə alınmış sahibkarlıq subyektlərinin ümumi sayı, o cümlədən:	Yeni qeydə alınmış mikro sahibkarlıq subyektlərinin sayı	Yeni qeydə alınmış kiçik sahibkarlıq subyekti olan müəssisələrin sayı	Yeni qeydə alınmış orta sahibkarlıq subyekti olan müəssisələrin sayı
2020	167475	167271	161	43
2021	118719	118537	138	44
2022	121737	121308	363	66
2023	125159	124247	775	137
2024	99049	98121	839	89

Cədvəl 3. Yeni qeydə alınmış mikro, kiçik və orta sahibkarlıq subyektlərinin sayı [14, 15]

Cədvəl 3-də 2020-2024-cü illərdə Azərbaycan Respublikasında yeni qeydə alınmış mikro, kiçik və orta sahibkarlıq subyektlərinin sayı təqdim olunub. Həmin cədvəl əsasında qeyd olunmalıdır ki, 2020-ci il ilə müqayisədə 2024-cü ildə yeni qeydə alınmış sahibkarlıq subyektlərinin ümumi sayı 68426 vahid, yaxud 40.9% azalmışdır. O cümlədən, 2020-ci il ilə müqayisədə 2024-cü ildə yeni qeydə alınmış mikro sahibkarlıq subyektlərinin sayı 69150 vahid, yaxud 41.3% azalmışdır; 2020-ci il ilə müqayisədə 2024-cü ildə yeni qeydə alınmış kiçik sahibkarlıq subyektlərinin sayı 678 vahid, yaxud 421.1% artmışdır; 2020-ci il ilə müqayisədə 2024-cü ildə yeni qeydə alınmış orta sahibkarlıq subyektlərinin sayı 46 vahid, yaxud 107% artmışdır. Təhlil olunan dövrdə yeni qeydə alınmış kiçik və sahibkarlıq subyektlərinin sayının artımı müsbət tendensiya [14, 15].

Göstəricilər/ İllər	Ləğv edilmiş sahibkarlıq subyektlərinin ümumi sayı, o cümlədən:	Ləğv edilmiş mikro sahibkarlıq subyektlərinin sayı	Ləğv edilmiş kiçik sahibkarlıq subyekti olan müəssisələrin sayı	Ləğv edilmiş orta sahibkarlıq subyekti olan müəssisələrin sayı
2020	22572	22545	19	8
2021	12011	11993	12	6
2022	57734	57695	30	9
2023	21000	20952	36	12
2024	24976	24951	22	3

Cədvəl 4. Ləğv edilmiş mikro, kiçik və orta sahibkarlıq subyektlərinin sayı [14, 15]

Cədvəl 4-də 2020-2024-cü illərdə Azərbaycan Respublikasında ləğv edilmiş mikro, kiçik və orta sahibkarlıq subyektlərinin sayı təqdim olunub. Həmin cədvəldən qeyd etmək lazımdır ki, 2020-ci il ilə müqayisədə 2024-cü ildə ləğv edilmiş sahibkarlıq subyektlərinin ümumi sayı 2404 vahid, yaxud 10.7% artmışdır. O cümlədən, 2020-ci il ilə müqayisədə 2024-cü ildə ləğv edilmiş mikro sahibkarlıq subyektlərinin sayı 2406 vahid, yaxud 10.7% artmışdır; 2020-ci il ilə müqayisədə 2024-cü ildə ləğv edilmiş kiçik sahibkarlıq subyektlərinin sayı 3 vahid, yaxud 15.8% artmışdır; 2020-ci il ilə müqayisədə 2024-cü ildə ləğv edilmiş orta sahibkarlıq subyektlərinin sayı 5 vahid, yaxud 62.5% azalmışdır. Təhlil olunan dövrdə ləğv edilmiş sahibkarlıq subyektlərinin ümumi sayının artımı təhlükəli tendensiya [14, 15]. Burada ləğv edilmiş kiçik sahibkarlıq subyektlərinin sayının artımı KOS-a mənfi təsir göstərə bilər. Müsbət məqam ondan ibarətdir ki, ləğv edilmiş orta sahibkarlıq subyektlərinin sayında azalma müşahidə edilir [14, 15].

Cədvəl 5-də KOS-ların mövcud çağırışlarını və imkanlarını daha ətraflı nəzərdən keçirək.

Çağırışlar	Təsvir	İmkanlar	Təsvir
Böyük korporasiyalarla rəqabət	KOS-lar çox vaxt böyük resurslara və miqyasa malik çoxmillətli korporasiyaların güclü rəqabəti ilə üzləşirlər	Satış bazarlarının genişləndirilməsi	Qloballaşma KOS-lara müştəri bazasını və gəlirlərini artıraraq beynəlxalq bazarlara çıxmağa imkan verir.
Məhdud maliyyə mənbələri	Maliyyə mənbələrinin kifayət qədər olmaması KOS-ların innovasiyalara, genişlənməyə və yeni şərtlərə uyğunlaşma qabiliyyətini məhdudlaşdırır	Beynəlxalq investisiyalara giriş	Qloballaşma beynəlxalq maliyyə bazarlarına və investisiya imkanlarına çıxış açır.
Tənzimləmə və hüquqi maneələr	KOS-lar beynəlxalq norma və standartlara riayət etməkdə çətinliklərlə üzləşə bilər ki, bu da yeni bazarlara çıxışı çətinləşdirir	Tərəfdaşlıq imkanları	Qloballaşma strateji alyansların və tərəfdaşlıqların inkişafına təkan verir ki, bu da KOS-ların bazardakı mövqeyini gücləndirə bilər
Xarici amillərdən asılılıq riskləri	Qloballaşma valyuta dəyişkənliyi və siyasi qeyri-sabitlik kimi beynəlxalq bazarlardakı dəyişikliklərdən asılılığı artırır	Təchizat mənbələrinin və bazarların şaxələndirilməsi	KOS-lar xammal mənbələrini və satış bazarlarını diversifikasiya edə, ayrı-ayrı bölgələrdən asılılığı azalda bilər
Mədəni və dil maneələri	Beynəlxalq bazarlarda işləmək mədəni fərqlərin nəzərə alınmasını və xarici dilləri bilməyi tələb edir ki, bu da əlavə çətinliklər yarada bilər	İnnovasiya potensialının gücləndirilməsi	Qloballaşma bilik və texnologiya mübadiləsini stimullaşdırır ki, bu da yeniliyə və KOS-ların rəqabət qabiliyyətini artırmağa kömək edir
İnformasiya və texnoloji riskləri	Yeni texnologiyaların tətbiqi və kiber təhlükəsizliyin təmin edilməsi KOS-lar üçün bahalı və mürəkkəb proses ola bilər	Rəqəmsal texnologiyaların inkişafı	Qloballaşma əməliyyat xərclərini azalda və idarəetmə proseslərini inkişaf etdirə biləcək rəqəmsal texnologiyaların yayılmasına kömək edir

Cədvəl 5. KOS-ların çağırışları və imkanları [16]

2.3. KOS-ların qlobal iqtisadiyyatın şərtlərinə uyğunlaşma strategiyaları

Azərbaycan Respublikasında kiçik və orta biznes müasir geosiyasi və iqtisadi çağırışlara fəal şəkildə uyğunlaşaraq onları yeni inkişaf imkanlarına çevirir. Sahibkarlar üçün perspektivli istiqamətlərdən biri beynəlxalq bazarlara çıxışdır. İxracatı uğurla mənimsəyən şirkətlər müştəri bazasını genişləndirmək, qabaqcıl iş təcrübələrini mənimsəmək və rəqabət qabiliyyətlərini artırmaq imkanı əldə edirlər. Xarici iqtisadi fəaliyyətin inkişafı brendlərin mövqeyini gücləndirməyə kömək edir və kiçik biznesin orta və iri biznesə çevrilməsi yolunda mühüm addım ola bilər.

İxrac yönümlü sahibkarlıq qeyri-xammal ixracının dəstəklənməsində mühüm rol oynayır. Kiçik və orta sahibkarlığın ixrac potensialının gücləndirilməsi onun iqtisadiyyata töhfəsini artırmağa imkan verir.

Statistik təhlillər əsasında qeyd olunmalıdır ki, qeydiyyatdan keçmiş kiçik və orta sahibkarlıq subyektlərinin sayı artmaqda davam edir, lakin onların yalnız kiçik bir hissəsi ixracla məşğuldur. Son illərdə ixracın inkişafı ilə bağlı mühüm vəzifələr dövlət səviyyəsində qoyulmuşdur. Bunların arasında qeyri-xammal ixracının əhəmiyyətli dərəcədə artması və müəssisələrin gəlirlərinin artması var. İxrac fəaliyyəti şirkətlərin məhsuldarlığını artırır və məqsədlərinə çatmağa kömək edir.

Beynəlxalq bazarlara çıxışın müsbət təsiri praktikada da təsdiqlənir. Qida məhsullarından yüksək texnoloji avadanlıqlara qədər müxtəlif malların istehsalında ixtisaslaşmış sahibkarlar ixrac sayəsində istehsal həcmində artdığını və maliyyə göstəricilərinin yaxşılaşdığını qeyd edirlər.

Dövlət dəstəyi xarici bazarlara uğurla çıxmaqda əsas rol oynayır. Logistika xərclərinin kompensasiyası, məhsul sertifikatı, beynəlxalq sərgilərdə iştirak və biznes missiyaları kimi müxtəlif dəstək tədbirləri ixrac potensialının inkişafına əhəmiyyətli təsir göstərir. Kiçik və orta müəssisələr, mümkün risklərin öhdəsindən gəlməyə və lazımı dövrü kapitalını təmin etməyə kömək edən maliyyə məhsullarından da faydalana bilərlər. İxracatçılar üçün təhsil və sürətləndirmə proqramları tələbi artırmağa davam edir. Bu cür proqramlar praktik bacarıqların inkişafına yönəldilir və sahibkarlara uğurlu ixrac strategiyaları hazırlamağa və həyata keçirməyə kömək edir. Nəticədə, biznes yalnız lazımı bilikləri deyil, həm də yeni bazarlara çıxmaq üçün real imkanlar əldə edir.

Qeyri-müəyyənlik vəziyyəti yüksək səviyyədə korrupsiya, zəif infrastruktur, yüksək vergilər və dövlət orqanlarının biznesə əsassız müdaxiləsi kimi bir sıra mənfi amillərin təsiri ilə kəskinləşir. Bu amillər kiçik biznesin "sağ qalmasına" və rəqabət qabiliyyətini saxlamasına kömək edən effektiv adaptiv idarəetmə modellərinin hazırlanması ehtiyacını stimullaşdırır.

Həm yerli, həm də xarici elmi tədqiqatlar "uyğunlaşma strategiyası" və "uyğunlaşma mexanizmi" anlayışlarının tərifinə müxtəlif yanaşmalar təklif edir.

Uyğunlaşma strategiyaları müəssisənin "sağ qalmasına" və inkişafına yönəlmiş passiv və aktiv tədbirləri əhatə edə bilər. Məsələn, passiv strategiyalara xərclərin azaldılması və xarici dəstəkdən asılılıq daxildir, aktiv strategiyalar isə yeni imkanlar tapmağa və innovasiyalara diqqət yetirir.

Yuxarıda göstərilənləri nəzərə alaraq, uyğunlaşma strategiyaları, biznesin xarici və daxili mühitdəki dəyişikliklərə uyğunlaşdırılmasına yönəlmiş ardıcıl hərəkətlər toplusu kimi qəbul edilə bilər. Böhran və ya qeyri-sabitlik şəraitində bu strategiyalar müəssisələrə bazarda canlı və rəqabətli olmağa kömək edir. Beləliklə, adaptiv strategiyalar daim dəyişən sosial-iqtisadi mənzərədə kiçik biznesin davamlı inkişafının təmin edilməsində əsas rol oynayır. Bundan əlavə, cədvəl 3 KOS-ların global iqtisadiyyatın şərtlərinə uyğunlaşdırılması strategiyalarının üstünlüklərini və çatışmazlıqlarını təqdim edəcəkdir.

Kategoriya	Üstünlükləri	Çatışmazlıqları
Bazar imkanlarının genişləndirilməsi	Beynəlxalq bazarlara çıxış, müştəri bazasının artırılması və gəlirlərin şaxələndirilməsi	Böyük beynəlxalq korporasiyaların yüksək rəqabət səviyyəsi, qiymətlərə və marjalara təzyiq
Rəqabət qabiliyyətinin artırılması	Qabaqcıl texnologiyaların tətbiqi, xərclərin azaldılması, məhsul keyfiyyətinin yaxşılaşdırılması	Rəqabət qabiliyyətini qorumaq üçün əhəmiyyətli marketing və brend investisiyalarına zəruriliyin olması
Qlobal mənbələrə və biliklərə giriş	Beynəlxalq kapital mənbələrinə, qabaqcıl texnologiyalara və biliklərə çıxış, biznes modellərinin təkmilləşdirilməsi	Beynəlxalq standartlara və normativlərə riayət etməkdə çətinliklər, bu da əhəmiyyətli xərc tələb edə bilər
İnnovasiya potensialının gücləndirilməsi	İnnovasiyaların stimullaşdırılması, yeni məhsul və xidmətlərin inkişafı, dəyişən bazar şəraitinə uyğunlaşma	Valyuta məzənnələrinin dəyişməsi, maliyyələşdirmə şərtlərinin dəyişməsi ilə əlaqəli maliyyə riskləri
Mədəni və dil maneələri	Beynəlxalq tərəfdaşlıqlar qurmaq və global təchizat	Anlaşılmazlıqlara və nüfuz risklərinə səbəb ola biləcək mədəni və dil maneələri

	zəncirlərində iştirak etmək imkanları	

Cədvəl 3. KOS-ların qlobal iqtisadiyyatın şərtlərinə uyğunlaşdırılması strategiyalarının üstünlükləri və çatışmazlıqları [10, 11, 12]

NƏTİCƏ VƏ TƏKLİFLƏR

Kiçik və orta sahibkarlıq qloballaşma şəraitində iqtisadi inkişafın ayrılmaz elementidir. Xarici çətinliklərə çevik uyğunlaşma və yenilikçi inkişafa töhfə vermək qabiliyyəti KOS-ları davamlı artımın vacib amilinə çevirir.

Maliyyə məhdudiyyətləri və inzibati çətinliklər kimi mövcud maneələrə baxmayaraq, dövlət dəstəyi və beynəlxalq təcrübə KOS sektorunun güclənməsinə kömək edir.

Qeyri-sabit iqtisadiyyat şəraitində KOS-ların dəyişikliklərə effektiv cavab verməsinə və rəqabət qabiliyyətini saxlamasına imkan verəcək uyğunlaşma strategiyalarının inkişafı xüsusi əhəmiyyət kəsb edir.

Gələcəkdə dəstək tədbirlərinin daha da təkmilləşdirilməsi və KOS-ların ixrac potensialının inkişafı tələb olunur ki, bu da onların milli və qlobal iqtisadiyyata təsirini artıracaqdır.

ƏDƏBİYYAT

1. Sahibkarlıq fəaliyyəti haqqında Azərbaycan Respublikasının Qanunu, Bakı, 15.12.92
2. Azərbaycan Respublikasında kiçik və orta sahibkarlıq səviyyəsində istehlak mallarının istehsalına dair Strateji Yol Xəritəsi, 06.12.2016
3. "Azərbaycan 2020: gələcəyə baxış" İnkişaf Konsepsiyası. Bakı, 29.12.2012
4. Azərbaycan 2030: sosial-iqtisadi inkişafa dair Milli Prioritetlər. Bakı, 02.02.2021
5. "Azərbaycan Respublikasının 2022-2026-cı illərdə sosial-iqtisadi inkişaf Strategiyası", Bakı şəhəri, 22.07.22
6. Кузьмина Е. Е. Организация предпринимательской деятельности: учебник для вузов / Е. Е. Кузьмина. - 5-е изд., перераб. и доп. - Москва: Издательство Юрайт, 2025. - 469 с.
7. Турчаева И. Н. Финансовая среда предпринимательства и предпринимательские риски: учебник и практикум для вузов / И. Н. Турчаева, Я. Ю. Таенчук. - 2-е изд., перераб. и доп. - Москва: Издательство Юрайт, 2025. - 157 с.
8. Уланов В. Л. Технологическое предпринимательство: учебник для вузов / В. Л. Уланов, Е. Г. Лашкова, Е. В. Иванова; под общей редакцией В. Л. Уланова. - Москва: Издательство Юрайт, 2024. - 149 с.
9. Чеберко Е. Ф. Основы предпринимательской деятельности: учебник и практикум для вузов / Е. Ф. Чеберко. - 2-е изд. - Москва: Издательство Юрайт, 2023. - 241 с.
10. internet-mənbə: [https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/BRIE/2021/653629/EXPO_BRI\(2021\)_653629_EN.pdf](https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/BRIE/2021/653629/EXPO_BRI(2021)_653629_EN.pdf)
11. internet-mənbə: <https://www.kub-uk.net/insights/challenges-facing-small-medium-sized-businesses/>
12. internet-mənbə: <https://ideas.repec.org/a/aif/journal/v4y2020i12p80-92.html>
13. internet-mənbə: <https://economy.gov.az/az/page/nazirlik/haqqinda>
14. internet-mənbə: <https://www.stat.gov.az/>
15. internet-mənbə: <https://www.cbar.az/>
16. internet-mənbə: <https://ru.tradingeconomics.com/united-states/corporate-profits>

**PERCEIVED IMPACT OF EARLY MARRIAGE ON EDUCATIONAL ATTAINMENT
AMONG ADOLESCENTS IN BOSSO LOCAL GOVERNMENT AREA OF NIGER STATE,
NIGERIA****Musa MOHAMMED**

Department of Educational Psychology, Dr. Umaru Sanda Ahmadu College of Education, Minna, Nigeria.

ORCID ID: 0009-0003-0127-6308

Ahmed Abdullahi BARKUTA

Department of Educational Psychology, Dr. Umaru Sanda Ahmadu College of Education, Minna, Nigeria.

Jimada ABDULRAHMAN

Department of Educational Psychology, Dr. Umaru Sanda Ahmadu College of Education, Minna, Nigeria.

Abstract

This study examined the perceived impact of early marriage on the educational attainment of adolescents in Bosso Local Government Area of Niger State. The study was guided by two research questions and two null hypotheses tested at 0.05 level of significance. A descriptive survey research design was adopted for the study. The population of the study comprised 5,774 senior secondary school students (SSI–SSIII) from eighteen public secondary schools in Bosso Local Government Area. A sample size of 361 students was selected from an accessible population of 2,499 students drawn from six public secondary schools using simple random sampling technique. Two research instruments titled Perceived Impact of Early Marriage Questionnaire (PIEMQ) and Educational Attainment Questionnaire (EAQ) were used for data collection. The instruments were validated by experts in Educational Psychology, Measurement and Evaluation, and Guidance and Counselling at Ibrahim Badamasi Babangida University, Lapai. Reliability of the instruments was established using Cronbach Alpha method through a pilot study, yielding an acceptable reliability coefficient of 0.70 and above. Data collected were analyzed using frequency counts, percentages, mean, and standard deviation to answer the research questions, while Chi-square (χ^2) statistical tool was used to test the hypotheses. The findings revealed that age at marriage, and educational status, have significant impacts on early marriage and the educational attainment of adolescents. Specifically, early marriage was found to negatively affect school completion, academic progress, and access to higher education. The study concluded that early marriage remains a major barrier to educational attainment among adolescents in Bosso Local Government Area. It was therefore recommended that government and stakeholders should strengthen policies against early marriage, promote girl-child education, and provide economic and counselling support to adolescents to improve educational outcomes.

Keywords: early marriage, educational attainment, adolescents and Bosso Local Government Area of Niger State

Introduction

Education is universally regarded as one of the most important tools for personal development and national transformation. It serves as a means through which individuals acquire knowledge, skills, values, and competencies necessary for effective participation in society. Education also contributes significantly to social mobility, poverty reduction, economic productivity, and national development (Amadi & Abafi, 2024). In developing countries such as Nigeria, education is considered a major instrument for empowering adolescents and preparing them for future responsibilities. According to the United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization (2024), education promotes equality, improves health outcomes, and enhances the economic well-being of individuals and communities. Girls' education in particular has been identified as a critical factor in reducing poverty, promoting gender equality, and improving the quality of life in many societies (UNESCO, 2024). Despite the

recognized importance of education, many adolescents in Nigeria face numerous challenges that hinder their educational attainment. One of the major social issues affecting adolescents, especially girls, is early marriage. Early marriage, also known as child marriage, refers to any formal or informal union where a boy or girl is married before the age of 18 years. According to the United Nations Children's Fund (2023), child marriage remains a widespread practice in many parts of the world and disproportionately affects girls in developing countries. Early marriage deprives adolescents of opportunities for education, personal growth, and healthy social development (UNICEF, 2023).

Globally, millions of girls are married before reaching adulthood. Reports from UNICEF indicate that Sub-Saharan Africa has one of the highest rates of child marriage in the world, with Nigeria contributing significantly to the statistics due to its large population. In Northern Nigeria particularly, cultural norms, poverty, religious beliefs, and gender inequality continue to sustain the practice of early marriage. Many families consider marriage as a way of protecting family honour, reducing economic burden, or securing the future of their daughters. Unfortunately, these practices often interfere with adolescents' educational attainment and limit their chances of achieving their full potential (Maigari, 2018).

Educational attainment refers to the level of education successfully completed by an individual. It includes school enrollment, regular attendance, academic performance, and progression from one level of education to another and successful completion of educational programmes (James, 2010). Adolescents who are exposed to early marriage often encounter educational disruptions such as school dropout, poor academic performance, absenteeism, and reduced motivation toward learning. Marriage responsibilities, pregnancy, childbearing, and domestic obligations usually make it difficult for married adolescents to continue their education effectively (Garba & Mudi, 2025). According to World Bank (2024), girls who marry early are more likely to discontinue their education and are less likely to complete secondary or tertiary education. Early marriage also contributes to low literacy levels, unemployment, and dependency among women. Furthermore, girls who leave school due to marriage may experience long-term economic disadvantages and reduced participation in decision-making processes within society.

One important dimension associated with early marriage is age at marriage. Age at marriage refers to the specific age at which an individual enters into marital union. Adolescents who marry at a very young age often lack the emotional, psychological, and intellectual maturity required for marital responsibilities. Such adolescents may struggle to balance educational demands with domestic expectations (Sharper Evans & Mwiya, 2025). Adolescents who marry before completing secondary education are often forced to abandon schooling permanently. This situation affects their future career opportunities and overall socio-economic development (Mobolaji Fatusi & Adedini, 2020). Another important factor related to the issue is educational status. Educational status refers to the level of education attained or currently pursued by adolescents and their parents. In many communities, low parental educational background contributes to limited awareness regarding the value of education, especially for girls (Garba & Mudi, 2025). Parents with little or no formal education may prioritize marriage over schooling for their daughters because they may not fully understand the long-term benefits of education. Similarly, adolescents with low educational aspirations may become more vulnerable to early marriage (Union & Africana, 2015). According to UNESCO (2024), girls who remain in school are less likely to marry early because education increases awareness, self-confidence, and opportunities for future employment. *Girls Education and Child Marriage*

Garba & Mudi (2025) observed that, socioeconomic status is another major factor influencing early marriage and educational attainment among adolescents. Socioeconomic status refers to the social and economic position of a family based on income, occupation, and educational background. In many low-income households, parents may view early marriage as a strategy for reducing financial pressure or obtaining economic support through marriage arrangements. Poverty often limits access to educational resources such as school fees, uniforms, books, and transportation. As a result, adolescents from poor families may be withdrawn from school and encouraged to marry early. Research findings indicate that poverty remains one of the strongest predictors of child marriage in many developing countries, including Nigeria (Udoh, 2024).

Wetheridge (2022) posit that, cultural and traditional practices also play a significant role in sustaining early marriage among adolescents. In many African societies, traditions and customs strongly influence family decisions concerning marriage and education. Some communities believe that girls should marry

early to maintain chastity, preserve family dignity, and fulfill cultural expectations. These cultural beliefs often place more emphasis on marriage than on female education. In Northern Nigeria, traditional norms sometimes encourage the perception that a woman's primary responsibility is childbearing and domestic care rather than academic achievement. Consequently, adolescents may be denied educational opportunities due to cultural expectations regarding marriage and gender roles (Agi & Emelie, 2023). According to Arogbo (2022), parental pressure is equally an important factor associated with early marriage and educational attainment. Parents and guardians exert considerable influence on adolescents' life decisions, including educational and marital choices. In some cases, adolescents are pressured into marriage due to family expectations, social influence, or economic hardship. Parents may compel their daughters to marry early in order to reduce family expenses or strengthen social relationships with other families. Such pressure often prevents adolescents from pursuing their educational ambitions. Adolescents who experience parental pressure may lose interest in schooling and become emotionally distressed, thereby affecting their academic performance and educational attainment (Udoh, 2024). In addition to educational consequences, early marriage exposes adolescents to several social, emotional, and health-related challenges. Married adolescents are more vulnerable to early pregnancy, maternal health complications, domestic violence, emotional trauma, and social isolation. According to World Health Organization (2024), adolescent girls who marry early face increased risks of pregnancy-related complications because their bodies may not be physically mature for childbirth.

In Nigeria, the issue of early marriage remains a major concern despite government policies and international interventions aimed at promoting girl-child education. Several governmental and non-governmental organizations have continued to advocate against child marriage through awareness campaigns, educational support programmes, and legal reforms. The Nigerian Child Rights Act prescribes 18 years as the minimum age for marriage; however, implementation remains inconsistent across states due to cultural and religious considerations. Consequently, many adolescents, especially girls in Northern Nigeria, continue to experience educational deprivation as a result of early marriage (Abdurahman, Assefa & Berhane, 2023). Bosso Local Government Area of Niger State is not exempted from these challenges. The area is characterized by diverse cultural practices, varying socioeconomic conditions, and educational disparities that may influence adolescents' educational attainment. Although educational opportunities have improved over the years, some adolescents still encounter barriers related to poverty, cultural expectations, and parental decisions concerning marriage. Cases of school dropout among adolescent girls have been linked to marriage-related issues and family pressure. These challenges have continued to generate concern among educators, counsellors, policymakers, and community leaders.

Furthermore, adolescents in Bosso Local Government Area may experience conflicting expectations between pursuing education and fulfilling societal obligations relating to marriage. While some families encourage continuous education, others prioritize marriage due to economic hardship or traditional beliefs. Such conditions may negatively affect adolescents' motivation toward schooling and reduce their chances of attaining higher levels of education. The persistence of early marriage in some communities may therefore undermine efforts toward achieving educational development and gender equality. It is against this background that this study seeks to investigate the perceived impact of early marriage on educational attainment among adolescents in Bosso Local Government Area of Niger State. The study will specifically examine how age at marriage, educational status, socioeconomic status, cultural and traditional practices, and parental pressure influence adolescents' educational attainment. The findings of the study are expected to provide useful information to parents, teachers, educational psychologists, counsellors, government agencies, and non-governmental organizations in designing strategies to reduce early marriage and improve educational attainment among adolescents.

Statement of the Problem

Education is regarded as a fundamental human right and an important tool for personal and national development. It provides adolescents with opportunities for intellectual growth, skill acquisition, self-reliance, and improved quality of life. Despite the importance of education, many adolescents in Nigeria, particularly girls, continue to face several barriers that hinder their educational attainment. One of the major challenges confronting adolescents in many communities is early marriage. Early marriage has remained a persistent social issue in many parts of Northern Nigeria, including Niger State. Adolescents

who marry at a young age are often exposed to responsibilities such as childbearing, domestic duties, and family obligations, which may interfere with their educational pursuits. In many cases, adolescents who enter marriage before completing their education experience school dropout, poor academic performance, irregular school attendance, and reduced opportunities for further education. This situation may negatively affect their future aspirations, economic independence, and social development. Although government agencies, non-governmental organizations, and international bodies have continued to advocate for girl-child education and the reduction of child marriage, the practice still persists in some communities due to poverty, cultural beliefs, traditional practices, parental pressure, and low educational awareness. In some families, adolescents are encouraged or compelled to marry early because parents perceive marriage as a means of reducing economic burden, preserving family honour, or conforming to cultural expectations. Such practices may deprive adolescents of the opportunity to attain quality education and realize their academic potential. In Bosso Local Government Area of Niger State, observations have shown that some adolescents, especially girls, discontinue their education as a result of marriage-related issues. Cases of school withdrawal, low educational participation, and limited progression to higher levels of education among married adolescents have continued to raise concern among educators, counsellors, and community leaders. Despite the increasing awareness of the importance of education, some adolescents still face pressure from parents and society to prioritize marriage over schooling. It is therefore against this background that this study seeks to investigate the perceived impact of early marriage on educational attainment among adolescents in Bosso Local Government Area of Niger State.

Objectives of the Study

The main purpose of this study is to investigate the perceived impact of early marriage on educational attainment of in-adolescents in Bosso Local Government Area of Niger State. Specifically, the study seeks to:

1. To examine the perceived impact of age at marriage on the educational attainment of in-adolescents in Bosso Local Government Area of Niger State
2. To determine the perceived impact of educational status on early marriage of in-adolescents in Bosso Local Government Area of Niger State

Research Hypotheses

The following null hypotheses will be tested at 0.05 level of significance:

H₀₁ There is no significant impact of age at marriage on the educational attainment of in-adolescents in Bosso Local Government Area of Niger State.

H₀₂ There is no significant impact of educational status on early marriage and educational attainment of in-adolescents in Bosso Local Government Area of Niger State.

Methodology

A descriptive survey research design was adopted for the study. The population of the study comprised 5,774 senior secondary school students (SSI–SSIII) from eighteen public secondary schools in Bosso Local Government Area. A sample size of 361 students was selected from an accessible population of 2,499 students drawn from six public secondary schools using simple random sampling technique. Two research instruments titled Perceived Impact of Early Marriage Questionnaire (PIEMQ) and Educational Attainment Questionnaire (EAQ) were used for data collection. The instruments were validated by experts in Educational Psychology, Measurement and Evaluation, and Guidance and Counselling at Ibrahim Badamasi Babangida University, Lapai. Reliability of the instruments was established using Cronbach Alpha method through a pilot study, yielding an acceptable reliability coefficient of 0.70 and above. Data collected were analyzed using frequency counts, percentages, mean, and standard deviation to answer the research questions, while Chi-square (χ^2) statistical tool was used to test the hypotheses at 0.05 level of significance.

Hypotheses Testing

The hypotheses were tested using the Chi-Square (χ^2) statistical technique at 0.05 level of significance. The decision rule states that the null hypothesis (H_0) should be rejected if the calculated p-value is less than 0.05; otherwise, the null hypothesis should be accepted.

Hypothesis One

H₀₁: There is no significant perceived impact of age at marriage on the educational attainment of adolescents in Bosso Local Government Area of Niger State.

Table 1: Chi-Square Analysis of the Perceived Impact of Age at Marriage on Educational Attainment

Variable	χ^2 -cal	df	p-value	Decision
Age at Marriage and Educational Attainment	28.64	4	0.000	Reject H_0

Interpretation: This implies that there is a significant perceived impact of age at marriage on the educational attainment of adolescents in Bosso Local Government Area of Niger State. Respondents perceived that marrying at an early age negatively affects school completion, academic progress, and opportunities for higher education. Since the p-value (0.000) is less than the 0.05 level of significance, the null hypothesis is rejected.

Hypothesis Two

H₀₂: There is no significant perceived impact of educational status on early marriage and educational attainment of adolescents in Bosso Local Government Area of Niger State.

Table 2: Chi-Square Analysis of Educational Status and Early Marriage/Educational Attainment

Variable	χ^2 -cal	df	p-value	Decision
Educational Status and Early Marriage/Educational Attainment	32.17	4	0.000	Reject H_0

Interpretation: The result indicates that educational status has a significant perceived impact on early marriage and educational attainment among adolescents. Higher educational status was perceived to reduce the likelihood of early marriage and improve educational outcomes. Since the p-value (0.000) is less than 0.05, the null hypothesis is rejected.

Summary of the Findings

1. The findings from Hypothesis One revealed that there is a significant perceived impact of age at marriage on the educational attainment of adolescents in Bosso Local Government Area of Niger State ($\chi^2 = 28.64$, $df = 4$, $p < 0.05$). The null hypothesis was rejected, indicating that early marriage negatively affects school completion, academic progress, and opportunities for higher education among adolescents.
2. The result of Hypothesis Two showed that educational status has a significant perceived impact on early marriage and educational attainment among adolescents ($\chi^2 = 32.17$, $df = 4$, $p < 0.05$). Consequently, the null hypothesis was rejected. This implies that higher educational status reduces the likelihood of early marriage and enhances educational attainment.

Discussion of Findings

The findings of the study revealed that age at marriage has a significant perceived impact on the educational attainment of adolescents in Bosso Local Government Area of Niger State. The respondents agreed that early marriage prevents adolescents from completing their education, increases school dropout rates, limits opportunities for higher education, interferes with academic progress, and contributes to low educational attainment. The hypothesis test further confirmed a significant impact of age at marriage and educational attainment among adolescents. This finding is consistent with the study of Ahmad (2026), who found that early marriage significantly influences the educational development of adolescents in Jalingo Local Government Area of Taraba State. Ahmad reported that early marriage negatively affects the educational well-being of adolescent girls and reduces their chances of attaining

higher levels of education. The present study corroborates this finding by demonstrating that adolescents in Bosso Local Government Area perceive early marriage as a major barrier to educational success. Similarly, the finding agrees with Usman, Usman and Owobamigbe (2025), who concluded that early marriage has a strong detrimental effect on school enrolment and retention among girls in Nigeria. The present study extends this knowledge by focusing specifically on educational attainment among adolescents in Bosso Local Government Area.

The study found that educational status significantly influences early marriage and educational attainment among adolescents. Respondents agreed that low educational status increases the likelihood of early marriage, while higher educational status reduces the risk of early marriage and improves educational outcomes. The hypothesis testing also showed a significant relationship between educational status and early marriage among adolescents. This finding supports the work of Yarsah, Tanzil and Syaifullah (2025), who identified educational level as the strongest predictor of early marriage among young women. Their study emphasized that education serves as a protective factor against early marriage. The findings of the present study similarly indicate that adolescents with better educational status are less likely to experience early marriage and are more likely to attain higher educational outcomes. The result also aligns with Ahmad (2026), who identified low educational level as one of the major factors contributing to early marriage. Therefore, education remains a critical tool for reducing the incidence of early marriage and promoting educational attainment among adolescents.

Conclusion

Based on the findings of the study, it was concluded that early marriage significantly affects the educational attainment of adolescents in Bosso Local Government Area of Niger State. The study established that age at marriage, and educational status are all significant determinants of early marriage and educational attainment. Early marriage was found to negatively affect school completion, academic progress, and opportunities for higher education. Therefore, addressing these factors is essential for improving educational outcomes among adolescents.

Recommendations

Based on the findings of the study, the following recommendations were made:

1. Government should enforce strict policies and laws that discourage early marriage and ensure that adolescents remain in school until completion of secondary education.
2. School counsellors should organize regular awareness and sensitization programmes for students, parents, and community members on the negative effects of early marriage on educational attainment.
3. Scholarships, bursaries, and financial support programmes should be provided to students from low socioeconomic backgrounds to reduce poverty-related school dropout and early marriage.
4. Educational authorities should strengthen school retention strategies, especially for vulnerable adolescents, to reduce dropout rates linked to early marriage.

References

- Abdurahman, D., Assefa, N., & Berhane, Y. (2023). Adolescent girls' early marriage intention and its determinants in Eastern Ethiopia: a social norms perspective. *Sage Open*, 13(2), 21582440231182352.
- Agi, C. W., & Emelie, C. (2023). Influence of Early Marriage on Academic Achievement of Female Adolescent Students in Public Senior Secondary Schools in Rivers State. *International Journal of Innovative Psychology & Social Development*, 11(4), 58-70.
- Ahmad, A. A. (2026) *Perceived Impact of early marriage on the educational attainment of adolescents in jalingo local government area, taraba state* (Doctoral dissertation, Faculty of education, Taraba State University).
- Amadi, C. F., & Abafi, D. S. (2024). Impact of socio-cultural risk factors associated with early marriage in Northern part of Nigeria. *Int J Health Pharm Res*, 9, 14-30.
- Arogbo, M. T. (2022). *Parents' Perceived Influence of Early Marriage on Girl Child Education in Gusau Metropolis Area of Zamfara State* (Master's thesis, Kwara State University (Nigeria)).

- Garba, F. A., & Mudi, A. M. (2025). Perspectives on Early Marriage of Females in Northern Nigeria: A Comparative Study of Islamic and Contemporary Views.
- James, G. (2010). Socio-cultural context of adolescents' motivation for marriage and childbearing in North-Western Nigeria: A qualitative approach. *Current Research Journal of Social Sciences*, 2(5), 269-275.
- Maigari, M. A. (2018). Changing dynamics of early marriage in rural areas of northern Nigeria. *Global Journal of Sociology: Current Issues*, 8(1), 22-29.
- Mobolaji, J. W., Fatusi, A. O., & Adedini, S. A. (2020). Ethnicity, religious affiliation and girl-child marriage: a cross-sectional study of nationally representative sample of female adolescents in Nigeria. *BMC public health*, 20(1), 583.
- Sharper, S., Evans, C. S., & Mwiya, M. S., (2025). The effects of early marriages on academic performance of marginalized girls in secondary schools of central province in Zambia. *BMC Public Health*, 25(1), 2815.
- Udoh, E. (2024). The effect of gender inequality and early marriage on girl-child education in Ikot Ekpene senatorial district. *AKSU Annals of Sustainable Development*, 29-39.
- UNESCO. (2024). Education and early marriage: Global monitoring report. United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization.
- UNICEF. (2023). Education and adolescent development report: Nigeria. United Nations Children's Fund.
- Union, A., & Africana, U. (2015). The Effects of Traditional and Religious Practices of Child Marriage on Africa's Socio-Economic Development. *A review of research, reports and tool kits from Africa*.
- Usman, S. H., Usman, M. B., & Owobamigbe, K. D. (2025). Influence of Early Marriage on Girl-Child School Enrolment and Retention in Nigeria: Implications for Guidance. *Journal of Humanities and Social Policy*. Vol 11. No. 5. DOI: 10.56201/jhsp. vol. 11. no5. 2025. pg100, 112.
- Wetheridge, L. (2022). *Negotiated Realities: adolescent girls, formal schooling, and early marriage in Kaduna state, North West Nigeria* (Doctoral dissertation, UCL (University College London)).
- World Bank. (2023). Girls' education, child marriage, and human capital development in Nigeria. World Bank Group.
- World Health Organization (2024). Adolescent Health. Retrieved from WHO Adolescent Health
- Yarsah, W. N., Tanzil, D., & Syaifullah, A. (2025). The Influence of Socioeconomic Factors on Early Marriage. *Jurnal Ilmiah Ekonomi Global Masa Kini*, 16(2), 146-156.
- Yarsah, W. N., Tanzil, D., & Syaifullah, A. (2025). The Influence of Socioeconomic Factors on Early Marriage. *Jurnal Ilmiah Ekonomi Global Masa Kini*, 16(2), 146-156.

POVERTY, INSECURITY, AND ENVIRONMENTAL DEGRADATION IN NIGER STATE, NIGERIA: PATHWAYS TO SUSTAINABLE DEVELOPMENT**Ibrahim UMAR**

Department of Primary Education Studies, Umaru Sanda Ahmadu College of Education, Niger State Minna, Nigeria

Abstract

This study investigates the interconnections between poverty, insecurity, and environmental degradation in Niger State, North-Central Nigeria, and their collective implications for sustainable development. Grounded in the Sustainable Livelihoods Framework, Environmental Security Theory, and Poverty Trap Theory, the study adopts a mixed-methods research design that integrates quantitative survey data with qualitative insights from key informant interviews and field observations. Primary data were collected from a target population of approximately 84,000 rural households distributed across the three senatorial zones of Niger State Zones A, B, and C covering nine purposively selected Local Government Areas (LGAs). Using the Taro Yamane formula and a multi-stage sampling procedure, a representative sample of 400 households was drawn: 134 from Zone A, 148 from Zone B, and 118 from Zone C. An additional 13 key informants comprising community leaders, agricultural extension officers, and security personnel were purposively selected, bringing the total number of participants to 413.

Structured questionnaires were used to capture data on household income levels, frequency and severity of environmental hazards (flooding, soil erosion, and deforestation), and perceptions of insecurity (banditry, kidnapping, and communal conflicts). The findings reveal that 62% of respondents were primarily engaged in farming, 68% had experienced flooding within the preceding five years, and 57% reported high levels of perceived insecurity. Multiple regression analysis indicates that environmental degradation ($\beta = 0.42, p < .001$) and insecurity ($\beta = 0.37, p = .001$) each exert a statistically significant positive effect on poverty levels. Critically, their interaction effect ($\beta = 0.29, p = .007$) confirms that the co-occurrence of these two stressors amplifies poverty beyond the sum of their individual impacts, explaining 64% of the variance in poverty outcomes ($R^2 = .64$). Qualitative data from key informant interviews corroborate these findings, revealing that insecurity forces farmers to abandon cultivated fields, market disruptions reduce household incomes, and recurring floods permanently degrade productive farmland. The study concludes that poverty, insecurity, and environmental degradation are mutually reinforcing and form a self-perpetuating cycle that undermines sustainable development in Niger State. It recommends an integrated, multi-sectoral policy framework that simultaneously targets poverty alleviation, environmental sustainability through flood control and climate-smart agriculture, and community-level security enhancement. The findings have implications for SDG 1 (No Poverty), SDG 2 (Zero Hunger), SDG 13 (Climate Action), and SDG 16 (Peace, Justice, and Strong Institutions).

Keywords: poverty, insecurity, environmental degradation, sustainable development, Niger State, Nigeria

1. Introduction**1.1 Background to the Study**

Nigeria, despite being one of Africa's largest economies, continues to grapple with multidimensional poverty, environmental challenges, and rising insecurity. Approximately 40% of Nigerians live below the poverty line, reflecting deep structural inequalities and developmental gaps (World Bank, 2022). These challenges are particularly evident in subnational contexts such as Niger State, where socio-economic vulnerabilities intersect with ecological stress and security threats.

Niger State, located in North-Central Nigeria, is characterized by extensive agricultural activity, riverine systems, and growing population pressures. However, the state faces increasing environmental degradation manifested through flooding, land degradation, and climate variability, which significantly affect livelihoods. Recent assessments identify flooding, drought, and disease outbreaks as major environmental hazards in the state (WHO, 2025). For instance, recurrent flooding has displaced thousands and destroyed farmlands, exacerbating food insecurity and poverty. Ayanlade and Ojebola

(2016) similarly noted that environmental degradation manifested through flooding, soil erosion, and deforestation has increasingly threatened livelihoods in comparable agrarian contexts.

Environmental degradation has been widely linked to economic hardship in agrarian societies. In Nigeria, soil erosion, desertification, and deforestation reduce agricultural productivity, thereby deepening rural poverty. In Niger State, where agriculture remains a primary source of livelihood, these environmental challenges undermine food systems and economic stability. Simultaneously, insecurity has intensified, particularly in the form of banditry, kidnapping, and communal conflicts, which hinder economic activities, reduce access to farmlands, and discourage investment (Adetunji and Oyetunde, 2019).

The interaction between environmental degradation and insecurity creates a cycle that reinforces poverty. Resource scarcity often leads to competition and conflict, which further undermines livelihoods and development (UNEP, 2022). Studies in Nigeria demonstrate that climate change and environmental stress contribute to displacement, competition over resources, and social conflict, thereby intensifying insecurity. This interconnection creates a vicious cycle in which poverty, environmental decline, and insecurity reinforce one another. Understanding the nexus between these variables in Niger State is therefore critical for designing sustainable development strategies that are locally relevant and policy-responsive.

1.2 Problem Statement

Despite various interventions, poverty, insecurity, and environmental degradation persist in Niger State. Policies often address these issues independently, ignoring their interconnected nature a fragmented approach that limits the effectiveness of development strategies.

Environmental degradation particularly flooding and land degradation continues to destroy agricultural lands and displace communities, leading to increased poverty and food insecurity. At the same time, rising insecurity, including banditry and kidnapping, restricts access to farmlands, disrupts markets, and discourages investment in agriculture and rural development.

The coexistence of these challenges suggests a systemic problem in which environmental, economic, and security issues are not addressed in an integrated manner. Existing policies often treat poverty alleviation, environmental management, and security as separate domains, thereby limiting their effectiveness. Furthermore, the increasing frequency of environmental disasters and security threats indicates that current institutional responses may be inadequate in addressing the root causes. Without a holistic understanding of how poverty, insecurity, and environmental degradation interact, sustainable development efforts in Niger State may remain ineffective.

1.3 Significance of the Study

This study is significant for several reasons. First, it contributes to academic discourse by providing an integrated analysis of the poverty environment security nexus within the context of Niger State. While existing studies often examine these variables independently, this research adopts a holistic approach that reflects real-world complexities.

Second, the study is relevant for policymakers and development practitioners. By identifying the interconnections between poverty, insecurity, and environmental degradation, the research provides evidence-based insights that can inform integrated policy frameworks for sustainable development.

Third, the study addresses pressing socio-economic challenges affecting rural populations. Given that agriculture is a major livelihood source in Niger State, understanding how environmental and security challenges impact productivity is crucial for improving food security and economic resilience.

Fourth, the study aligns with global development priorities, particularly the Sustainable Development Goals (SDGs) specifically SDG 1 (No Poverty), SDG 2 (Zero Hunger), SDG 13 (Climate Action), and SDG 16 (Peace, Justice, and Strong Institutions). Finally, the study provides a foundation for future empirical research, particularly in the areas of climate security linkages and sustainable rural development in Niger State, Nigeria.

1.4 Research Gap

Despite the growing body of literature on poverty, environmental degradation, and insecurity in Nigeria, several gaps remain. First, most existing studies focus on poverty, environmental degradation, or

insecurity in isolation, with limited research examining their interconnected nature within a specific subnational context such as Niger State. Second, while regions such as the Niger Delta have received significant scholarly attention due to oil-related environmental issues, Niger State remains under-researched despite its vulnerability to flooding, climate variability, and insecurity.

Third, although studies have established that environmental degradation can lead to poverty and conflict, there is a lack of empirical models that quantify these relationships at the state level in Nigeria. Fourth, existing research often fails to bridge the gap between theory and policy by providing actionable recommendations tailored to local realities. Fifth, emerging evidence demonstrates that climate change contributes to insecurity through resource scarcity and displacement, yet this relationship has not been adequately explored in Niger State. This study seeks to address these gaps by providing a comprehensive and context-specific analysis of the poverty–insecurity–environment nexus in Niger State.

1.5 Objectives of the Study

The broad objective of this study is to examine the interrelationship between poverty, insecurity, and environmental degradation in Niger State, Nigeria, and to identify sustainable pathways for development. Specifically, the study aims to:

- assess the extent and distribution of poverty in Niger State and its socio-economic drivers;
- examine the nature and patterns of insecurity and their impact on livelihoods and economic activities in the state;
- evaluate the level and predominant forms of environmental degradation, including flooding, deforestation, and land degradation, in Niger State; and
- analyze the relationship between environmental degradation, insecurity, and poverty levels in Niger State, including their interaction effects.

1.6 Research Questions

The overarching research question guiding this study is: What is the nature of the relationship between poverty, insecurity, and environmental degradation in Niger State, Nigeria, and what are the implications for sustainable development? This is addressed through the following specific questions, which are aligned with the study objectives:

- What is the current level and distribution of poverty in Niger State and what are its key socio-economic drivers? (Aligned with Objective 1)
- What are the major forms and drivers of insecurity in Niger State, and how do they impact rural livelihoods and economic activities? (Aligned with Objective 2)
- What are the predominant types of environmental degradation affecting Niger State, and how widespread are they? (Aligned with Objective 3)
- How do environmental degradation and insecurity—individually and interactively—influence poverty levels in Niger State? (Aligned with Objective 4)

1.7 Research Hypotheses

The following null hypotheses were formulated to guide the empirical investigation, each corresponding to a specific research objective and question:

- H_{01} : Environmental degradation has no significant effect on poverty levels in Niger State. (Corresponds to Objectives 3 & 4; Research Questions 3 & 4)
- H_{02} : Insecurity has no significant effect on rural livelihoods and economic activities in Niger State. (Corresponds to Objective 2; Research Question 2)
- H_{03} : There is no significant interaction effect between environmental degradation and insecurity on poverty in Niger State. (Corresponds to Objective 4; Research Question 4)
- H_{04} : The combined effects of environmental degradation and insecurity do not significantly influence poverty levels in Niger State beyond their individual impacts. (Corresponds to Objective 4; Research Question 4)

1.8 Structure of the Paper

The paper is organized into five sections. Section 1 presents the background, problem statement, significance, research gap, and the harmonized objectives, research questions, and hypotheses. Section 2 examines theoretical and empirical literature on poverty, insecurity, and environmental degradation. Section 3 describes the research design, target population, data sources, sampling techniques, and analytical methods. Section 4 presents and analyzes the findings. Section 5 summarizes key conclusions and provides policy recommendations.

2. Literature Review

2.1 Theoretical Framework

This study is anchored on three complementary theoretical perspectives: the Sustainable Livelihoods Framework (SLF), Environmental Security Theory, and Poverty Trap Theory. These frameworks collectively explain the interactions between poverty, environmental degradation, and insecurity.

2.1.1 Sustainable Livelihoods Framework

The Sustainable Livelihoods Framework, developed by the UK Department for International Development (DFID, 1999), emphasizes how households utilize various forms of capital—natural, human, financial, physical, and social to sustain their livelihoods. The framework highlights that vulnerability contexts such as environmental shocks (e.g., flooding) and conflicts significantly constrain livelihood strategies.

In the context of Niger State, environmental degradation reduces natural capital (e.g., fertile land and water resources), while insecurity weakens social and physical capital, thereby limiting access to markets and productive assets. This results in increased poverty and reduced resilience among rural households.

2.1.2 Environmental Security Theory

Environmental Security Theory posits that environmental degradation and resource scarcity can lead to social instability and conflict (Homer-Dixon, 1999). The theory argues that declining environmental resources such as land, water, and forests intensify competition, which may escalate into violence and insecurity.

In Niger State, competition over fertile land and water resources, particularly during periods of environmental stress, contributes to conflicts between farmers and other resource users. This aligns with studies demonstrating that climate variability and ecological decline are key drivers of insecurity in Nigeria (UNEP, 2022).

2.1.3 Poverty Trap Theory

The Poverty Trap Theory explains how individuals and communities remain trapped in persistent poverty due to reinforcing cycles of low income, low investment, and low productivity (Azariadis and Stachurski, 2005). External shocks such as environmental disasters and insecurity further deepen this cycle. In Niger State, recurring floods and insecurity reduce agricultural productivity and income, limiting households' ability to invest in improved farming techniques or alternative livelihoods. This perpetuates a cycle of poverty and vulnerability.

2.2 Conceptual Framework

The conceptual framework underpinning this study illustrates a feedback loop linking environmental degradation, resource scarcity, insecurity, livelihood disruption, and poverty. Environmental degradation leads to resource scarcity, which precipitates insecurity; insecurity disrupts livelihoods, deepening poverty; and poverty, in turn, intensifies pressure on the environment thereby completing the cycle. This bidirectional and recursive model underscores the integrated analytical approach adopted in this study.

2.3 Empirical Review

2.3.1 Poverty and Environmental Degradation

Onwumere and Anyanwu (2021) found that environmental degradation significantly reduces agricultural productivity in Nigeria, leading to increased rural poverty. Similarly, Ayanlade and Ojebola (2016) observed that climate change-induced land degradation has severe implications for food security and livelihoods. At the global level, the World Bank (2022) reported that environmental degradation disproportionately affects poor populations, as they rely heavily on natural resources for survival.

2.3.2 Insecurity and Economic Livelihoods

Adetunji and Oyetunde (2019) highlighted that insecurity disrupts economic activities, particularly in rural areas, by limiting access to farms and markets. In northern Nigeria, banditry and kidnapping have significantly reduced agricultural output and increased poverty levels. The Food and Agriculture Organization (FAO, 2022) further noted that conflict and insecurity are major drivers of food insecurity, especially in agrarian economies.

2.3.3 Environmental Degradation and Insecurity

Homer-Dixon (1999) and subsequent studies established that environmental stress contributes to conflict. In Nigeria, the United Nations Environment Programme (UNEP, 2022) identified resource scarcity and environmental decline as key drivers of communal conflicts. Ogungweru (2023) further emphasized that climate change exacerbates insecurity by increasing competition over limited resources, particularly in vulnerable regions.

2.3.4 Integrated Studies

Few studies have examined the combined effects of poverty, environmental degradation, and insecurity. Sele and Zongo (2025) identified structural poverty in Nigeria as being influenced by environmental and socio-political factors but did not provide a localized analysis for Niger State. Similarly, WHO (2025) highlighted multi-hazard risks in Niger State without explicitly linking them to poverty and insecurity dynamics.

2.4 Identified Gaps in Literature

Based on the review, five key gaps are identified: (a) lack of integrated analysis across the three variables; (b) limited subnational focus on Niger State; (c) weak empirical modeling at the state level; (d) inadequate translation of findings into actionable policy recommendations; and (e) neglect of feedback mechanisms linking poverty, environmental degradation, and insecurity cyclically.

3. Methodology

3.1 Research Design

This study adopts a convergent parallel mixed-methods research design, simultaneously collecting and analyzing quantitative and qualitative data, then merging the results for comprehensive interpretation. This design is appropriate because it enables a more thorough analysis of the complex, multi-dimensional relationships between poverty, insecurity, and environmental degradation than either approach could achieve alone.

The quantitative component involves the use of structured questionnaires to collect numerical data on household income, exposure to environmental hazards, and experiences of insecurity, enabling statistical testing of the formulated hypotheses. The qualitative component comprises key informant interviews (KIIs) and field observations designed to provide deeper contextual insights into local experiences, perceptions, and coping strategies, thereby enriching the interpretation of quantitative findings.

3.2 Study Area

The study was conducted in Niger State, North-Central Nigeria a state characterized by extensive agricultural activities, dependence on natural resources, riverine systems, and growing population pressures. Administratively, Niger State is divided into 25 Local Government Areas (LGAs) organized into three senatorial zones: Zone A (comprising Bida, Lapai, Agaie, Katcha, Lavun, Edati, Gbako, and Mokwa); Zone B (comprising Minna, Bosso, Chanchaga, Gurara, Tafa, Suleja, and Shiroro); and Zone C (comprising Kontagora, Magama, Rafi, Mariga, Rijau, Borgu, Wushishi, Paikoro, and Mashegu). The state is particularly vulnerable to environmental hazards such as flooding, soil erosion, and deforestation, as well as to insecurity in the form of banditry and communal conflicts, making it an appropriate study context for the poverty–environment–security nexus.

3.3 Target Population

The target population for this study comprised rural households in Niger State engaged predominantly in agriculture, as this group is most directly affected by environmental degradation and insecurity. Based on estimates from the National Population Commission (NPC) and the Niger State Bureau of Statistics (NSBS), the approximate household population across the nine selected LGAs three per senatorial zone is estimated at 84,000 households: approximately 28,000 in Zone A LGAs, 31,000 in Zone B LGAs, and 25,000 in Zone C LGAs (see Table 4). Additionally, 13 key informants drawn from Ministries, Departments, and Agencies (MDAs) relevant to the study including the Niger State Ministry of Agriculture and Rural Development, the Ministry of Environment, the Niger State Emergency Management Agency (NSEMA), the Nigeria Security and Civil Defence Corps (NSCDC), and community leadership structures constituted the qualitative study population. These MDA representatives were targeted because of their institutional knowledge of policy implementation, environmental management, and security operations in the state.

3.4 Sample Size and Sampling Technique

The quantitative sample size was determined using the Taro Yamane (1967) formula:

$$n = N / (1 + N (e^2))$$

Where n = sample size, N = total target population (~84,000 households), and e = margin of error (0.05). Applying this formula yields a minimum sample size of approximately 400 households, which was adopted for this study.

A four-stage multi-stage sampling procedure was employed to arrive at the exact number of respondents per zone and LGA, as described below:

Stage 1 – Stratified Sampling (Senatorial Zones): Niger State was stratified into its three senatorial zones (Zones A, B, and C) to ensure geographic representativeness. The total sample of 400 households was then allocated to each zone proportional to its estimated household population: Zone A ($28,000/84,000 \times 400 \approx 134$ households), Zone B ($31,000/84,000 \times 400 \approx 148$ households), and Zone C ($25,000/84,000 \times 400 \approx 118$ households).

Stage 2 – Random Sampling (LGAs): Three LGAs were randomly selected from each senatorial zone through a simple random lottery method, yielding nine LGAs in total across the state. This ensured that no individual LGA was handpicked, minimizing selection bias.

Stage 3 – Systematic Sampling (Households): Within each selected LGA, two communities were randomly selected. Household lists were obtained from community heads and LGA records. Using a systematic sampling interval ($k = N/n$ per community), every k^{th} household on the list was selected as a respondent until the required sample per zone was attained. Where household lists were unavailable, households were enumerated and every fifth dwelling was selected.

Stage 4 – Purposive Sampling (Key Informants): Thirteen key informants were purposively selected based on their institutional roles and expertise: four from the Ministry of Agriculture and Rural Development, three from the Ministry of Environment and NSEMA, three from security agencies (NSCDC and Nigeria Police Force), and three from community leadership (traditional rulers and farmers' association leaders). This ensured that all relevant MDA stakeholders and community actors were represented in the qualitative component.

Table 4 provides a summary of the population and sample distribution across the three senatorial zones.

Table 4 Population and Sample Distribution Across Senatorial Zones (N ≈ 84,000)

Senatorial Zone / LGA	Est. HH Population	Sampled HHs	KIIs	Total Respondents
Zone A (e.g., Bida, Lapai, Agaie)	~28,000	134	4	138
Zone B (e.g., Minna, Gbako, Mokwa)	~31,000	148	5	153
Zone C (e.g., Shiroro, Rafi, Magama)	~25,000	118	4	122
TOTAL	~84,000	400	13	413

Note. HH = Household; KII = Key Informant Interview. Estimated household populations are drawn from Niger State Bureau of Statistics records and NPC projections. LGA selections within each zone were made by simple random sampling.

3.5 Data Collection

Primary data were collected using three instruments: (a) structured questionnaires capturing data on income levels, environmental exposure (e.g., flooding), and insecurity experiences; (b) key informant interview (KII) guides administered to the 13 purposively selected MDA representatives and community leaders; and (c) field observation checklists to document environmental conditions such as visible land degradation, flood-affected farmland, and deforestation patterns.

Secondary data were obtained from government reports (e.g., National Bureau of Statistics, Niger State Bureau of Statistics), peer-reviewed academic journals, and reports from international organizations including the World Bank, FAO, and UNEP.

3.6 Validity and Reliability

Content validity was achieved through expert review by academics and professionals in environmental studies and the social sciences. The questionnaire was designed to align with the study objectives and research questions. A pilot test was conducted on 30 respondents from an LGA not included in the main study to refine the instrument and identify ambiguous items. Reliability was assessed using Cronbach's Alpha, with a coefficient of ≥ 0.70 considered acceptable (Nunnally, 1978). The computed Alpha for the main instrument was 0.81, indicating high internal consistency.

3.7 Method of Data Analysis

Quantitative analysis employed descriptive statistics (means, frequencies, and percentages) to summarize respondent characteristics and inferential statistics specifically multiple regression analysis to test the hypothesized relationships among environmental degradation, insecurity, and poverty. Diagnostic tests were conducted to ensure model robustness, including the Variance Inflation Factor (VIF) for multicollinearity, the Breusch–Pagan test for heteroscedasticity, and the F-test for overall model fit.

Qualitative data from key informant interviews were analyzed using thematic analysis, involving verbatim transcription; open coding of responses, identification and refinement of key themes, and interpretive synthesis of patterns. NVivo software was used to assist in organizing and retrieving qualitative data. Qualitative findings were triangulated with quantitative results to ensure contextual accuracy, enhance validity, and provide a richer understanding of the poverty–insecurity–environment nexus in Niger State.

4. Results and Discussion

4.1 Socio-Economic Characteristics of Respondents

Table 1 presents the socio-economic profile of the 400 survey respondents. The majority of respondents (62%) were engaged in farming as their primary occupation, with 21% in trading and 17% in other activities. A substantial proportion (68%) reported exposure to flooding within the preceding five years, and 57% indicated high levels of perceived insecurity in their communities.

Table 1 Socio-Economic Characteristics of Respondents (N = 400)

Variable	Category	Frequency	Percentage (%)
Primary occupation	Farming	248	62.0
	Trading	84	21.0
	Others	68	17.0
Flood exposure	Yes	272	68.0
	No	128	32.0
Level of insecurity	High	228	57.0
	Moderate/Low	172	43.0

4.2 Regression Results

Multiple regression analysis was conducted to examine the effects of environmental degradation (ENV) and insecurity (INS) on poverty, including their interaction term (ENV × INS). The results are presented in Table 2.

Table 2 Multiple Regression Results: Predictors of Poverty (N = 400)

Predictor	Coefficient (β)	t-value	p-value
Constant	1.25	2.10	.036
Environmental Degradation (ENV)	0.42	4.85	< .001
Insecurity (INS)	0.37	3.92	.001
ENV × INS (Interaction)	0.29	2.75	.007

Note. $R^2 = .64$; F-statistic significant at $p < .001$.

The model explains 64% of the variance in poverty ($R^2 = .64$). Environmental degradation ($\beta = 0.42$, $p < .001$) and insecurity ($\beta = 0.37$, $p = .001$) each exert a statistically significant positive effect on poverty, leading to the rejection of H_{01} and H_{02} respectively. The significant interaction term ($\beta = 0.29$, $p = .007$) further confirms that the combined effect of environmental degradation and insecurity amplifies poverty beyond the sum of their individual effects, thereby rejecting H_{03} and H_{04} .

4.3 Diagnostic Tests

Table 3 presents the results of the diagnostic tests conducted to validate the regression model.

Table 3 Model Diagnostic Test Results

Test	Result	Interpretation
Variance Inflation Factor (VIF)	< 5.0	No evidence of multicollinearity
F-test	Significant	Model is a good overall fit
Breusch–Pagan (Heteroscedasticity)	Not significant	Homoscedasticity assumption met

The diagnostic results confirm that the regression model is robust: multicollinearity is absent, the overall model fit is statistically significant, and the assumption of constant error variance is satisfied.

4.4 Discussion of Findings

The finding that environmental degradation significantly increases poverty ($\beta = 0.42$, $p < .001$) is consistent with Onwumere and Anyanwu (2021), who demonstrated that environmental degradation reduces agricultural productivity and income in Nigeria. In Niger State, flooding destroys farmlands and crops, while land degradation reduces soil fertility both of which diminish agricultural output and household incomes, thereby deepening poverty.

The significant effect of insecurity on poverty ($\beta = 0.37$, $p = .001$) corroborates Adetunji and Oyetunde (2019), who found that banditry and kidnapping restrict farmers' access to land and markets in northern Nigeria. The qualitative data from key informant interviews further confirmed that farmers frequently abandon fields in insecurity-prone areas, resulting in reduced yields and economic hardship.

The significant interaction effect ($\beta = 0.29$, $p = .007$) supports Environmental Security Theory (Homer-Dixon, 1999), demonstrating that when environmental degradation and insecurity co-occur, their combined impact on poverty is greater than their independent effects. This finding highlights the importance of addressing these challenges jointly rather than in isolation.

5. Conclusion and Recommendations

5.1 Conclusion

This study examined the interrelationship between poverty, insecurity, and environmental degradation in Niger State, Nigeria, with the aim of identifying sustainable development pathways. The findings reveal that these three phenomena are deeply interconnected and mutually reinforcing, forming a cycle that perpetuates vulnerability and underdevelopment.

Empirical results from the regression analysis indicate that both environmental degradation and insecurity exert statistically significant positive effects on poverty levels. Environmental challenges such as flooding and land degradation reduce agricultural productivity and income, while insecurity disrupts economic activities, limits access to farmlands, and discourages investment. More importantly, the significant interaction effect between environmental degradation and insecurity further intensifies poverty, underscoring the compound nature of these challenges and the inadequacy of single-issue policy approaches.

5.2 Recommendations

Environmental management. The government should invest in flood control infrastructure including dams, drainage systems, and early warning mechanisms to reduce environmental risks. Climate-smart agriculture, afforestation programs, and soil conservation techniques should be promoted to improve land productivity and mitigate degradation. Community-based environmental programs and local participation in conservation should be strengthened through awareness campaigns and community-driven initiatives.

Security enhancement. Security agencies should be adequately resourced to protect rural farming communities from banditry and communal violence. Community policing and conflict resolution

mechanisms should be instituted at the local government level to address farmer herder conflicts and resource-based disputes.

Integrated policy framework. Policymakers should adopt a multi-sectoral approach that addresses poverty, environmental degradation, and insecurity simultaneously. Poverty alleviation programs should incorporate environmental resilience components, and environmental management strategies should account for security implications. Inter-agency coordination between Ministries of Agriculture, Environment, and relevant security agencies should be institutionalized, with a dedicated inter-ministerial committee to monitor implementation.

Future research. Future studies should explore longitudinal and panel data approaches to track changes in the poverty–environment–security nexus over time in Niger State. Qualitative studies examining community-level resilience strategies and gender-differentiated impacts are also recommended.

References

- Adetunji, M., & Oyetunde, M. (2019). Social exclusion and rural insecurity in Nigeria. *Journal of Development Studies*, 12(3), 45–60.
- Ayanlade, A., & Ojebola, T. (2016). Climate change and land degradation in Nigeria. *Environmental Research Journal*, 10(2), 85–102.
- Azariadis, C., & Stachurski, J. (2005). Poverty traps. In P. Aghion & S. Durlauf (Eds.), *Handbook of economic growth* (pp. 295–384). Elsevier.
- Department for International Development. (1999). Sustainable livelihoods guidance sheets. DFID.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2022). The state of food security and nutrition in the world 2022. FAO. <https://doi.org/10.4060/cc0639en>
- Homer-Dixon, T. (1999). *Environment, scarcity, and violence*. Princeton University Press.
- Nunnally, J. C. (1978). *Psychometric theory* (2nd ed.). McGraw-Hill.
- Ogungweru, P. O. (2023). Climate change and insecurity in Nigeria. *African Security Review*, 32(1), 15–29.
- Onwumere, J., & Anyanwu, S. (2021). Environmental degradation and agricultural productivity in Nigeria. *African Journal of Agricultural Economics*, 8(1), 33–49.
- Sele, J. P., & Zongo, A. (2025). Root causes of poverty in Nigeria. *Journal of African Development Studies*, 18(2), 102–120.
- United Nations Environment Programme. (2022). Environmental degradation and conflict linkages in Sub-Saharan Africa. UNEP.
- World Bank. (2022). Poverty and inequality in Nigeria: An assessment. World Bank Group. <https://www.worldbank.org/en/country/nigeria/publication/poverty-assessment>
- World Health Organization. (2025). Multi-hazard risk assessment in Niger State, Nigeria. WHO Regional Office for Africa.
- Yamane, T. (1967). *Statistics: An introductory analysis* (2nd ed.). Harper and Row.

DAMIYAH: FROM ADAM'S DESCENT, THE LOWER JORDAN BASIN AND THE ZARQA VALLEY AS A POTENTIAL SPATIAL FRAMEWORK FOR ADAM'S SETTLEMENT AND THE BEGINNINGS OF HUMAN CIVILIZATION**Mohammed Waheeb**

The Hashemite University, Department of Sustainable Tourism, Queen Rania Faculty of Archaeology, Heritage, & Tourism

Amal Kamal Kanani

Research Assistant in International Relations of Cultural Heritage – Amman, Jordan

Abstract

This research addresses a geo-historical hypothesis that seeks to re-evaluate the beginnings of human existence on Earth by examining the Lower Jordan Basin and its hydrological extension toward the Zarqa Valley as a potential spatial framework for the descent and initial settlement of Adam (peace be upon him). The study adopts an integrative approach that synthesizes geographical, environmental, archaeological, and linguistic data to explore the compatibility of the region's natural and historical characteristics with narratives associated with the dawn of human vicegerency.

The research focuses primarily on Jordan as a geographical space possessing exceptional features that combine abundant water resources, fertile soil, and the continuity of human settlement across ancient epochs, while drawing upon a series of field-based indicators that support this hypothesis. The study examines three interconnected evidential pathways: the first is the geo-chemical and linguistic evidence related to the red alluvial soil (Terra Rossa) widespread in the Damia region and the Central Ghor, highlighting its semantic intersection with the ancient Semitic root "Adamah", which denotes fertile red earth. The second pathway addresses the cognitive and cultural divergence between early human settlement sites in the Jordan Basin—specifically the Ubeidiya site—and subsequent evidence reflecting the emergence of more complex patterns of social organization and symbolic consciousness, as manifested in the burial monuments and megalithic structures (dolmens) of the Damia region. The third pathway focuses on the chronological hydrological sequence extending from the Central Ghor to the Zarqa Valley and Ain Ghazal, viewing it as a natural corridor that explains the evolution of human settlement and its transition from initial localization to phases of agriculture, urbanization, and the formation of settled communities.

The research concludes that the Lower Jordan Basin and the Zarqa Valley represent a geographical model highly worthy of investigation within the context of researching the earliest environments associated with the beginnings of human vicegerency. It proposes a multidisciplinary research framework that links archaeological, environmental, and linguistic data with historical and religious accounts pertaining to Adam (peace be upon him). Furthermore, it underscores the importance of continuing field studies and employing modern geospatial technologies to uncover further evidence that may contribute to a deeper understanding of the geography of human beginnings in the Southern Levant.

Keywords: Adam (peace be upon him), Lower Jordan Basin, Zarqa Valley, Damia, Ain Ghazal, Geography of Descent, Human Vicegerency, Jordanian Archaeology, Southern Levant.

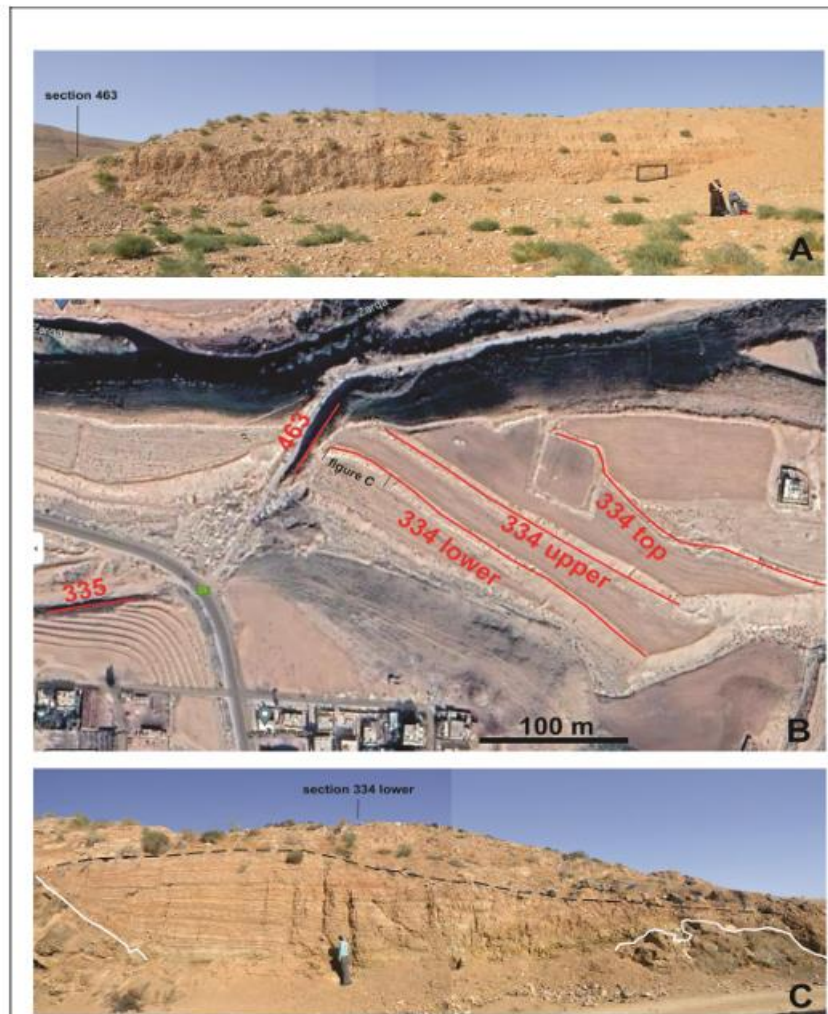


Fig. 1. Sites 334 and 463. A) Western part of Site 334 lower, looking north, August 18, 2022.

INTRODUCTION AND THEORETICAL FRAMEWORK

The investigation into the geographical origins of human beginnings has long been a focal point of multidisciplinary scholarship, bridging the gap between empirical scientific inquiry and historical-theological narratives. While mainstream paleoanthropology primarily highlights the East African Rift System as the foundational cradle of early hominins, the Southern Levant—and specifically the unique geomorphological system of the Lower Jordan Basin and the Zarqa Valley—presents an extraordinary, unbroken record of hominin presence and environmental continuity. This research introduces a geo-historical hypothesis that conceptualizes this specific Levantine corridor not merely as a transit route for early human migration, but as a primary spatial framework for the initial localized settlement and cosmic descent of Adam (peace be upon him), marking the dawn of human vicegerency (*Istikhlaf*).

By adopting an integrative methodology, this study synthesizes empirical data from Quaternary geology, prehistoric archaeology, and Semitic historical linguistics with the structural narratives of early human history. The unique environmental architecture of the Jordan Rift Valley offers an unparalleled setting for this hypothesis. Characterized by extreme altitudinal variations, a highly localized microclimate, perennial freshwater sources, and exceptional biodiversity, the region provided the ideal ecological sanctuary capable of sustaining the transition from initial human localization to complex cognitive awareness.

To contextualize this hypothesis, the research operates within a framework that aligns physical field-based indicators with cultural and linguistic paradigms. The transition of humanity from a state of basic

biological existence to a state of conscious responsibility requires a geographical setting that reflects both physical abundance and symbolic significance. Through this lens, Jordan emerges not as a peripheral zone, but as a central geographic theater where environmental hospitality met the earliest manifestations of human spiritual and material development.

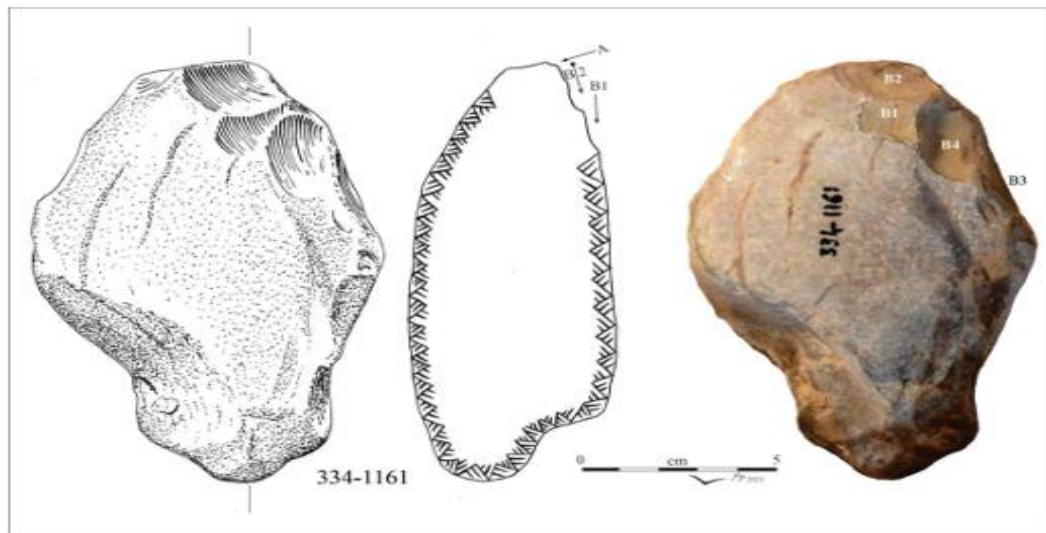


Fig. 2. Core or chopper on flat chert cobble from Site 334 Lower, weight 751 g, very abraded. Two series of flakes (A, B) have been struck on distal end, with double patina.

ANALYSIS OF THE THREE EVIDENTIAL PATHWAYS

1. The Linguistic and Geo-Chemical Corridor: *Terra Rossa* and *Adamah*

The first pathway investigates the profound intersection between the physical soil composition of the Central Ghor and the linguistic heritage of early Semitic languages. The Damia region and the adjacent basins of the Lower Jordan Valley are heavily characterized by rich deposits of alluvial red soil, scientifically classified as *Terra Rossa*. This iron-oxide-rich clay is renowned for its exceptional fertility and distinct reddish hue.

Linguistically, the ancient Semitic root "**A-D-M**" forms the structural basis for both the proper name *Adam* and the word *Adamah*, which explicitly translates to "ground," "soil," or "fertile red earth" in early West Semitic dialects. The geographical dominance of this specific soil type in a region historically recognized as an agricultural and societal cradle suggests that the naming of the first human is intrinsically tied to the physical geography of this landscape. The geo-chemical properties of the Damia region's soil provide an empirical, spatial anchor to the metaphysical narrative of man being created from the clay of the earth, suggesting a localized material origin within the Southern Levant.

2. Socio-Cognitive Evolution: From Ubeidiya to the Damia Dolmens.

The second pathway examines the archaeological evidence of human progression within the basin, tracking a profound shift from primitive toolmaking to symbolic, conscious organization. The Lower Jordan Basin hosts some of the oldest hominin sites outside of Africa, most notably the site of **Ubeidiya**, which documents early Acheulean stone tool industries dating back to the early Pleistocene. This reflects an initial, highly localized phase of human presence.

However, a dramatic cognitive and cultural divergence becomes evident when transitioning to the nearby **Damia fields**, which contain extensive concentrations of megalithic structures, specifically dolmens and ancient burial monuments. These dolmens represent far more than rudimentary shelters; they are field-based indicators of an emerging symbolic consciousness, complex social hierarchies, and

organized funerary practices. This transition marks the exact sociological shift associated with human vicegerency—where humans transition from merely reacting to their environment to actively shaping it through ritual, community architecture, and a conscious awareness of mortality and the metaphysical.

3. Hydrological Continuity: The Zarqa Valley to Ain Ghazal Axis

The third pathway explores the chronological and hydrological sequence that served as the natural infrastructure for human expansion. The environmental corridor extending from the Central Ghor upward through the **Zarqa Valley** acted as a natural, resource-rich highway. This valley, fed by perennial springs and characterized by a stable microclimate throughout the fluctuations of the Quaternary period, allowed early communities to migrate fluidly between the low-lying rift valley and the high Jordanian plateau.

The ultimate manifestation of this hydrological continuity is anchored at the Neolithic site of **Ain Ghazal**, located at the headwaters of the Zarqa River system. Ain Ghazal represents one of the earliest and largest settled agricultural communities in the Near East. The discovery of the famous monumental plaster statues at Ain Ghazal provides undeniable evidence of an advanced, highly evolved human community practicing specialized artistry, structured religion, and sedentary agriculture. This hydrological axis demonstrates a clear evolutionary trajectory: a natural geographic corridor that guided humanity from initial divine localization in the valley to the establishment of organized, urbanized civilization.

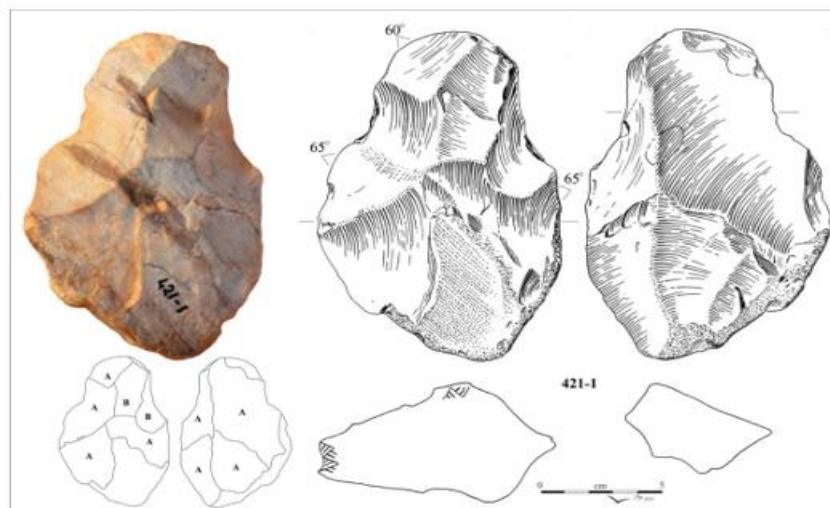


Fig. 3. Rough and very worn handaxe, on flat chert cobble, with cortical bottom, from Site 421; it has been trimmed by two series of scars (A, B); 852 g. Although the outcrop had been reported since 2013, this is the first among seven artifacts recovered in 2022.

MULTIDISCIPLINARY FUTURE DIRECTIONS AND CONCLUSION

The integration of geographical, linguistic, and archaeological datasets presented in this study demonstrates that the Lower Jordan Basin and the Zarqa Valley cannot be viewed merely as passive geographical features. Instead, they constitute a highly coherent, dynamic model that offers profound insights into the environmental contexts surrounding the dawn of human history. The geographic compatibility between the region's physical assets—such as the fertile *Terra Rossa* corridors and stable hydrological networks—and the historical-religious accounts of the initial settlement of Adam (peace be upon him) warrants a rigorous, systematic expansion of field-based research.

To validate and refine this geo-historical hypothesis, future scholarly endeavors must adopt advanced technological frameworks. The utilization of **Geospatial Technologies (GIS)** and remote sensing will allow researchers to reconstruct paleohydrological maps and Pleistocene micro-environments with precise accuracy.

Sub-surface radar imaging and extensive geo-archaeological excavations in the Damia and Central Ghor regions are critically required to uncover deeper stratigraphic layers that may hold undiscovered evidence of early human settlement and symbolic expression. Furthermore, interdisciplinary collaboration between geochemists, linguists, and historians can establish a more precise chronological timeline matching soil sedimentation rates with the cultural transitions observed in the region's megalithic structures.

In conclusion, this research establishes that the unique natural and historical landscape of Jordan provides a credible, scientifically viable framework for exploring the physical geography of human beginnings. By linking the material evidence of the Southern Levant's oldest archaeological strata with the profound socio-cognitive milestones of human vicegerency, we open a new paradigm in historical geography. This approach does not replace empirical archaeology; rather, it enriches it, offering a holistic perspective that honors both the material remnants of human evolution and the deeply rooted cultural and spiritual narratives of humanity's origins on Earth.

*Jordan Journal
For History and Archaeology*

Volume 18, No.2, 2024



Fig. 4: Site 428, looking NE, Dawqara Fm. The site is divided in two outcrops, both overlying the upper basalt (UB). In the eastern side a globular core was recovered in 2015, and, in 2022, more artifacts were localized at its bottom close to the top of the road (white point).

*Jordan Journal
For History and Archaeology*

Volume 18, No.2, 2024



Fig. 5: Site 415', looking NE, upper Dawqara Fm. It is at south of Site 415, now destroyed by the house. The black lines separate the uppermost reworked sediment from the underlying Dawqara Fm. This site is correlated to the master Site 330.

REFERENCES

- Bardaon, M., & Waheeb, M. (2022). *The Geological and Cultural Heritage of the Jordan Rift Valley: Prehistoric Horizons*. Amman: Jordan University Press.
- Bar-Yosef, O., & Belfer-Cohen, A. (2001). From Africa to Eurasia — early dispersals. *Quaternary International*, 75(1), 19-28.
- Cafirr, J. (2014). *The Megalithic Culture of the Southern Levant: Dolmens and Burial Traditions in the Jordan Valley*. Oxford: Archaeopress.
- Garrard, A. N., & Byrd, B. F. (2013). *Beyond the Jordan: Late Paleolithic and Neolithic Settlements in the Levant*. Warminster: Aris & Phillips.
- Kafafi, Z. (2010). *Ain Ghazal: A Major Neolithic Settlement in Central Jordan*. Amman: Department of Antiquities of Jordan.
- Palumbo, G. (1994). *The Early Bronze Age IV in the Southern Levant: Settlement Patterns, Economy, and Ritual*. Roma: Università degli Studi di Roma "La Sapienza".
- Rollefson, G. O., Simmons, A. H., & Kafafi, Z. (1992). Neolithic cultures at 'Ain Ghazal, Jordan. *Journal of Field Archaeology*, 19(4), 443-470.
- Shea, J. J. (2013). *Stone Tools in the Paleolithic and Neolithic Near East: A Guide with 3D Models*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Tchernov, E. (1987). The age of the 'Ubeidiya Formation (Jordan Valley, Israel). *Israel Journal of Earth Sciences*, 36(1), 3-30.
- Waheeb, M. (2019). *The Dawn of Human History in the Zarqa Valley: Archaeological and Environmental Indicators*. Hydro-Archaeological Studies Series, Vol. IV. Amman.

**DIGITAL MARKETING FATIGUE IN THE AGE OF CONTINUOUS ONLINE
ADVERTISING: EXPLORING ITS IMPACT ON CONSUMER WELL-BEING****Samir MERADI**

Faculty of Economics, Commerce and Management Sciences, Djillali Liabès University, Sidi Bel Abbès, Algeria.

ORCID ID: 0000-0003-3308-3204

Hela DIOUANI

Faculty of Economics, Commerce and Management Sciences, Djillali Liabès University, Sidi Bel Abbès, Algeria.

ORCID ID: 0000-0002-0268-6769

Naima LABIAD

Faculty of Economics, Commerce and Management Sciences, Djillali Liabès University, Sidi Bel Abbès, Algeria.

ORCID ID: 0009-0006-6606-8720

Abstract

The rapid expansion of digital technologies has fundamentally transformed the way organizations communicate with consumers. Through social media platforms, search engines, mobile applications, and video-sharing websites, individuals are exposed to a growing volume of online advertising messages on a daily basis. While digital marketing enables highly personalized and targeted communication, excessive advertising exposure may generate negative psychological consequences. In this context, the concept of digital marketing fatigue has emerged to describe feelings of exhaustion, irritation, disengagement, and reduced responsiveness resulting from repeated exposure to promotional content in digital environments. Despite the increasing prevalence of this phenomenon, limited research has examined its implications for consumer well-being. This study aims to explore the relationship between continuous online advertising and consumer well-being by identifying the factors contributing to digital marketing fatigue and examining how consumers react to such experiences. A qualitative exploratory approach is adopted: semi-structured interviews are conducted with active users of digital platforms, and the collected data are analyzed through thematic analysis supported by NVivo software. The study is expected to identify several dimensions of digital marketing fatigue, including advertising intrusiveness, information overload, cognitive burden, and emotional exhaustion, and to reveal how excessive advertising exposure influences consumer attitudes, online behaviors, and perceptions of well-being. By contributing to the emerging literature on consumer well-being in digital environments, the research offers theoretical insights and practical recommendations for more ethical, consumer-centered, and sustainable digital marketing strategies.

Keywords: digital marketing fatigue; consumer well-being; online advertising; advertising intrusiveness; information overload; digital marketing; qualitative research.

1. Introduction

Over the past two decades, the diffusion of broadband connectivity, smartphones, and data-driven platforms has reorganized the relationship between organizations and their audiences. Marketing communication, once delivered through a limited set of broadcast channels and discrete time slots, now reaches individuals continuously and across virtually every digital touchpoint they inhabit. Search engines, social networking sites, mobile applications, e-commerce marketplaces, and video-sharing platforms all function simultaneously as content environments and advertising environments. As a result, the contemporary consumer is no longer occasionally exposed to promotional messages but is immersed in a persistent stream of commercial stimuli that follows them across devices and contexts throughout the day.

This always-on advertising regime is enabled by the logic of the attention economy, in which consumer attention is the scarce resource that platforms monetize. To capture that attention, advertisers rely on increasingly sophisticated targeting and personalization technologies. When executed well,

personalization can increase the relevance of advertising and improve the consumer experience; however, the same mechanisms that make advertising more relevant also make it more pervasive and, at times, more intrusive. Aguirre, Mahr, Grewal, de Ruyter, and Wetzels (2015) describe this tension as the personalization paradox: greater personalization can raise advertising effectiveness, yet it can simultaneously heighten consumers' feelings of vulnerability, particularly when data are collected covertly.

Against this backdrop, scholars and practitioners have begun to observe a distinctive negative response that accumulates with sustained exposure. Building on the broader notion of social media fatigue documented by Dhira, Yossatorn, Kaur, and Chen (2018), the present study refers to this response as digital marketing fatigue, which it defines as a state of exhaustion, irritation, disengagement, and reduced responsiveness arising from repeated and continuous exposure to promotional content in digital environments. Unlike a momentary annoyance with a single advertisement, digital marketing fatigue is conceived as a cumulative condition that develops over time as the cognitive and emotional costs of processing commercial messages outweigh their perceived value.

Although the antecedents of advertising avoidance and the consequences of excessive technology use have each received considerable attention, comparatively little research has examined how continuous advertising exposure relates to consumer well-being, understood as the satisfaction consumers derive from their marketplace experiences (Lee, Sirgy, Larsen, & Wright, 2002). This gap is significant because advertising is no longer a peripheral feature of digital life; it is woven into the platforms through which people work, socialize, and relax. If sustained exposure erodes consumers' psychological resources, the well-being implications extend well beyond the effectiveness of any individual campaign.

Accordingly, this study pursues two research questions. First, what factors contribute to the emergence of digital marketing fatigue among active users of digital platforms? Second, how do consumers experience and respond to this fatigue, and how do these experiences relate to their perceptions of well-being? To address these questions, the study adopts a qualitative exploratory design based on semi-structured interviews and thematic analysis. The remainder of the article is organized as follows. The next section reviews the relevant literature and develops a conceptual framework. The third section details the research methodology. The fourth section presents the anticipated results and discusses their theoretical and managerial implications. The final section concludes and identifies directions for future research.

2. Literature Review and Conceptual Framework

2.1 Continuous online advertising and the attention economy

Online advertising has evolved from static banner placements into an adaptive, algorithmically mediated system that delivers commercial messages in real time and at scale. Its defining feature is continuity: rather than appearing at discrete intervals, advertising now permeates the feeds, search results, and short-form videos that structure everyday digital activity. Because platform revenue depends on maximizing exposure, the volume and frequency of advertising tend to increase over time. Chae, Bruno, and Feinberg (2019) provide empirical evidence that the cumulative volume and placement of online advertising can produce negative effects on subsequent behavior. Analyzing a large-scale campaign, they distinguish wearout, a flattening of advertising returns, from weariness, a point beyond which additional exposures exert a negative marginal effect, and they find that a meaningful subgroup of users displays genuine weariness. This distinction is central to the present study, because digital marketing fatigue is precisely a state of weariness rather than mere diminishing returns.

2.2 From advertising avoidance to digital marketing fatigue

Research on consumers' resistance to advertising offers a useful foundation. Cho and Cheon (2004) developed an influential model of internet advertising avoidance built on three antecedents: perceived goal impediment, perceived ad clutter, and prior negative experience, with perceived goal impediment emerging as the strongest predictor. Their work frames avoidance as a cognitive, affective, and behavioral response to advertising that interferes with users' online goals. Complementing this account, Edwards, Li, and Lee (2002) drew on psychological reactance theory to explain why forced exposure to pop-up advertising generates perceived intrusiveness, which in turn produces irritation and avoidance.

They identified the incongruence of an advertisement with the user's current task and the intensity of cognitive engagement at the moment of interruption as key antecedents of perceived intrusiveness.

Digital marketing fatigue extends these avoidance frameworks in two ways. First, it shifts the unit of analysis from reactions to single advertisements toward an accumulated state produced by continuous exposure. Second, it incorporates an explicit affective and resource-depletion dimension. In this respect it parallels social media fatigue, which Dhir, Kaur, Chen, and Pallesen (2019) examine in terms of its antecedents and consequences, and which Dhir et al. (2018) link, through a stressor–strain–outcome logic, to elevated anxiety and depression. Digital marketing fatigue can therefore be situated within a family of digitally induced strain phenomena while retaining its specific origin in commercial communication.

2.3 Antecedents and proposed dimensions of digital marketing fatigue

Drawing the threads together, the literature suggests four interrelated dimensions through which continuous advertising may generate fatigue. The first is advertising intrusiveness. Consistent with Edwards et al. (2002), advertising that interrupts a valued task and resists dismissal is perceived as intrusive and provokes reactance. When intrusion is recurrent rather than isolated, the resulting irritation is hypothesized to accumulate into fatigue.

The second dimension is information overload. Eppler and Mengis (2004), in their cross-disciplinary review, describe how performance and satisfaction deteriorate once the volume of information exceeds an individual's processing capacity, following an inverted-U pattern. Bawden and Robinson (2009) further characterize the affective consequences of this condition, linking information overload to anxiety and related pathologies, while Roetzel (2019) consolidates the construct and its determinants within a contemporary framework. Continuous advertising contributes directly to the information load consumers must filter, making overload a plausible driver of fatigue.

The third dimension is cognitive burden. Even when individual advertisements are not perceived as intrusive, the sustained effort required to attend to, evaluate, and dismiss commercial stimuli consumes limited cognitive resources. This burden resonates with the technostress tradition: Tarafdar, Tu, Ragu-Nathan, and Ragu-Nathan (2007) demonstrate that stress created by information and communication technologies increases role stress and reduces productivity, illustrating how the demands of mediated environments can outstrip users' coping capacity.

The fourth dimension is emotional exhaustion, the depletion of affective resources that manifests as weariness and disengagement. The social media fatigue literature (Dhir et al., 2018; Dhir et al., 2019) provides the clearest precedent, showing that strain accumulated in digital environments can translate into adverse emotional outcomes. Privacy concerns intensify this dynamic: Aguirre et al. (2015) show that covert data collection heightens consumers' sense of vulnerability, and Wang, Yue, Ansari, Tang, Ding, and Jiang (2022) demonstrate that perceived risk and the negative emotions it evokes drive avoidance of online targeted advertising. Persistent vulnerability and risk perception are therefore expected to feed the emotional component of fatigue.

2.4 Consumer well-being

Consumer well-being is understood here as the satisfaction consumers derive from acquiring, possessing, consuming, maintaining, and disposing of goods and services, as conceptualized in the subjective measure developed by Lee et al. (2002). This marketplace-centered construct is embedded within broader subjective well-being: Ganglmair-Wooliscroft and Lawson (2012) show that subjective well-being shapes consumer sentiment toward marketing through spillover effects, implying that experiences in the consumption domain can influence, and be influenced by, individuals' overall life satisfaction. Framing the outcome in these terms allows the study to treat advertising not merely as a determinant of purchase behavior but as a feature of the consumption environment with potential consequences for how well consumers feel served by the marketplace.

2.5 Conceptual framework

Integrating these strands, the study proposes a framework in which continuous online advertising functions as an environmental stressor. Through the four dimensions of intrusiveness, information overload, cognitive burden, and emotional exhaustion, sustained exposure produces the strain state of

digital marketing fatigue. Fatigue, in turn, is expected to manifest in consumer responses, ranging from cognitive and behavioral avoidance to ad-blocking, platform disengagement, and reduced trust, and to relate negatively to consumer well-being. This structure mirrors the stressor–strain–outcome logic applied to social media fatigue by Dhir et al. (2018) while incorporating the reactance mechanism of Edwards et al. (2002) and the personalization–privacy tension identified by Aguirre et al. (2015). The framework is intentionally provisional: because the phenomenon is under-theorized, the qualitative design described below is used to refine, rather than confirm, these proposed relationships.

3. Research Methodology

3.1 Research design

Given the exploratory nature of the research questions and the limited prior theorization of digital marketing fatigue, the study adopts a qualitative, interpretivist design. A qualitative approach is appropriate because the objective is to understand how consumers subjectively experience, interpret, and respond to continuous advertising, rather than to test predefined hypotheses. The design privileges depth and meaning over statistical generalization and is well suited to surfacing dimensions of the phenomenon that standardized instruments might overlook.

3.2 Participants and sampling

Participants are active users of digital platforms who report regular exposure to online advertising across social media, search engines, mobile applications, or video-sharing websites. Purposive sampling is used to ensure variation in age, gender, occupation, and patterns of platform use, thereby capturing a range of advertising experiences. Recruitment continues until thematic saturation is reached, that is, until additional interviews cease to yield new themes; in exploratory interview studies this point is commonly reached within approximately fifteen to twenty-five participants, although the precise number is determined empirically rather than fixed in advance.

3.3 Data collection

Data are collected through semi-structured interviews guided by an interview protocol organized around the study's conceptual framework. The guide opens with broad questions about participants' daily digital routines and their general perceptions of online advertising, then moves to more focused prompts concerning experiences of intrusiveness, perceptions of information volume and clutter, the mental effort associated with filtering advertising, and any emotional responses such as irritation, weariness, or disengagement. Further questions explore behavioral reactions, including avoidance, ad-blocking, and reduced platform use, and invite participants to reflect on how these experiences relate to their sense of well-being. The semi-structured format ensures comparability across interviews while allowing the interviewer to probe unanticipated themes. Interviews are audio-recorded with consent and transcribed verbatim to preserve the participants' own language.

3.4 Data analysis

The transcripts are analyzed using thematic analysis, a flexible and widely used method for identifying, organizing, and interpreting patterns of meaning across a qualitative dataset. Analysis proceeds through familiarization with the data, the generation of initial codes, the search for and review of candidate themes, the definition and naming of final themes, and the production of the analytic account. NVivo software is used to manage coding, retrieve illustrative extracts, and document the evolving coding structure, thereby supporting transparency and consistency. Both deductive coding, informed by the four proposed dimensions, and inductive coding, open to themes emerging from the data, are combined so that the framework can be elaborated or revised in light of participants' accounts.

3.5 Trustworthiness

The rigor of the study is established through the criteria of credibility, transferability, dependability, and confirmability. Credibility is supported by verbatim transcription, the use of participants' own words as evidence, and member reflections where feasible. Transferability is enabled by thick description of the

research context and participant characteristics, allowing readers to judge the applicability of findings to other settings. Dependability and confirmability are strengthened by maintaining an audit trail of analytic decisions within NVivo and by reflexive attention to the researchers' assumptions throughout the coding process.

3.6 Ethical considerations

Participation is voluntary and based on informed consent. Participants are advised of the study's purpose, of their right to withdraw at any time without consequence, and of the measures taken to protect their data. All records are anonymized, identifying details are removed from transcripts, and data are stored securely and used solely for research purposes. Because the study touches on personal experiences and well-being, the interviewer is attentive to participant comfort and avoids any line of questioning that could cause distress.

4. Expected Results and Discussion

Because data collection and analysis are ongoing, this section presents the results the study is designed to surface and discusses them in light of the reviewed literature. The anticipated findings are organized around the dimensions of digital marketing fatigue, the consumer responses it provokes, and its relationship to well-being.

4.1 Anticipated dimensions of digital marketing fatigue

The study expects participants' accounts to corroborate the four proposed dimensions. Reports of advertisements that interrupt valued activities and resist dismissal would substantiate the intrusiveness dimension and align with the reactance mechanism described by Edwards et al. (2002). Descriptions of feeling flooded by repetitive or irrelevant promotional content would reflect information overload as theorized by Eppler and Mengis (2004) and Bawden and Robinson (2009). Accounts of the mental effort required to continually filter commercial stimuli would evidence cognitive burden, echoing the technostress dynamics documented by Tarafdar et al. (2007). Finally, expressions of weariness, indifference, or emotional depletion would capture the emotional exhaustion dimension that parallels the social media fatigue findings of Dhir et al. (2018, 2019). The qualitative design also leaves room for additional or hybrid themes; for instance, privacy-related unease may emerge as a distinct thread connecting intrusiveness and exhaustion, consistent with Aguirre et al. (2015) and Wang et al. (2022).

4.2 Anticipated consumer responses

The study anticipates a spectrum of responses ranging from cognitive avoidance, such as deliberately ignoring advertising, through behavioral avoidance, such as scrolling past, skipping, or installing ad-blocking tools, to broader disengagement from platforms perceived as oversaturated. These responses are expected to mirror the avoidance model of Cho and Cheon (2004), in which perceived goal impediment, clutter, and prior negative experience drive avoidance, and to extend it by showing how repeated avoidance hardens into a stable orientation toward digital advertising. A further anticipated response is an erosion of trust: where participants perceive that their data are used covertly or that advertising follows them across contexts, the resulting sense of vulnerability (Aguirre et al., 2015) and perceived risk (Wang et al., 2022) is likely to depress both engagement and confidence in the brands and platforms involved.

4.3 Anticipated implications for consumer well-being

The central contribution lies in connecting these experiences to consumer well-being. The study expects participants to articulate that sustained advertising exposure, and the fatigue it produces, diminishes the quality of their digital experiences and, by extension, their satisfaction with the marketplace as conceptualized by Lee et al. (2002). Given the spillover relationship between consumption experiences and subjective well-being identified by Ganglmair-Wooliscroft and Lawson (2012), persistent fatigue may also color participants' broader sentiment toward marketing and, in some cases, their general sense of digital well-being. Importantly, the relationship is unlikely to be uniformly negative; some participants may describe coping strategies, such as curating their feeds or restricting platform use, that

restore a degree of control. Such accounts would enrich the framework by revealing the conditions under which fatigue is mitigated rather than merely intensified.

4.4 Theoretical implications

Theoretically, the study contributes to the emerging literature on consumer well-being in digital environments by articulating digital marketing fatigue as a distinct, multidimensional construct positioned between continuous advertising exposure and well-being outcomes. It adapts the stressor–strain–outcome framework, previously applied to social media use (Dhir et al., 2018), to the specific domain of commercial communication, and it integrates the reactance, overload, technostress, and personalization–privacy perspectives that have largely been studied in isolation. In doing so, it offers a vocabulary and a provisional model that future quantitative work can operationalize and test.

4.5 Practical and managerial implications

For practitioners, the findings are expected to underscore that maximizing exposure can be self-defeating once consumers cross the threshold from wearout into weariness identified by Chae et al. (2019). The study points toward more ethical, consumer-centered, and sustainable advertising practices: moderating frequency and respecting attentional limits, improving the relevance and contextual congruence of placements to reduce perceived intrusiveness, increasing transparency around data use to address the vulnerability that covert collection creates (Aguirre et al., 2015), and giving consumers meaningful control over the advertising they receive. Such measures align the long-term interests of advertisers and platforms with the well-being of the consumers on whom their business models ultimately depend.

5. Conclusion

Continuous online advertising has become an inescapable feature of digital life, and this study has argued that its cumulative psychological costs deserve sustained scholarly attention. Conceptualizing digital marketing fatigue as a multidimensional strain state encompassing advertising intrusiveness, information overload, cognitive burden, and emotional exhaustion, the study proposes a framework linking persistent advertising exposure to consumer responses and to consumer well-being, and it advances a qualitative design to explore this framework through the lived experiences of platform users. The study has limitations that also define its boundaries. As an exploratory qualitative inquiry, it prioritizes depth and conceptual development over statistical generalization, and its anticipated findings will require confirmation through larger, quantitative research. The reliance on self-reported experience, while appropriate for understanding subjective fatigue, cannot capture behavioral or physiological responses directly. Future research could develop and validate a measurement scale for digital marketing fatigue, test the proposed stressor–strain–outcome relationships across cultures and platforms, and examine the effectiveness of specific design interventions, such as frequency capping or enhanced transparency, in protecting consumer well-being. By naming and structuring a phenomenon that consumers increasingly experience but that research has only begun to address, the study aims to lay groundwork for a more humane and sustainable approach to digital marketing.

References

- Aguirre, E., Mahr, D., Grewal, D., de Ruyter, K., & Wetzels, M. (2015). Unraveling the personalization paradox: The effect of information collection and trust-building strategies on online advertisement effectiveness. *Journal of Retailing*, 91(1), 34–49. <https://doi.org/10.1016/j.jretai.2014.09.005>
- Bawden, D., & Robinson, L. (2009). The dark side of information: Overload, anxiety and other paradoxes and pathologies. *Journal of Information Science*, 35(2), 180–191. <https://doi.org/10.1177/0165551508095781>
- Chae, I., Bruno, H. A., & Feinberg, F. M. (2019). Wearout or weariness? Measuring potential negative consequences of online ad volume and placement on website visits. *Journal of Marketing Research*, 56(1), 57–75. <https://doi.org/10.1177/0022243718820587>
- Cho, C.-H., & Cheon, H. J. (2004). Why do people avoid advertising on the internet? *Journal of Advertising*, 33(4), 89–97. <https://doi.org/10.1080/00913367.2004.10639175>

- Dhir, A., Kaur, P., Chen, S., & Pallesen, S. (2019). Antecedents and consequences of social media fatigue. *International Journal of Information Management*, 48, 193–202. <https://doi.org/10.1016/j.ijinfomgt.2019.05.021>
- Dhir, A., Yossatorn, Y., Kaur, P., & Chen, S. (2018). Online social media fatigue and psychological wellbeing—A study of compulsive use, fear of missing out, fatigue, anxiety and depression. *International Journal of Information Management*, 40, 141–152. <https://doi.org/10.1016/j.ijinfomgt.2018.01.012>
- Edwards, S. M., Li, H., & Lee, J.-H. (2002). Forced exposure and psychological reactance: Antecedents and consequences of the perceived intrusiveness of pop-up ads. *Journal of Advertising*, 31(3), 83–95. <https://doi.org/10.1080/00913367.2002.10673678>
- Eppler, M. J., & Mengis, J. (2004). The concept of information overload: A review of literature from organization science, accounting, marketing, MIS, and related disciplines. *The Information Society*, 20(5), 325–344. <https://doi.org/10.1080/01972240490507974>
- Ganglmair-Wooliscroft, A., & Lawson, R. (2012). Subjective wellbeing and its influence on consumer sentiment towards marketing: A New Zealand example. *Journal of Happiness Studies*, 13(1), 149–166. <https://doi.org/10.1007/s10902-011-9255-9>
- Lee, D.-J., Sirgy, M. J., Larsen, V., & Wright, N. D. (2002). Developing a subjective measure of consumer well-being. *Journal of Macromarketing*, 22(2), 158–169. <https://doi.org/10.1177/0276146702238219>
- Roetzel, P. G. (2019). Information overload in the information age: A review of the literature from business administration, business psychology, and related disciplines with a bibliometric approach and framework development. *Business Research*, 12(2), 479–522. <https://doi.org/10.1007/s40685-018-0069-z>
- Tarafdar, M., Tu, Q., Ragu-Nathan, B. S., & Ragu-Nathan, T. S. (2007). The impact of technostress on role stress and productivity. *Journal of Management Information Systems*, 24(1), 301–328. <https://doi.org/10.2753/MIS0742-1222240109>
- Wang, H. J., Yue, X. L., Ansari, A. R., Tang, G. Q., Ding, J. Y., & Jiang, Y. Q. (2022). Research on the influence mechanism of consumers' perceived risk on the advertising avoidance behavior of online targeted advertising. *Frontiers in Psychology*, 13, 878629. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2022.878629>

AN ANALYSIS OF INSTAGRAM ADVERTISEMENTS FOR FASHION AND PERSONAL CARE PRODUCTS PROMOTED BY FEMALE INFLUENCERS*KADIN FENOMENLERİN MODA VE BAKIM ÜRÜNLERİNİ İÇEREN INSTAGRAM REKLAMLARINA YÖNELİK BİR ANALİZ***Zeynep KOCAMAN**

Ataturk University, Faculty of Communication, Department of Journalism, Erzurum, Turkey,
ORCID: ID/0009-0009-3979-2838

Doç. Dr. Ash KÖSEOĞLU

Ataturk University, Faculty of Communication, Department of Journalism, Erzurum, Turkey,
ORCID: ID/0000-0003-0180-7730

ABSTRACT

With the development and transformation of communication technologies, digital marketing strategies have gained momentum. The easy accessibility of the internet has enabled the concept of social media to emerge and develop rapidly; thanks to social media, it has become easier for companies to make more profit by reducing the advertising cost. In the era in which it is lived, advertising has become a strategy; consumers have been included in consumption through subconscious messages or content that directs to buy. Today, advertisements have gained a place on social media as well as being on billboards, hand brochures, shop signs, posters, public transportation and showcases. In fact, it is extremely common for individuals to recommend a product or service they like to others, especially on Instagram. In this direction, it is appropriate to say that advertising processes have undergone transformation. Recently, defined as a phenomenon, content producers have moved to a position to the earn income by publishing advertisements belonging to various companies on their personal social media accounts. While phenomena attract attention as people with a large following base, they take individuals from different segments of society as a target audience and market products to their audiences. In this medium, especially female phenomena; promoting clothing, using beauty and care products to instill confidence in their followers about the product they use. Work. In the study, eight advertising contents about fashion and skin care in the post and story sections of the accounts belonging to four female phenomena with more than on million followers on Instagram media were examined with content analysis. As a result of the study, preferring comfortable environments such as home to direct the followers of female phenomena to buy it has been determined that they do and sometimes highlight their physical properties.

Keywords: Instagram, Woman, Phenomenon, Advertising, Consumption Culture.

ÖZET

İletişim teknolojilerinin gelişimi ve dönüşümüyle birlikte dijital pazarlama stratejileri ivme kazanmıştır. İnternetin kolay erişilebilirliği, sosyal medya kavramının ortaya çıkmasını ve hızla gelişmesini sağlamış; sosyal medya sayesinde firmaların reklam maliyeti azalarak daha fazla kâr elde etmeleri kolaylaşmıştır. İçinde yaşanılan çağda reklam, adeta bir strateji haline gelmiş; tüketiciler, bilinçaltı mesajlar ya da doğrudan satın almaya yönlendiren içerikler aracılığıyla tüketime dahil edilmiştir. Bugün reklamlar televizyon ekranlarında, el broşürlerinde, dükkân tabelalarında, afişlerde, toplu taşıma araçlarında veya vitrinlerde yer almanın yanı sıra sosyal medyada da kendine yer edinmiştir. Hatta bireylerin beğendikleri bir ürünü ya da hizmeti, başka kişilere önermesi bugün özellikle Instagram’da son derece yaygındır. Bu doğrultuda reklam yayınlama süreçlerinin dönüşüm geçirdiğini söylemek yerindedir. Son zamanlarda fenomen olarak tanımlanan sosyal medya içerik üreticileri, kişisel hesaplarında çeşitli firmalara ait reklamları yayınlayarak gelir elde eden bir konuma geçmiştir. Fenomenler geniş takipçi kitlesine sahip kişiler olarak dikkat çekerken toplumun farklı kesimlerindeki bireyleri hedef kitle olarak almakta ve onlara ürün pazarlamaktadır. Bu mecra da özellikle kadın fenomenler; kıyafet tanıtımı yapmakta, güzellik ve bakım ürünlerini kullanarak takipçilerine kullandıkları ürün ile ilgili güven aşılamaya çalışmaktadır. Bu çalışmada, Instagram mecrasında takipçi sayısı bir milyonun üzerinde olan dört kadın fenomene ait hesapların gönderi ve hikâye bölümlerinde yer alan moda ve cilt bakımıyla ilgili sekiz reklam içeriği, içerik analiziyle incelenmiştir. Çalışmanın sonucunda, kadın fenomenlerin takipçilerini

satın almaya yönlendirmek için ev gibi rahat ortamları tercih ettikleri ve bazen de fiziksel özelliklerini ön plana çıkardıkları saptanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Instagram, Kadın, Fenomen, Reklam, Tüketim Kültürü.

GİRİŞ

Web teknolojilerinin gelişmesiyle birlikte internet, önemli bir reklam mecrası haline gelmiştir. Reklam verenler, hedef kitlelerine zaman ve mekân sınırlaması olmaksızın ulaşabilmek amacıyla, sosyal medyayı temel reklam mecralarından biri olarak kullanmaya başlamıştır. İnternet sayesinde hedef kitleye kesintisiz erişim sağlanırken, maliyet açısından da olumlu sonuçlar elde edilmiştir. Ayrıca tüketicinin içerikleri beğenmesi ve yorum yapması yoluyla ürün ve markalar hakkında doğrudan geri bildirim (etkileşim) elde edilmesi sağlanmıştır (Avşar vd. 2011: 121-123). Sosyal medyanın yaygınlaşmasıyla birlikte örgütler, bu alanı stratejik bir iletişim kanalı olarak kullanmaya başlamış; hedef kitlenin ilgi alanlarına yönelik içerik üretimi ve paylaşımları sayesinde bireylerin marka ile daha yoğun biçimde etkileşim kurulması sağlanmıştır (Kuş, 2016: 42).

Reklamlara eklenen simgeler ve örtük mesajlar aracılığıyla bireyler, söz konusu ürüne veya markaya çekilir hale gelmiştir. Bu bağlamda bireyin dikkati, ürünün ya da hizmetin işlevselliğinden ziyade pazarlanan ürünün bireye sağlayacağı psikolojik hazza yönlendirilmiştir. Böylece birey, haz odaklı bir çerçevede şekillendirilerek sürekli bir arayış içerisinde olma durumuna getirilmiş ve reklamlar üzerinden kendini bulma sürecine dahil edilmiştir. Tüketiciler ihtiyaçları doğrultusunda hareket etmek yerine haz ve tatmin duyguları ekseninde konumlandırılmaya çalışılmıştır. Mevcut sistem; arzu ve istek arasındaki sınırı ortadan kaldırarak arzuyu yapısal bir ihtiyaç haline dönüştürmüş ve tüketimi sürekli kılmıştır (Güler, 2019: 14-15).

Geleneksel reklamcılığın tek yönlü yapısının aksine Instagram, sunduğu interaktif ve yoğun görsel içerikler sayesinde, markaların tüketicilerle doğrudan bağ kurmalarını sağlamıştır. Bugün bu bağın kurulmasında ve sürdürülmesinde sosyal medya fenomenleri önemli stratejik aktörler haline gelmiştir. Fenomenler, takipçileriyle kurdukları samimi ve “bizden biri” merkezli iletişim modeli sayesinde, tüketiciler üzerinde ciddi ikna gücü elde etmişlerdir. Moda ve kişisel bakım ürünleri ise reklam faaliyetleri açısından görselliğin yoğun olduğu Instagram’ı önemli bir mecra haline getirmiştir.

Bu çalışmada, Instagram’da bir milyon ve üzeri takipçiye sahip kadın fenomenlerin moda ve bakım ürünlerine yönelik reklam içeriklerinde kullandıkları pazarlama stratejileri incelenmiştir. Çalışma kapsamında, seydaerdogan, zeynepozkayaa, duyguozaslan ve ezgifindik adlı kullanıcıların Instagram hesaplarında paylaştıkları reklamlar, içerik analizi yöntemiyle incelenmiştir. Çalışmayla kadınların Instagram’daki reklam içerikli paylaşımlarının, satın alma noktasında nasıl kurgulandığının ve reklam içeriklerinde kadınlara yönelik nelerin ön plana çıkarıldığının açığa çıkarılması hedeflenmiştir.

Reklam Kavramı ve Instagram

Reklam kelimesinin etimolojik kökeni incelendiğinde, kavramın Latince “çağırma” anlamına gelen “*reclamare*” sözcüğünden türettiği ve Türkçe’ye Fransızca “*reclame*” kelimesinden geçerek dahil olduğu görülmektedir. Genel bir perspektiften bakıldığında reklam kavramı, bir ürün veya hizmetin tanıtımı ile pazarda farkındalık yaratılması süreçlerini kapsamaktadır (Tikveş, 2005: 194). Hedef kitleyi bilgilendirme ve ikna etme stratejilerine dayanan bu süreç, kitle iletişim araçları kanalıyla gerçekleştirilmekte ve tüketicinin satın alma davranışını yönlendirmeyi amaçlamaktadır (Akbulut ve Balkaş, 2006: 13). Reklam, ticari bir ürünün satışını gerçekleştirmenin ötesinde, bireyin kişilik özelliklerini biçimlendirmede, cinsel kimlik unsurlarını vurgulamada ve tüketimi teşvik ederek toplumsal kontrol mekanizmalarını işletmede etkin bir rol oynamaktadır (Yavuz, 2007: 47). Bu bağlamda reklamlar; görsel, işitsel, yazılı, hareketli videolardan oluşan kurmaca metinler olarak karşımıza çıkmaktadır. Reklamlar temelinde ikna etme amacı barındırmakla birlikte; farklı ilgi, beğeni ve beceri alanlarına sahip bireyleri bütüncül bir yaklaşımla kapsamayı hedeflemektedir (Sadakaoğlu, 2020: 58). Reklamlar, kullanıcıları satın alma noktasında teşvik etmeyi amaçlayan pazarlama stratejileri olmakla birlikte Köseoğlu’na göre, alıcıları satın alma noktasında yönlendiren güçlü güdüleyicilerdir. Ayrıca reklamlar, reklamı yapılan markanın diğerlerinden daha iyi olduğuna yönelik algı oluşturan içerikler olarak da dikkat çekmektedir (Köseoğlu, 2025: 51).

Bir pazarlama ürünü ve markalama süreci çıktısı olan reklam, alıcıları sürekli olarak satın almaya yönlendirmekte ve markaya ulaşılabilir yerleri kullanıcılara duyuran içerikler olarak karşımıza

çıkılmaktadır (White'dan akt Çakar Mengü, 2004: 119-120). Reklamcılık ise marka veya kurumun stratejik amaçları doğrultusunda yapılandırılan ikna edici iletilerin, uygun teknolojik kanallar ve sembolik kodlar aracılığıyla belirli hedef kitlelere aktaran çok boyutlu bir iletişim sürecini kapsamaktadır. Bu süreç kodların açımı ve tüketici davranışlarının bu kodlar sayesinde yönlendirilmesini amaçlamaktadır (Özkundakcı, 2012: 13). Ticari amaçların ön planda tutulduğu reklam faaliyetleri, ürünlerin hedef kitle nezdinde görünürlük kazanmasını ve satın alma eylemine dönüşmesini amaçlamaktadır (Tortop, 2009: 6).

Reklam belirli ürün, hizmet veya firmayı tanıtmak amacıyla, gelişmiş veya gelişmekte olan ülkelerin bireyi satın almaya yönlendirme veya ürünü ya da hizmeti bireyin aklında konumlandırma etkinliği olarak tanımlanmaktadır (Şimşek, 2008: 18). Reklamlar, yayımlandıkları alanlar-kanallar aracılığıyla geniş kitlelere ulaşma imkânına sahip olmakla birlikte içerisinde yaşanan toplumun kültürüyle de yakından ilişkilidir. Bireyler üzerinde reklamların sosyal, psikolojik, kültürel etkileri bulunmakta ve reklamlar bireyleri etkileri altına almaktadır. Reklamların bireyler açısından bazı sosyal sorumlulukları bulunmakta; bu bağlamda reklamın toplumsal norm ve değerlerden, kültürden beslenmesi gerekmektedir (Babür Tosun, 2007: 247).

Reklamın yanında tutundurma, halkla ilişkiler ve doğrudan pazarlama kavramları kullanılarak bütünsel pazarlama iletişimi de gerçekleştirilmekte (Serttaş Ertike ve Yılmaz, 2011: 79) ve bu sayede reklamın etkisinin artırılması amaçlanmaktadır. Reklam, hedef pazar açısından belirli bir ürünün veya hizmetin, hedef kitleye ulaşmasını sağlarken hedef kitlenin bu hizmeti-ürünü, rakiplerinden ayırmasını amaçlayan paralı bir tüketim aracı olarak karşımıza çıkmaktadır (Erol, 2006: 8-9). Bu bağlamda reklamın üç temel özelliği bulunmaktadır. Bunların başında reklamın bilgi verme işlevi gelmekte; örneğin yeni bir ürünün nasıl kullanılacağına anlatıldığı reklamlar, ürünün diğerlerinden ayrışma nedenlerini de tüketiciye sunmaktadır. Reklamların bir diğer özelliği ikna edici olmalarıdır. Bu doğrultuda reklamlar hedef kitlenin daha önceden kullandığı ürüne karşı tüketicilerin mevcut marka bağlılıklarını azaltarak yeni ürünlere yönelik olumlu bir tutum geliştirilmelerine zemin hazırlamaktadır. Üçüncü ve son işlev ise reklamların akılda kalıcılığı artırarak ürün veya markanın hatırlanmasını sağlamasıdır (Küçükerdoğan, 2005: 9).

Bilindiği üzere reklamlar bugün sadece televizyon ya da afişlerde yer almamakta; özellikle içerisinde yaşanan çağda, sosyal medya reklamları günden güne yükseliş göstermektedir. Bu bağlamda reklamların yoğun olarak yer aldığı Instagram'da her geçen gün kullanıcı sayısının artması, reklam stratejilerinin bu mecraaya yönelmesinin önemli bir gerekçesi olarak dikkat çekmektedir. Reklam verenler tüketiciyle olan etkileşimlerini daha etkili gerçekleştirebilmek adına her geçen gün çoğalan sosyal ağları kullanmakta ve verimliliği artırmak amacıyla sosyal paylaşım ağlarından yararlanmakta; mecraanın etkileşime olanak sağlayan etkin yapısı ise mecraayı doğrudan pazarlama imkânı sunan dijital platformlardan biri haline getirmektedir (Ertürk ve Ertem Eray, 2015: 67). Bugün sosyal medyanın günlük hayatın merkezine yerleşmesiyle birlikte reklam dünyasında "fenomen" kavramı bir güç haline gelmekte; fenomenler hesaplarından paylaştıkları içeriklerle, gösterdikleri yaşam tarzlarıyla ve sahip oldukları yüksek takipçi sayılarıyla dijital dünyanın yeni reklam yüzleri olarak dikkat çekmektedir. Ayrıca fenomenlerin takipçileriyle kurdukları samimi ve sürekli iletişim, fenomenleri reklam stratejilerinin önemli bir unsuru olarak da konumlandırılmaktadır.

YÖNTEM

Bu çalışma içerik analizi ile yapılmıştır. İçerik analizi, metinlerde yer alan söylemlerin gizli ve örtük anlamlarının okuyucu tarafından açığa çıkarılmasını temel almakta; içerik analizinin bu yapısı çıkarım yapma esasına dayanmaktadır (Bilgin, 2006: 1). İçerik analizinin amacı; metinde, görselde veya videoda söylemlerin ne şekilde gerçekleştiğini tespit etmek ve bu içeriklerin çözümlemesini yaparak yorumlanmasını sağlamaktır (Bal, 2016: 258).

Bu çalışmada, takipçi sayısı bir milyonun üzerinde olan seydaerdogan, zeyneppozkayaa, duyguozaslan ve ezgifindik adlı kadın fenomenlerin Instagram hesapları, içerik analiziyle incelenmiştir. Araştırmada kapsamlı veriye ulaşabilmek adına, 8 Aralık 2025- 12 Aralık 2025 tarihleri arasında sadece reklam içerikli olduğu saptanan paylaşımlardan öne çıkanlar irdelenmiştir. Çalışmayla kadınların Instagram'daki reklam içerikli paylaşımlarının, satın alma noktasında nasıl kurgulandığının tespitinin yapılması ve reklam içeriklerinde kadınlara yönelik nelerin ön plana çıkarıldığının açığa çıkarılması hedeflenmiştir.

BULGULAR

Yapılan araştırma neticesinde bir milyonun üzerinde takipçiye sahip beş kadın fenomenin 8 Aralık 2025-12 Aralık 2025 tarihleri arasında Instagram’da paylaştıkları video (reels), hikâye (story) ve gönderi (post) içerikleri analiz edilmiştir. Söz konusu içerikler; moda ve bakım kategorileri ekseninde, içerik türleri ve sunum biçimleri açısından incelenmiş. Bulgular aşağıda gösterilmiştir.

Fenomenlerin Reklamlarının İçerik Türleri ve Çeşitleri Bakımından İncelenmesi

Çalışmanın bu kısmında fenomenlerin reklam içeriklerine ilişkin bulgulara yer verilmiştir.

Paylaşılan İçeriklerin Alanları	İçerik Sayıları	Kısa Video (Reels)	Hikâye (Story)	Gönderi (Post)
Bakım	8	1	7	-
Moda	18	1	8	9
Yeme-İçme	3	1	2	-
Seyahat	1	-	1	-
Ev-Düzen	2	-	2	-

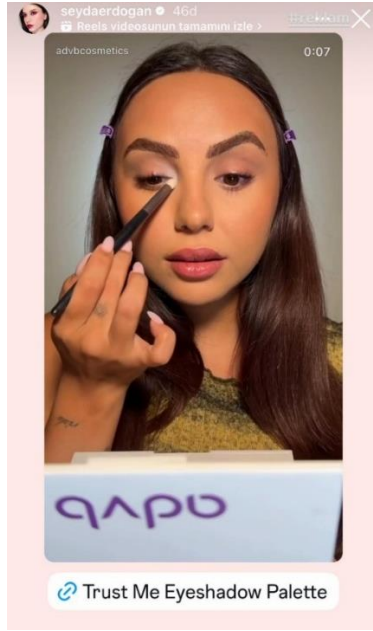
Tablo 1. Fenomenlerin reklamlar konuları

İncelenen reklam içeriklerine bakıldığında, fenomenlerin en yoğun paylaşımlarını moda alanında gerçekleştirdikleri görülmüştür. Bu içeriği sırasıyla bakım, yeme-içme, seyahat içerikleri ve ev-düzen kategorileri izlemiştir.

Paylaşımlara ait tabloya bakıldığında fenomenlerin Instagram’da en fazla hikâye formatını kullanarak reklam içeriği oluşturduğu saptanmıştır. Instagram’da hikâye formatının bu kadar yoğun kullanılmasının sebebi ise hikâye kısmının fenomenlere takipçileriyle anlık etkileşim olanağı sağlaması olarak belirlenmiştir. Ayrıca hikâye kısmında yapılan paylaşımlar 24 saat içerisinde yok olduğundan ve görüntüleyenleri gösterdiğinden pazarlama stratejileri açısından fenomenlere veri sunmuş ve dolayısıyla fenomenlerin içeriklerini düzenlemeleri noktasında yol gösterici olmuşlardır. Bakım ve moda alanında sunulan içeriklerin genel olarak hikâye kısmında paylaşılması ise tanıtımı yapılan ürünlerin gündelik yaşamın bir parçası gibi algılanmasına hizmet ettiği izlenimini oluşturmuştur. Bu stratejiler, reklamın ikna ediciliğini ve akılda kalıcılığını artırmayı amaçlamıştır.

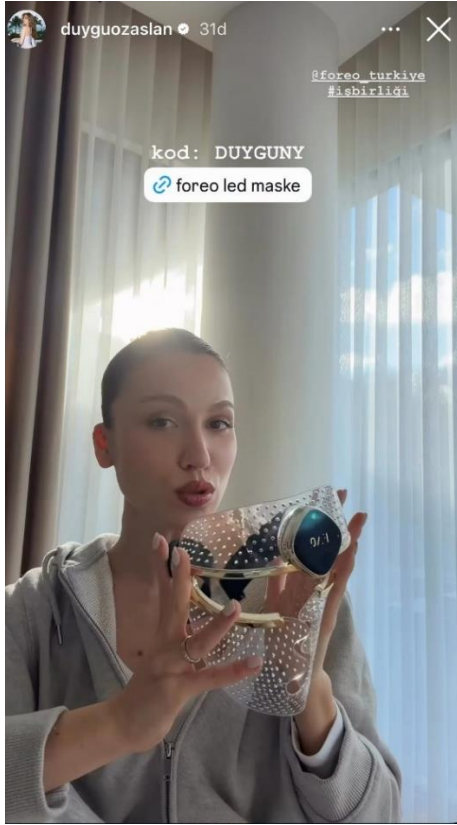
Hikâye formatından sonra en çok gönderi kısmında reklam paylaşımı yapılmış; gönderi formatında en çok moda alanının ön plana çıktığı saptanmıştır. Gönderi paylaşımlarının moda alanında fazla olması; modanın estetik kaygı barındırmasıyla ve görselliğin dikkat çekici olmasıyla ilişkilendirilmiştir. Gönderi kısmında paylaşım yapılmasıyla amaçlanan durum ise içeriklerin profilde kalıcı olmasını sağlamak, takipçilerin bu içeriklere istedikleri zamanda ulaşabilmesini hedeflemek ve dolayısıyla ürünün satın alınmasını artırmak olarak belirlenmiştir. Ayrıca gönderi paylaşımı, marka görünürlüğünün sürekli olmasına da hizmet eden yönüyle dikkat çekmiştir.

Video (reels) formatındaki paylaşımların gönderi ve hikâye paylaşımlarına oranla daha az olmasının sebebi ise bu kısmın hazırlanma sürecinin daha fazla teknik bilgi gerektirmesi ve zamana ihtiyaç duyulması olarak tespit edilmiştir. Ayrıca reklamın formatı gereği hızlı tüketime yönlendiren tarafla çelişen bu durum, bahsi geçen sebeplerden dolayı reels kısmının daha az kullanılmasına neden olmuştur. Aşağıda örnekleme dahil edilen fenomenlerin (seydaerdoğan, zeyneppozkayaa, duyguozaslan, ezgifindik) reklam paylaşımları ve bu reklamların içerikleri detaylı olarak irdelenmiştir.



Görsel 1. Şeyda Erdoğan adlı kullanıcıya ait içerik **Görsel 2.** Zeynep Özkaya adlı kullanıcıya ait içerik

Görsel 1 ve Görsel 2’de Şeyda Erdoğan ve Zeynep Özkaya adlı kullanıcılara ait Instagram paylaşımları yer almıştır. Her iki içerikte de cilt bakımı ve kozmetik ürünlerinin tanıtımının yapıldığı görülmüş; ürünlerin tanıtımı esnasında fenomenler gündelik kıyafetler giymiş bir halde takipçilerinin karşısına çıkmışlar ve bu sayede paylaşımlar “bizden birisi” izlenimini vermeye hizmet etmiştir. Dolayısıyla bu paylaşımların samimiyet temasıyla takipçileri tüketime yönlendirmeyi hedeflediği saptanmıştır. Hikâye kısmında yer alan bu paylaşımlarda fenomenler, ürünlerin nasıl kullanılacağını takipçilerine göstererek hem ürüne duydukları güveni aktarmışlar hem de ürünü satın almaları noktasında takipçilerini yönlendirmişlerdir. Paylaşımların kadınların cilt bakımı ve makyaj yapma gibi günlük yaşam pratiklerinden oluşması ise izleyici ile içerik arasındaki bağı kuvvetlendirerek ürüne yönelik olumlu algı oluşmasına hizmet etmiştir. Fenomenlerin paylaşım esnasında kullandıkları samimi ve etkili dil, kadınların takipçileriyle yakınlık kurmayı amaçladıklarını göstermiştir. Fenomenlerin bu ürünleri günlük rutinleri olarak kullandıklarını söylemeleri hedef kitleyi etkilemek amacıyla ifade edilmiş ve bu sayede, takipçilerin ürünü satın almaları amaçlanmıştır. Bununla beraber fenomenlerin sade ve doğal görünümleriyle birlikte kullandıkları gündelik dil, içeriğin reklam amacından çok sanki bir deneyim sunuluyormuş gibi algılanmasını sağlamaya hizmet etmiştir. Bu da takipçilerin bilinçaltına; “güvenilir birinin tavsiyesi” mesajını vererek, ürünlerin bu şekilde pazarlanmasını sağlamıştır. Ayrıca çalışma kapsamında bu ve benzer paylaşımların, genç ve orta yaş grubundaki kadınlara hitap ettiği saptanmıştır.



Görsel 3. Duygu Özasan adlı kullanıcıya ait içerik



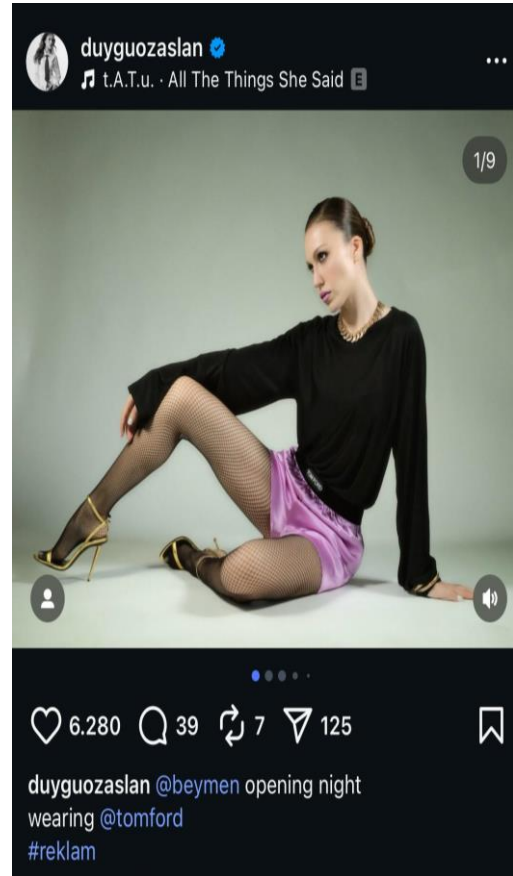
Görsel 4. Ezgi Fındık adlı kullanıcıya ait içerik

Görsel 3 ve Görsel 4'te 'te cilt bakım ürünlerine ilişkin her iki kullanıcının paylaşımları yer almıştır. Görsel 3'te cilt bakım ürünlerinin nasıl kullanılacağı anlatılırken Görsel 4'te ise cilt bakım ürünlerinin hangi siteden temin edilebileceği aktarılmıştır. Fenomenlerin bu tarz reklam içeriklerini üretirken evlerini (özellikle oturma odasını) tercih ettikleri görülmüştür. Bu durum reklamı yapılan ürünün gündelik yaşamdaki yerini göstermeye hizmet etmiş; ürünün kullanımının sıradan bir rutin olduğu algısını güçlendirilmiştir. Yani reklamlar aracılığıyla tüketim kültürünün gündelik yaşam pratiklerine yerleştiği gösterilmiştir.

Görsel 3'te yer alan içerikte gri rengine ağırlık verildiği saptanmıştır. Gri nötrlüğü, dengeyi, tarafsızlığı, sakinliği temsil ederken Görsel 4'te ise bej tonlarına ağırlık verilmesi; doğallığı, sadeliği, huzuru ve dengeyi temsil etmiştir. Paylaşımlarda renklerin kullanılması doğrudan reklam vurgusu ile yapılmamış olsa da reklamlarda tercih edilen renkler aracılığıyla estetik, bireysel bakım, huzur, konfor gibi duygusal ve sembolik anlamlar takipçilere sunulmuştur. Bu tür reklamlarla ürünün sadece işlevselliği ön plana çıkarılmamakta aynı zamanda o ürünle vaat edilen yaşam tarzı da takipçilere aktarılarak ürünün satın alınması teşvik edilmektedir. Reklamlarda cilt bakımı ürünleri takipçilere anlatılırken "bilinçli", "bakımlı", "kendine zaman ayıran" kadın imgesi oluşturulmaktadır. Dolayısıyla tüketim bu reklamlarda bireysel mutluluk ve öz bakım söylemiyle kendine değer verme, kendini geliştirme, boş zaman değerlendirme, iyi hissetme gibi herkes tarafından kabul görünen bir hale bürünmüş ve satın almaya yönlendirme gerçekleştirilmiştir.



Görsel 5. Ezgi Fındık adlı kullanıcıya ait içerik



Görsel 6. Duygu Özaslan adlı kullanıcıya ait içerik

Görsel 5'te Ezgi Fındık adlı kullanıcının pantolon reklamını "gönderi" kısmında paylaştığı görülmüş; bu içerikte kadının duruşu dikkat çekmiştir. Kadının görseldeki özgüvenli tavrıyla, pantolonu satın almak isteyen takipçilere bir mesaj verdiği belirlenmiştir. Mesaj: "Bu pantolonu giyerseniz siz de benim gibi özgüvenli olursunuz" biçiminde okunmuştur. Arka plandaki bej ve siyah renk tonları kadının kıyafetini ön plana çıkarmış ve takipçilerin dikkatini ürünün üstüne toplamıştır. İçeriğin altına rahat, konforlu, keyifli, samimi anlamlarına gelen "cozy" kelimesi yazılarak da ürünün hissettirdiği duygulara ve hislere dikkat çekilmiştir.

Görsel 6'ya bakıldığında ise kadın bedeninin bir temsil aracı haline geldiği görülmüştür. Duygu Özaslan'ın Beymen ve Tomford'un reklamında kullandığı kıyafetler ve verdiği pozlar, markanın şık ve lüks imajına dikkat çekerken kadın bedenini adeta seyirlik bir meta haline dönüştürmüştür. Verilen özgüvenli pozla ürüne dikkat çekilmek istenmiş ve kitleye: "Bu markayı kullanırsanız böyle şık ve güçlü gözükabilirsiniz" mesajı verilmiştir. Arka planda sade renklerin kullanılması da yine içeriği ön plana çıkarmayı sağlamıştır. Her iki reklamda da kadınlar ürettikleri reklam içeriklerinde genellikle beden ölçüleri, giydikleri kıyafetler, duruş tarzları ve fiziki görünüşleriyle dikkatleri üzerine çekmişlerdir. Bu durum, kadın bedeninin bir pazarlama objesi haline dönüşme sürecinin göstergesi olmuştur. Ayrıca reklamlarda ürün tanıtımından ziyade kadın bedeninin estetik yönlerinin ön plana çıkarılmasıyla, markanın idealize edilmiş kadınsal ölçüler üzerinden tanıtıldığı saptanmıştır. Kadınların içeriklerde estetik, zayıf, çekici, bakımlı pozlarla konumlandırılmaları, dijital mecralarda da erkek egemen bakışın sürdürüldüğünü de açığa çıkarmıştır.



Görsel 7. Ezgi Fındık adlı kullanıcıya ait içerik



Görsel 8. Ezgi Fındık adlı kullanıcıya ait içerik

Görsel 7'ye bakıldığında Ezgi Fındık'ın lüks bir mekanda alımlı bir kıyafetle verdiği poz dikkat çekmiştir. Ortamın ambiyansı kıyafetle uyumlu gösterilmiş; siyahın şıklığı ve zarafeti ile kırmızının sıcaklığı, şehveti ve dinamizmi birleştirilerek kadın bedeni, kadının kendisi tarafından seyirlik hale getirilmiştir. Fenomenin kıyafet içindeki özgüvenli duruşu, takipçilerini elbiseyi satın almaları noktasında harekete geçirmeyi hedeflemiştir.

Görsel 8'de, Görsel 7'ye göre daha gündelik bir ortamda giyilen elbisenin reklamı yapılmıştır. Ezgi Fındık'ın paylaşımında bir elini arkaya koyarak kendi fotoğrafını çekmesi, ürünün tam olarak gözükmelerini sağlamış; elbisenin rahat ve özgüvenli hissettirebileceği algısı böylece dolaşıma sokulmuştur. Ayrıca kadının markayı etiketleyip yanına pırlanta emoji'si koyması ise kıyafetin lüks ve şık olduğunu göstermiş; böylece kıyafetin zarif olduğu algısı hissettirilmek istenmiştir. Kıyafetin parlaklığıyla pırlantanın parlaklığının bir uyum içerisinde gösterilmesiyle de görsel estetik unsurları ön plana çıkarılmıştır. Bu bağlamda reklamı yapılan ürünü satın almak, bir yaşam kalitesi olarak sunulmuştur. Paylaşımlarda estetik unsurlar; mekan seçimi, ışık kullanımı, poz verme biçimi, renk uyumu, kadraj, aksesuarlar, objeler görsel kodlar aracılığıyla gösterilmiş ve böylece takipçiler üzerinde bir etki yaratılmak istenmiştir. İçeriklerde kadın bedeni estetik bir bütünün parçası haline gelmiş ve görsel etkileyciliğin belirleyici kriteri olarak sunulmuştur. Ayrıca kadın bedeni görsel estetik kavramıyla bütünleşerek markanın tanıtım stratejileri arasına girmiştir.

SONUÇ

Bu çalışmada, Instagram'da bir milyon ve üzeri takipçiye sahip dört kadın fenomenin, moda ve bakım ürünlerine yönelik reklam içeriklerinde kullandıkları pazarlama stratejileri incelenmiştir. Elde edilen bulgular, fenomenlerin paylaşımlarıyla yalnızca ürün tanıtımı yapmadıklarını aynı zamanda hesaplarında kadın kimliğini, beden algısını ve tüketim pratiklerini yeni bir model inşa ederek sunduklarını göstermiştir. Dijital alanda kurgulanan bu yeni kimlikler, doğal anlatılar ile bedensel sunumların ticari amaçlarla nasıl harmanlandığını da açığa çıkarmıştır.

Reklamlardaki estetik sunumlar dijital bir kimlik inşasının yanı sıra "bu ürünü kullanırsan bu görünüme sahip olabilirsin" alt metnini kitlelere aktarmaya hizmet ederek takipçileri tüketime yönlendirmeyi

sağlamıştır. Ayrıca reklamlarla ürünün yalnızca satışını arttırmak amaçlanmamış; tanıtılan ürünle bir yaşam tarzı, beden imajı ve dijital kimlik sürecinin de inşa edildiği görülmüştür.

Moda ve kişisel bakım ürünlerinin doğası gereği görsel odaklı olduğu yadsınamaz bir gerçektir. İnceleme kapsamındaki paylaşımlarda, fiziksel özelliklerin ve bedensel görünümünün ön plana çıkarıldığı tespit edilmiştir. Fenomenlerin bu içeriklerde kendi bedenlerini ve güzellik algılarını, ürünün performansından daha baskın ve etkili bir pazarlama aracı olarak sunduğu gözlemlenmiştir.

İncelenen reklamlarda fenomenlerin takipçileriyle kurduğu güven bağı; reklamı yapılan ürünün ikna ediciliğini arttırmada önemli bir strateji olarak saptanmıştır. Ev ve günlük yaşam alanlarından kesitler sunularak oluşturulan reklam mesajları ise reklamın “bir arkadaş tavsiyesi” niteliği kazanmasını sağlamış; bu bağlamda tüketiciler doğrudan satın almaya yönlendirilmişlerdir.

Çalışma, kadın bedeninin çoğu zaman görsel bir estetik unsur ve tüketim nesnesi olarak araçsallaştırıldığını açığa çıkarmış; “bakımlı” ve “kendine değer veren” gibi kavramlarla idealize edilmiş normlar üzerinden kadın bedeninin bir arzu nesnesine dönüştürüldüğünü göstermiştir. Sonuç olarak üretilen içerikler; fenomenlerin hedef kitesinin genç ve orta yaş grubundaki kadınlar olduğunu göstermiştir. Reklamlar, kadın izleyicileri bakımlı olmak, kendine vakit ayırmak ve tüketim yoluyla kendini gerçekleştirmek gibi kalıplar etrafında çerçeveyeyleyerek, onları tüketim kültürü içerisinde yeniden konumlandırmıştır. Kadın fenomenler tarafından paylaşılan moda ve bakım içerikleri, takipçilere yalnızca belirli ürünlerin tanıtımını sunmakla yetinmemiş aynı zamanda tüketilebilir bir yaşam tarzı, güzellik standardı ve toplumsal statü göstergesi de inşa etmeye hizmet etmiştir.

KAYNAKÇA

- Akbulut, T. N., & Balkaş, E. E. (2006). *Adım Adım Reklam Üretimi: Reklam Filmi Prodüksiyonu*. İstanbul: Beta Basım Yayım.
- Avşar, Z., Elden, M., Çaydere, O., & Bakır, U. (2011). *Reklam ve Hukuksal Düzenlemeleri*. İstanbul: Geçit Kitabevi.
- Babür Tosun, N. (2007). “Sosyal Sorumluluk Bağlamında Reklamda Etik Anlayışı”. İ. Sayımer, & P. Eraslan Yayınoglu (Eds.), *Halkla İlişkiler ve Reklam Üzerine Etik Değerlendirmeler* (ss. 247-282) içinde. İstanbul: Beta Basım.
- Bal, H. (2016). *Nitel Araştırma Yöntem ve Teknikleri (Uygulamalı-Örnekle)*. İstanbul: Sentez Yayınları.
- Bilgin, N. (2006). *Sosyal Bilimlerde İçerik Analizi Teknikler ve Örnek Çalışmalar*. Ankara: Siyasal Kitabevi.
- Çakar Mengü, S. (2004). *Televizyon Reklamlarında Kadına Yönelik Oluşturulan Toplumsal Kimlik*. İstanbul: İstanbul Üniversitesi İletişim Fakültesi Yayınları.
- Erol, G. (2006). *Reklam ve Medya Planlaması*. İstanbul: Beta Basım.
- Ertürk, Y. D. ve Ertem Eray, T. (2015). “Arama Motorları ve Sosyal Paylaşım Ağları Üzerinden Kullanıcı Tutumlarına Göre İnternet Reklamları”. A. Özkan, N. Tandoğmuş ve B. Ö. Doğan. (Eds.), *Yeni Medya ve Reklam* içinde (ss. 67-109). İstanbul: Derin Yayınevi.
- Güler, M. (2019). *Yönlendiren Arzu Tüketim Kültürü, Reklam ve Psikanaliz*. Ankara: Ütopya Yayınevi.
- Instagram (2025). <https://www.instagram.com/duyguozaslan> adresinden 8.12.2025-12.12.2025 tarihlerinde erişilmiştir.
- Instagram (2025). <https://www.instagram.com/seydaerdogan> adresinden 8.12.2025-12.12.2025 tarihlerinde erişilmiştir.
- Instagram (2025). <https://www.instagram.com/zeynepozkaya> adresinden 8.12.2025-12.12.2025 tarihlerinde erişilmiştir.
- Instagram (2025). <https://www.instagram.com/ezgifindik> adresinden 8.12.2025-12.12.2025 tarihlerinde erişilmiştir.
- Köseoğlu, A. (2025). “Reklam Filmlerinde Maskülen İmgelerin Sunumu”. H. N. Yıldız (Ed.), *Disiplinlerarası Reklam Okumaları* içinde (ss. 47-68). Konya: Literatürk Akademi.
- Kuş, O. (2016). *İçerik Pazarlama, Dijital Dünyada Marka ve Hikâye Yaratma Stratejileri*. İstanbul: Pales Yayınları.
- Küçükdoğan, G. R. (2005). *Reklam Söylemi*. İstanbul: Es Yayınları.
- Özkundakcı, M. (2012). *Üçü Bir Arada: Reklamcılığa Giriş, Medya Planlama, Kreatif Düşünce*. İstanbul: Hayat Yayınları.
- Sadakaoglu, M. C. (2020). *Reklam İkna ve İdeoloji*. İstanbul: Kriter Yayınevi.

- Serttaş Ertike, A. & Yılmaz, R. (2011). *Reklamcılığın Anahtar Kavramları*. İstanbul: Kitabevi.
- Şimşek, S. (2008). *Küresel Marka Reklamları*. İstanbul: Literatürk.
- Tıkveş, Ö. (2005). *Halkla İlişkiler ve Reklamcılık: Temel İlkeler-Uygulamadan Örnekler* (2. Basım). Beta Basım Yayın.
- Tortop, N. (2009). *Halkla İlişkilere Giriş* (10. Baskı). Ankara: Nobel Yayın Dağıtım.
- Yavuz, Ş. (2007). *Reklamları İzlediniz*. Ankara: Ütopya Yayınevi.

**ÇEVİRİMİÇİ HABER SİTELERİNDE KADIN CİNAYETİ HABERLERİNİN SUNUMU:
“YENİAKİT.COM.TR” ÜZERİNE BİR ANALİZ*****PRESENTATION OF FEMICIDE NEWS ON ONLINE NEWS SITES: AN ANALYSIS OF
“YENIAKIT.COM.TR”*****Sinan ASLAN**

Ataturk University, Faculty of Communication, Department of Journalism, Erzurum, Turkey,
ORCID: ID/0009-0003-6596-154X

Doç. Dr. Aşlı KÖSEOĞLU

Ataturk University, Faculty of Communication, Department of Journalism, Erzurum, Turkey,
ORCID: ID/0000-0003-0180-7730

Özet

Son yıllarda Türkiye’de kadın cinayetlerinin artış göstermesi, bu olayların dijital medya ortamlarında daha görünür hâle gelmesine neden olmuştur. İnternet haberciliğinde, kadın cinayetlerinin ele alınış biçimi, yalnızca bir olay aktarımı olmanın ötesinde, toplumsal cinsiyet eşitsizliklerinin yeniden üretilmesinde veya sorgulanmasında etkili bir rol oynamaktadır. Bu bağlamda haber metinlerinde kullanılan söylemler, olayların kamuoyu tarafından nasıl algılandığını ve kadınlara yönelik şiddet konusunda toplumsal farkındalığın nasıl şekillendiğini doğrudan etkilemektedir. Bu çalışmada, kadın cinayeti haberlerinin internet haberciliğinde nasıl sunulduğu Yeni Akit Gazetesi’nin resmî internet sitesi olan yeniakit.com.tr üzerinden incelenmiştir. Araştırmada nitel araştırma yöntemlerinden içerik analizi tekniği kullanılmıştır. Bahsi geçen sitede “kadın cinayeti” anahtar kelimesiyle yapılan tarama sonucunda, 5 Ekim–19 Kasım 2025 tarihleri arasında yayımlanan 7 haber değerlendirmeye alınmıştır. Çalışmada haber başlıkları, kullanılan dil, fail ve mağdur temsilleri ile haberlerin toplumsal cinsiyet bağlamındaki sunuluş biçimleri analiz edilmiştir. Araştırma kapsamında incelenen haberlerde kadın cinayetlerinin nedenlerine ve toplumsal arka planına yeterince yer verilmediği, olayların çoğunlukla bireysel ve münferit vakalar olarak sunulduğu görülmüştür. Bu durum, kadınlara yönelik şiddetin yapısal boyutlarının görünürlüğü azaltabilmekte ve sorunun toplumsal yönünün geri planda kalmasına neden olabilmektedir. Elde edilen bulgular, haberlerde sansasyonel ve dramatik bir dil kullanımının öne çıktığını, mağdurların çoğunlukla edilgen biçimde temsil edildiğini ve failin gerekçelerine haberlerde geniş yer verildiğini göstermiştir. Ayrıca çalışmayla kadın cinayetlerinin toplumsal boyutlarının geri planda bırakıldığı ve olayların bireysel vakalar şeklinde sunulduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Kadın Cinayetleri, İnternet Haberciliği, Dijital Medya, Yeni Akit, İçerik Analizi

Abstract

The increase in femicide cases in Turkey in recent years has led to these incidents becoming more visible in digital media environments. Beyond merely reporting events, the way the media presents femicide cases plays a significant role in reproducing or challenging gender inequalities. In this context, the discourses used in news texts directly influence how such incidents are perceived by the public and how social awareness regarding violence against women is shaped.

This approach may reduce the visibility of the structural dimensions of violence against women and cause the social aspects of the problem to remain in the background. In this study, the presentation of femicide news in internet journalism was examined through the official website of Yeni Akit Newspaper, yeniakit.com.tr. Content analysis, one of the qualitative research methods, was employed in the study. As a result of a search conducted on the website using the keyword “femicide,” seven news reports published between October 5 and November 19, 2025, were analyzed. The news reports examined within the scope of this study revealed that insufficient attention was given to the causes and social background of femicides, and that these incidents were generally presented as isolated individual cases. The study examined news headlines, language use, representations of perpetrators and victims, and the ways in which the news was framed within the context of gender.

The findings indicated that sensational and dramatic language was frequently used, victims were predominantly represented in a passive manner, and considerable emphasis was placed on the perpetrators' justifications. Furthermore, the social dimensions of femicide were largely overlooked, and the incidents were presented as isolated individual cases.

Keywords: Femicide News, Internet Journalism, Digital Media, Yeni Akit, Content Analysis

GİRİŞ

Yaşanılan çağda internet haberciliği, geleneksel medyadan farklı olarak haberlerin çok kısa sürede geniş kitlelere ulaşmasına olanak sağlamaktadır. Bu hız ve erişilebilirlik, gazetecilerin yeni yayın pratikleri geliştirmesini ve alternatif haber mecralarının ortaya çıkmasını da beraberinde getirmiştir. Gelişen iletişim teknolojileri, interneti geleneksel basının önüne geçirerek onu en erişilebilir haber mecralarından biri hâline getirmiştir. İnternet ortamında farklı temalarda içerikler üretilmekte; özellikle suç haberleri ve cinayetler bu mecralarda önemli bir yer tutmaktadır. Son yıllarda Türkiye’de artan kadın cinayetleri, toplumsal algıyı doğrudan etkileyen bir haber kategorisi olarak öne çıkmakta ve internet medyasında sürekli gündemde tutulmaktadır. Bu durum, kadın cinayeti haberlerinin internet gazeteciliğinde merkezi bir içerik alanı hâline gelmesini kaçınılmaz kılmaktadır. Bu bağlamda, çalışmanın temel amacı, kadın cinayeti haberlerinin internet haberciliğinde nasıl sunulduğunu analiz etmektir. Kadın cinayeti haberlerinin sunum biçimi, başlık seçimi, dil kullanımı ve olayların toplumsal bağlamda aktarımı hem medya etiği hem de toplumsal cinsiyet perspektifi açısından önem taşımaktadır. İnternet haberciliği, okuyucuya hızlı ve anlık bilgi ulaştırma avantajı sağlamakla birlikte, haberlerin yüzeyselliğe ve sansasyonel öğelere kaymasına da zemin hazırlayabilmektedir. Bu nedenle, kadın cinayetlerinin medyada nasıl temsil edildiğinin incelenmesi, toplumsal algının şekillenmesinde internetin oynadığı rolü anlamak açısından önemlidir.

Bu çerçevede, kadın cinayetlerine ilişkin haberlerde kullanılan başlıklar, söylemler, mağdur ve failin sunuluş biçimi, okuyucunun olaya yönelik tutumunu şekillendiren temel unsurlar olarak değerlendirilmiştir. Çalışmada örneklem olarak, internet medyasında yer alan kadın cinayeti haberleri ele alınmış ve Yeni Akit Gazetesi’nin resmî web sitesi olan www.yeniakit.com.tr tercih edilmiştir. Bu tercih, gazetenin dijital ortamda geniş bir okuyucu kitlesine ulaşması ve haber içeriklerini yaygın biçimde sunmasıyla ilişkilidir. İncelenen haberler, 5 Ekim-19 Kasım 2025 tarihleri arasında yayımlanan 7 haberden oluşmuştur. Araştırma kapsamında kadın cinayetlerinin, faillerinin ve mağdurlarının haberlerde nasıl ele alındığı incelenirken; olaylara hangi nedenlerin atfedildiği ve haberlerin toplumsal cinsiyet perspektifiyle nasıl sunulduğunun açığa çıkarılması önemli bulunmuştur.

1.Kadın Cinayeti Haberlerinin Medyadaki Görünürlüğü

Medyada kadın cinayeti haberlerinde kadınlar çoğunlukla mağdur veya hayatını kaybeden kişiler olarak haberleştirilmektedir. Haberlerin hazırlanışı ve sunumu sırasında başlık tercihi, dilin özenli kullanılmaması, mağduru suçlayıcı ya da itibarsızlaştırıcı ifadeler, kullanılan görsellerin niteliği ve olayın nedenine aşırı vurgu yapılması gibi unsurlar dikkat çekmektedir. Bu tür söylemsel tercihler, haberleri daha görünür ve sansasyonel hâle getirirken, aynı zamanda toplumsal cinsiyet algılarının da belirgin biçimde şekillenmesine neden olmaktadır.

Günümüzde şiddetin en önemli toplumsal etkilerinden biri, kitle iletişim araçları aracılığıyla yaygın biçimde gösterilmesidir. Söz konusu haberler ve uygulamalar, toplumda kadınların maruz kaldığı şiddeti görünür kılmakla birlikte, çoğu zaman yaşanan olayların veya hayatını kaybeden kadınların ardındaki sosyal, kültürel ve yapısal faktörleri yeterince açıklayamamaktadır. Bu durum, kadın cinayetlerinin yalnızca bireysel bir suç olgusu olarak algılanmasına ve toplumsal boyutlarının göz ardı edilmesine yol açmaktadır. (Kocacık, 2009, s. 27’den akt. Gökulu, 2013, s.1832)

Medyada üretilen içeriklerin, özellikle kadın temsilleri söz konusu olduğunda, toplumsal değerler ve egemen bakış açılarından bağımsız olmadığı belirtilmektedir. Bu bağlamda, medyada yer alan erkek egemen ve cinsiyetçi söylemlerin, toplumda var olan kadın algısından etkilenmediğini ileri sürmek tutarlı bir yaklaşım olarak görülmemektedir. Kadın cinayeti haberlerinin medyada sunuluş biçimi, yalnızca bilgi aktarmakla sınırlı kalmamakta ve aynı zamanda toplumsal cinsiyet algılarının oluşumunda da etkili olmaktadır.

Medyada kadın cinayetlerinin aktarılış biçimi, toplumsal cinsiyet eşitsizliğinin görünür olduğu en kritik alanlardan biridir. Demir’in Katilimi Tanıyorum – Türkiye’de Kadın Kırımı adlı kitabında yer alan

röportajda, Mor Çatı Kadın Sığınağı Vakfı'ndan sosyal çalışma uzmanı Zuhâl Güreli, medyanın kullandığı dili eleştirerek şu sözleri aktarmaktadır: “*Örnek olarak bir kadın cinayetini düşünelim. Sanki kadın bir şey yapmış ve bunun sonucunda öldürülmüş gibi bir dil kullanılıyor. Kadının sanki o şiddeti hak ettiği üzerine bir algı yaratılıyor*” (Demir, 2024, s. 206'dan akt. Oğuz, 2023, s. 67) Bu ifadeler, medyada hâkim olan söylemin çoğu zaman mağduru dolaylı biçimde suçlayan ve şiddeti meşrulaştıran bir yapıya sahip olduğunu göstermektedir. Ayrıca medyadaki “pasif duruş”, kadının aleyhine işleyen bir başka önemli faktördür.

Bu durumu destekleyen biçimde, Kılıçaslan (2023), medya kuruluşlarının çoğu zaman alışılmış kalıpları sorgulayan haberlere yer vermediğini; bunun yerine olayların magazin yönünü öne çıkaran bir yaklaşımı benimsediğini belirtmektedir. Medya sektörünün ticari bir alan olarak faaliyet göstermesi, haber dilinde etik unsurlardan çok ekonomik kaygıların belirleyici olmasına yol açmaktadır. Bu nedenle mevcut medya söyleminin dönüşmesi, oldukça güç bir süreç olarak dikkat çekmektedir.

Kadın cinayeti haberlerinin medyada yer alışı, toplumsal algıyı şekillendiren önemli bir araçtır. Medya kuruluşlarının ideolojik duruşları, haber diline ve çerçevelemesine yansırken, toplumda kadına yönelik şiddetin normalleşmesi riskini de beraberinde getirmektedir. Örneğin yazılı basında kadına şiddet ve cinayet haberleri incelenirken, gazetelerin kimi zaman toplumsal cinsiyet rollerine bağlı kalıplaşmış söylemleri yeniden ürettiği, kadınları ikincilleştiren bir dil kullandığı ve olayları toplumsal bağlamından kopararak sansasyonel öğelerle sunmayı tercih ettikleri açığa çıkmıştır (Avcı ve Güdekli 2018, s. 477–478). Kadın cinayeti haberlerinin medyada sık sık psikolojik gerekçelere ve bireysel motivasyonlara indirgenerek sunulduğu bilinmekle birlikte, kimi çalışmalarda haberlerin başlıkları ve içeriklerinin, failin suç eylemini “haklılaştırma”, “gerekçeleştirme” veya “normalleştirme” mekanizmalarıyla aktarabildiği saptanmıştır. bu da toplumsal cinsiyetçi ideolojinin yeniden üretilmesine sebep olmuştur (Güneş ve Yıldırım, 2019).

Dijital medya bağlamında ise Akyüzlü, Doğan Haber Ajansı (DHA) örneği üzerinden yaptığı eleştirel söylem analizinde, kadın cinayeti haberlerinin başlıklarında mağdurun konumlandırılmasına özen gösterilse bile; haber metinlerinde failin eylemini meşrulaştıran söylemler, suçlayıcı bir dille kadını sorumlu kılma ve görsel unsurlarla dramatisasyon eğilimlerinin sürdüğünü ortaya koymuştur (2024, s. 50–51).

Türkiye’de kadınlara yönelik şiddet ve kadın cinayetleri, toplumsal cinsiyet temelli eşitsizliklerin en ağır ve kalıcı toplumsal sorunlarından biri olarak uzun süredir varlığını sürdürmektedir. Bu konuda dönem dönem çeşitli yasal düzenlemeler yapılmış, farkındalık kampanyaları (örneğin #BahanesiYok) yürütülmüştür. Bu noktada kurumlar arası iş birliğini geliştirmeye yönelik adımlar atılmış olsa da kadınlara yönelik şiddetin tam anlamıyla önüne geçilememiştir. Kadınların maruz kaldığı fiziksel, psikolojik, ekonomik ve cinsel şiddetin çeşitlenerek artış göstermesi, kadın cinayetlerini toplumun her kesimini etkileyen ciddi bir sosyal sorun hâline getirmiştir.

Medyada neredeyse her gün yayınlanan kadın cinayeti haberleri, yalnızca bireysel trajedileri değil, aynı zamanda ataerkil zihniyetin ve toplumsal normların yeniden üretildiği yapısal bir sorunu açığa çıkarmaktadır. Şiddet içerikli haberler (özellikle kadın cinayetleri), televizyon ve gazetelerde sıklıkla yer bulmakta; bu durum hem ilgi çekiciliği artırmakta hem de haberlerin sansasyonel şekilde sunulmasına neden olmaktadır. Dingin’e göre, şiddet haberlerinin yoğun ve yanlış biçimde sunulması, toplumun suç ve şiddet olaylarına karşı duyarlılığını azaltarak toplum üzerinde olumsuz etkiler yaratmaktadır (Dingin, 2020, s. 68-69). Bu durum, kadın cinayetleriyle mücadelenin yalnızca hukuki düzenlemelerle sınırlandırılmayacağını; toplumsal bilinç, eğitim politikaları, medya dili ve kültürel dönüşüm gibi farklı alanlarda çalışmalar yapılması gerektiğini göstermektedir.

2.Dijital Medyada Şiddet

Kadına yönelik şiddet; kadınlara yalnızca cinsiyetlerinden dolayı yöneltelen, onların bedensel, ruhsal ve cinsel bütünlüğünü zedeleyen ya da zarar görme riski yaratan her türlü baskı, tehdit ve saldırı biçimini ifade etmektedir. Bu şiddet biçimleri hem özel hem de kamusal alanda meydana gelebilmekte ve tehdit, baskı ya da bireyin özgürlüğünün keyfi biçimde kısıtlanması gibi farklı şekillerde kendini gösterebilmektedir. (Dağcı ve Ören, 2019, s. 237). Bu durum, toplumsal cinsiyet eşitsizliğinin hem kültürel hem de yapısal düzeyde nasıl yeniden üretildiğini göstermektedir.

Dijital medyanın yaygınlaşmasıyla birlikte kadın cinayetlerine ilişkin haberler, toplumun gündemine geleneksel medyadan çok daha hızlı ve yoğun biçimde girmeye başlamıştır. Dijital platformlar, haberi

yalnızca aktarmakla sınırlı kalmamakta; aynı zamanda tartışma, paylaşma ve etkileşim ortamı yaratmaktadır. Bu durum, kadın cinayetlerinin görünürlüğünü artırırken, çelişkili biçimde şiddetin yeniden üretilmesine ve normalleşmesine de zemin hazırlamaktadır.

Dijital medyada yer alan kadın cinayeti haberlerinin dili ve sunum biçimi incelendiğinde, bu haberlerde çoğu zaman duygusal, sansasyonel ve tıklanma odaklı bir yaklaşımın hâkim olduğu görülmektedir. Haber başlıklarının dramatik bir tonla oluşturulması, olayın ayrıntılarının abartılması ve okuyucuyu etkilemeye yönelik unsurların öne çıkarılması, bu içerikleri bilgilendirici olmaktan uzaklaştırarak “tüketilebilir birer medya ürününe” dönüştürmektedir. Böylece kadın cinayetleri bir “haber olayı” olarak değil, giderek bir “gösteri unsuru” olarak dolaşıma sokulmaktadır. Kadınların medyadaki temsili de bu süreçte sorunlu bir biçimde kurgulanmaktadır; zira kadınlar çoğu zaman cinsiyetçi söylemlerle, eril bakış açısıyla ve toplumsal normların belirlediği sınırlı roller içinde sunulmaktadır (Büyükbaykal, 2007’den akt. Can ve Koz, 2018). Dijital medya kullanıcılarının haberlerin altına yazdıkları yorumlar da bu söylemin bir parçası hâline gelmektedir. Mağduru suçlayan, şiddeti meşrulaştıran veya failin davranışını haklı göstermeye çalışan yorumlar, yalnızca bireysel düşüncelerin dışavurumu değil, toplumsal cinsiyet kalıplarının dijital mecralarda yeniden üretildiğinin de göstergesidir. Bu açıdan dijital medya, görünürde kadın cinayetlerini gösterirken, arka planda ataerkil ideolojinin sürdürülmesine de aracılık etmektedir. Öte yandan dijital medyanın bu olumsuz tavrı, kadın cinayetlerine karşı toplumsal farkındalık oluşturma kapasitesini tamamen ortadan kaldırmamaktadır.

Kadın örgütlerinin çevrimiçi kampanyaları, sosyal medya etiketleri ve dayanışma ağları, gazete haberleri kadınlara yönelik şiddetin görünürlük kazanmasında ve kamuoyu baskısı oluşturulmasında önemli rol oynamaktadır. “#KadınCinayetleriPolitiktir” gibi hashtag’ler bireysel olayların arkasındaki toplumsal nedenlerin tartışılmasını sağlayarak politik bir farkındalık yaratmaktadır (Akça, 2021).

Toplumsal cinsiyet eşitsizliğinin kültürel temellerinden biri de dilsel ve kültürel miras içinde yer alan atasözleri ve deyimlerdir. Bu ifadelerin bir bölümü kadına yönelik fiziksel şiddeti doğrudan onaylamakta veya meşrulaştırmaktadır: “*Pişmiş aştan, dövülmüş karıdan zarar gelmez*”, “*Üç öğün kötek, bir öğün yemek*” ve “*Dövülmeyen kadın, tımarsız ata benzer*”. Yine bazı atasözü ve deyimler adeta erkeğin kadını dövme hakkı olduğuna işaret etmektedir: “*Kızını dövmeyen dizini döver*”, “*İyi ipek kendini kırdırmaz, iyi kadın kendini dövdürmez*”, “*Erkektir hem sever hem döver*” (Erzöz, 2010, s. 178), “*Kocanın vurduğu yerde gül biter*”, “*Kadının sırtından sopayı, karnından sıpayı eksik etmeyeceksin*”, “*Kadının yüzünün karası, erkeğin elinin kınası*”, “*Kadın erkeğin şeytanıdır*” (Karabağlı, 2015, s.299). Bu atasözleri ve deyimler, şiddetin kültür içinde nasıl yerleştiğini gösterirken ataerkil düşüncenin günlük dile yansıdığı da açığa çıkarmaktadır. Bu nedenle dijital medyada üretilen kadın karşıtı söylemler, geleneksel kültürel kalıplardan güç almakta ve daha geniş bir toplumsal bağlam içinde şekillenmektedir.

3. Yöntem

Bu çalışmada nitel araştırma yöntemlerinden içerik analizi tekniği kullanılmıştır. Yeni Akit Gazetesi’nin söylemsel yapısı ve ideolojik duruşu ele alınmış; ardından gazetenin resmî web sitesi olan www.yeniakit.com.tr üzerinde 5 Ekim–19 Kasım 2025 tarihleri arasında yayımlanan 7 kadın cinayeti haberi incelenmiştir. Haberler, site içi arama bölümüne “kadın cinayeti” ifadesi yazılarak elde edilmiştir. Türkiye’de kadın cinayeti haberlerinin medyada sunuluş biçimi, gazetelerin ideolojik yönelimlerini görünür kılan temel göstergelerden biridir. Özellikle Yeni Akit gibi muhafazakâr bir yayın çizgisine sahip gazetelerde haberlerin nasıl çerçevelendiği, hem toplumsal cinsiyete ilişkin hâkim normların hem de belirli ideolojik perspektiflerin yeniden üretildiği bir alan olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu kapsamda yapılan akademik çalışmalar, farklı ideolojik eğilimlere sahip gazetelerin kadına yönelik şiddet haberlerinde benzer cinsiyetçi dil kalıpları kullandığını göstermektedir. Örneğin Cem’in (2024, s. 17), kadın cinayeti haberlerine yönelik yaptığı çalışmada, Cumhuriyet, Sabah ve Yeni Akit gazeteleri incelenmiş; haber diline yansıyan eril hegemonya ve cinsiyetçi söylem örüntülerinin farklı ideolojilere sahip olan gazetelerde ortak olduğuna dikkat çekilmiştir. Aynı çalışmada, gazetelerin haber başlıklarında “kadın cinayeti”, “dehşet” gibi soyut ve genelleyici ifadeler tercih ettikleri saptanmıştır. Bu durum olayın toplumsal bağlamını görünmez kılmış dolayısıyla cinayetler bireysel bir şiddet vakası gibi sunulmuştur (Cem, 2024, s. 28). Bu yaklaşım, çerçeveleme düzeyinde ideolojik bir işlev görerek, kadına yönelik şiddetin politik, kültürel ve toplumsal nedenlerinin üstünü örtmüş ve olayları yapısal bağlamından koparmaya hizmet etmiştir.

4. Yeniakit.com Adresinde Yayınlanan Kadın Cinayeti Haberlerinin Çözümlemesi

Çalışmanın bu kısmında, yeniakit.com.tr adresinden 05 Ekim–19 Kasım 2025 tarihlerinde “kadın cinayeti” anahtar kelimesiyle yapılan taramada sıralanan haberler incelenmiştir. Konuya ilişkin sıralanan haberlerden detaylı veri sunabilecek 7 haber çözümlenmiştir. Çözümlenen haberlere: “Haber 1, Haber 2, Haber3, Haber 4, Haber 5, Haber 6, Haber7” kodlamaları yapılmış; çalışmayı sınırlandırmak adına haberlerin başlıkları ve spotları çalışmada yer almış; fakat çözümleme yapılırken haberlerin tüm içeriği değerlendirilmiştir.

Haber 1- (Tarih 5 Ekim 2025)

Haberin Başlığı: *Üzerine Gelen Kumasını Katletti! İlk Eşin Kıskançlık Krizi* (<https://www.yeniakit.com.tr/haber/uzerine-gelen-kumasini-katletti-ilk-esin-kiskanclik-krizi-1957489.html>).

Haberin Spotu: *Irak'ta bir kadın, evlendikten sadece iki gün sonra kuması X.Z. A. tarafından vahşice katledildi.*

Haberin Çözümlemesi: İncelenen haber metni, Irak'ın Selahaddin vilayetinde evlendikten kısa süre sonra bir kadının kuması tarafından öldürülmesini konu almıştır. Haberde, olayın aktarımında bilgilendirici bir dil kullanılmış gibi görünse de söylemsel düzeyde haber, kadın cinayetini bireysel bir “intikam” eylemi ve aile içi çatışma çerçevesinde sunmuştur. Haberde geçen: “*Bir adam ikinci evliliğini yapalı iki gün olmuştur. İlk eşi bunu kabul etmediği için yeni gelin olan kumasının boğazını bıçakla keserek öldürdü*” ve “*Polis ayrıca, cinayetin ana nedeninin “intikam” olduğunu belirtti*” ifadeleri, bu durumun en somut kanıtıdır. Bu çerçevelenme, kadınlara yönelik şiddetin toplumsal ve yapısal nedenlerini görünmez kılarak öldürme eylemini meşru bir zemine taşımaya hizmet etmiştir. Haberde intikam hissi, yaşanan cinayetin gerekçesi olarak sunulmuştur.

Metinde mağdur kadının ismine yer verilmemesi, buna karşın failin eyleminin nedenlerinin aktarılması (intikam, hırs, kabullenememe vs.), kadın cinayetlerinde sıkça rastlanan mağdurun görünmez kılınması sorununu ortaya koymuştur. Cinayetin “ilk eşin ikinci evliliği kabul etmemesi” gerekçesiyle açıklanması, şiddeti geleneksel aile yapısı ve ataerkil normlar çerçevesinde anlamlandırmış; çok eşlilik ilişkisi sorgulanmadan aktarılmıştır.

Haberde yer alan: “*Polis ayrıca, cinayetin ana nedeninin “intikam” olduğunu belirtti. Soruşturma hâkimi, zanlının Irak Ceza Kanunu'nun 406. maddesi uyarınca tutuklanmasına karar verdi*” cümleleri, haberin resmi bir makamdan (polis) gelen açıklamalara dayandırıldığını göstermiş, bu durum haberin inandırıcılığına değer katmıştır. Ayrıca haberde olayın hukuki sonucunun ön plana çıkarılması ise cinayeti bireysel suç ve ceza eksenine indirgemıştır. Buna karşılık, haberde kadın cinayetlerini önleyici mekanizmalara ve toplumsal cinsiyet eşitliğini vurgulayıcı ifadelere yer verilmemiştir. Bu yaklaşım, haberin kadın cinayetlerinin politik ve toplumsal boyutlarından arındırılarak sunulduğunu göstermiştir.

Haber 2- (Tarih 6 Ekim 2025)

Haberin Başlığı: *İnsanın Tüylerini Ürperten Cinayet: Ünlü Fenomenin Cesedi Bavulda Bulundu* (<https://www.yeniakit.com.tr/haber/insanin-tuylerini-urperten-cinayet-unlu-fenomenin-cesedi-bavulda-bulundu-1957681.html>)

Haberin Spotu: *Koreli oyuncu ve fenomen Yoon Ji-ah'ın, Muju'daki bir dağda bavulun içinde cesedi bulundu. Kadının kendisine ortaklık vaadiyle yaklaşan bir hayranı tarafından öldürüldüğü düşünülürken cinayetin, canlı yayından 30 dakika sonra gerçekleştiği tahmin ediliyor. Şüpheli, cinayetin ardından 12 saat içinde tutuklanırken olaya ilişkin incelemeler sürüyor.*

Haberin Çözümlemesi: İncelenen haber metni, Güney Kore'de ünlü bir fenomen olan Yoon Ji-ah'ın cesedinin bir bavul içinde bulunmasıyla sonuçlanan cinayet olayını konu almıştır. Haberde olayın aktarımında ilk bakışta bilgilendirici bir üslup kullanılmış gibi görünse de söylemsel düzeyde haber, cinayeti bireysel bir “planlı saldırı” ve iş ilişkisi bağlamında çerçevelenmiştir. Haberde geçen: “*Kadının kendisine ortaklık vaadiyle yaklaşan bir hayranı tarafından öldürüldüğü düşünülürken cinayetin, canlı yayından 30 dakika sonra gerçekleştiği tahmin ediliyor*” ve “*Şüpheli, cinayetin ardından 12 saat içinde tutuklanırken olaya ilişkin incelemeler sürüyor*” ifadeleri, olayın bireyselleştirilmiş bir suç eylemi olarak sunulduğunu göstermiştir. Bu çerçevelenme, cinayetin toplumsal ve yapısal nedenlerini görünmez kılmış, failin eylemini planlı ve organize bir saldırı olarak öne çıkarmıştır.

Haberde mağdurun kimliği verilmiş olsa da Yoon Ji-ah'ın yaşadığı sosyal veya kültürel bağlam hakkında bilgi sunulmamıştır; buna karşılık fail Choi'nin ekonomik durumu, iş ilişkileri ve "Kara Kedi" lakabıyla tanınması gibi detaylar öne çıkarılmıştır. Bu durum, mağdurun görünmez kılınması ve failin olayın öznesi olarak konumlandırılması sorununu ortaya koymuştur. Cinayetin "iş ortaklığı vaadi ve ekonomik ilişkiler" çerçevesinde sunulması, şiddeti bireysel motivasyonlar ve ekonomik planlamayla açıklamaya hizmet etmiş; sosyal medya fenomenliği ve toplumsal baskılar gibi daha geniş bağlamlar metinde yer bulmamıştır.

Haberde yer alan: "Olayın ardından 12 saat içinde yakalanan Choi, ilk sorgulamada suçlamaları reddetti fakat daha sonra cinayeti kabul etti" ve "Yapılan otopsi sonucuna göre Yoon Ji-ah'ın ölüm nedeni, boğularak gerçekleşen 'boyun sıkışması' olarak belirlenirken olaya ilişkin soruşturma sürüyor" cümleleri, haberin resmi soruşturma ve otopsi sonuçlarına dayandırıldığını göstermiş, bu durum haberin inandırıcılığını güçlendirmiştir. Ancak hukuki süreç ve failin cezalandırılması çerçevesindeki haber sunumu, yaşanan olayı bireysel suç ve ceza eksenine indirgemıştır. Buna karşılık, haberde kadın cinayetlerini önleyici mekanizmalar veya dijital ortamdaki fenomenlerin güvenliği gibi toplumsal önlemlerine dair herhangi bir vurgu yapılmamıştır. Bu yaklaşım, haberin cinayeti politik ve toplumsal boyutlarından arındırarak sunduğunu göstermiştir.

Haber metni cinayeti bireysel nedenlerle, sansasyonel ve dramatik bir dil ile aktarmış; mağdurun kişisel ve toplumsal bağlamını görünmez kılmış; failin eylemini organize ve ekonomik motivasyonlu olarak öne çıkarmıştır. Haber toplumsal, dijital ve kültürel faktörleri kapsam dışı bırakmıştır. Bu durum, haberin söylemsel olarak medyatik dramatizasyon ve bireyselleştirilmiş suç anlatısı tercih ettiğini ortaya koymuştur.

Haber 3- (Tarih 10 Ekim 2025)

Haberin Başlığı: *İzmir'de Kadın Cinayeti: Eşini Katleden Caninin İfadesi Kan Dondurdu* (<https://www.yeniakit.com.tr/haber/izmirin-menderes-ilcesi-gorece-mahallesinde-dun-saat-1330-siralarinda-bir-apartman-dairesinde-kadin-cinayeti-yasandi-iddiaya-gore-ahmet-gural-ve-esi-serpil-gural-arasinda-henuz-belirlenemeyen-bir-nedenle-tartisma-cikti-tartismanin-buyumesi-uzerine-ahmet-g-1957755.html>)

Haberin Spotu: *İzmir'in Menderes ilçesinde, iki çocuğunun annesi olan eşi Serpil Güral'ı (45) bıçaklayarak öldüren Ahmet Güral (48) tutuklandı. Zanlı, polise verdiği ilk ifadede aldatıldığı iddiasıyla cinayeti işlediğini itiraf etti. Hayatını kaybeden Serpil Güral'ın cinayetten kısa süre önce kocası için 1 aylık uzaklaştırma kararı aldığını ortaya çıktı.*

Haberin Çözümlemesi: İncelenen haber metni, kadın cinayetini aktarırken başlıktan itibaren okuru duygusal olarak etkilemeyi amaçlayan bir söylem kullanmaktadır. "İzmir'de kadın cinayeti", "Eşini katleden cani", "ifadesi kan dondurdu" gibi söylemler, olayı toplumsal bir şiddet sorunu çerçevesine oturtmak yerine dramatize eden ve okurda şok etkisi yaratmayı hedefleyen bir dil kullanımının göstergesidir.

Haberde fail için kullanılan "cani koca", kadının ise sürekli "iki çocuk annesi", "hayatını kaybeden" gibi tanımlamalarla sunulması; kadının, "anne" kimliğiyle masumlaştırıldığını göstermiştir. Haberde erkeğe yüklenen "cani" sıfatı ise olayın sistemsel niteliğini görünmez kılmaya hizmet etmiştir. Böylece haberde şiddetin toplumsal ve yapısal kaynakları geri planda kalmış, yaşanan cinayet bireysel bir öfke patlaması ya da duygusal kontrol kaybı olarak çerçevelenmiştir. Failin ifadesinde yer alan "aldatıldım" iddiasının haberde geniş yer tutması, erkeğin şiddet eylemini bir gerekçeye bağlayan yaygın söylemi destemeye hizmet etmiştir.

Haberde verilen bir başka dikkat çekici unsur, kadının kısa bir süre önce uzaklaştırma kararı aldırmasıdır. Bu bilgi oldukça önemli bir toplumsal gösterge iken, haber sunumunda yine dramatize edilerek "kan donduran detay" olarak aktarılmıştır. Böylece kadının sistemden yardım istemiş olması yapısal bir problem olarak değil, şok etkisi yaratan bir unsur olarak çerçevelenmiştir.

Haber metninde olay "eşler arası tartışma" şeklinde başlatılmış, şiddetin yükselişi "tartışmanın büyümesi" ifadesiyle açıklanmıştır. Bu anlatım, failin aktif şiddet uygulayan taraf olduğunu geri plana iterken, olayın sıradan bir ev içi anlaşmazlıktan büyüdüğü algısını güçlendirmeye hizmet etmiştir. Bu da aile içi şiddeti olağanlaştıran bir söylemdir. Haberde yer alan: "Sağlık ekipleri, iki çocuk annesi Serpil Güral'ın olay yerinde hayatını kaybettiğini belirledi" ve "Serpil Güral'ın cinayetten kısa süre önce

kocası için uzaklaştırma kararı aldırıldığı ortaya çıktı” cümleleri, haberin resmi makam tespitleri ve hukuki süreç bilgilerine dayandırıldığını göstermiş ve bu durum haberin inandırıcılığını güçlendirmiştir. Haberdeki anlatım dili, olayın toplumsal bir kadın cinayeti sorunu olduğuna dair hiçbir bağlam sunmamıştır. Kadınların korunma talebi, uzaklaştırma kararlarının yetersizliği, erkek şiddetinin tekrarlayan yapısı gibi konular haberde görünmez kılınmıştır. Haber, kadın cinayetini toplumsal sorun alanından çıkarıp dramatik bir olay örgüsü şeklinde sunmuş; failin gerekçelerini öne çıkararak da şiddeti bireyselleştirme gerçekleştirilmiştir. Ayrıca haberde kadına yönelik şiddetin arka planındaki yapısal sorunlara değinilmemiştir.

Haber 4- (Tarih 22 Ekim 2025)

Haberin Başlığı: *17 Yaşındaki Hasret'in Katili 5 Kişiyi Daha Öldürmüştü!*
(<https://www.yeniakit.com.tr/haber/17-yasindaki-hasretin-katili-5-kisiyi-daha-oldurmus-1960612.html>)

Haberin Spotu: *Zonguldak'ın Çaycuma ilçesinde kaybolan 17 yaşındaki Hasret Akkuzu'nun cansız bedeni, su kuyusunda bulundu. Cinayet şüphelisi 41 yaşındaki Deniz Boyacı, Aydın'da yakalandı. Boyacı'nın geçmişi ise kan dondurdu. 2001 yılında 4 kişiyi öldürmekten hüküm giydi, daha sonra başka bir cinayet nedeniyle tutuklandığı ve açık cezaevinden izinli çıkıp geri dönmediği ortaya çıktı.*

Haberin Çözümlemesi: İncelenen haber metni, 17 yaşındaki Hasret Akkuzu'nun öldürülmesi olayının aktarımını içermiştir. Haberde şiddetin dramatik yönü ve failin geçmişteki suçlarını ön plana çıkarılmıştır. Başlıkta yer alan: “17 yaşındaki Hasretin katili 5 kişiyi daha öldürmüştü!” ifadesi, olayı dramatize ederek okurda şok ve korku etkisi yaratmayı hedeflemiş ve haber, bilgi aktarımından çok duygusal bir tepki uyandırma amacıyla sunulmuştur.

Haberde, Hasret'in cesedinin su kuyusunda bulunması ve olayın ayrıntılı şekilde anlatılması, şiddetin korkutucu yönünü vurgulamıştır. Haberde failin geçmişte işlediği cinayetler ve cezaevi kayıtları, detaylı biçimde verilerek kişi, haberde planlı ve tehlikeli biri olarak tanımlanmıştır. Bu anlatım, okurun failin bireysel kötülüğüne odaklanmasına neden olurken, haberde şiddetin toplumsal veya sistemsel nedenleri görünmez kılınmıştır.

Olayın soruşturma sürecine ve olaya ilişkin resmi açıklamalara haberde geniş bir biçimde yer verilmesi, haberin güvenilir kaynaklardan ulaşılarak yazıldığını ortaya koymuş ve yaşanan olayın ciddi bir vaka olarak sunulmasını sağlamıştır. Failin yakalanması ve gözaltına alınması ise okurda: “Adalet sağlandı” algısı oluşturmaya hizmet etmiştir.

Haber 5- (Tarih 4 Kasım 2025)

Haberin Başlığı: *Akıllara Zarar Cinayet! 75 Bıçak Darbesinin Sebebine Bakın*
(<https://www.yeniakit.com.tr/haber/akillara-zarar-cinayet-75-bicak-darbesinin-sebebine-bakin-1962906.html>)

Haberin Spotu: *Bursa'da gayrimeşru ilişki yaşadığı ve iki çocuğunun annesi olan Rus kadın Arzu Khalilova'yı (20) 75 bıçak darbesiyle öldüren Azerbaycan uyruklu Salican Mehmet'in (27) ifadesi ortaya çıktı. Mehmet ifadesinde, sevgilisi Khalilova'nın alışveriş için dışarı çıkacağını ve çocuklara kendisinin bakmasını istediğini ve bu nedenle çıkan tartışmada öldürdüğünü söylediği belirtildi.*

Haberin Çözümlemesi: İncelenen haber metni, iki çocuk annesi Arzu Khalilova'nın 75 bıçak darbesiyle öldürülmesini konu almıştır. Haber, olayın temel olay-fail bağlamını aktarırken haberde failin ifadesine geniş bir biçimde yer verilmiştir. Haberde Salican Mehmet'in, Khalilova'nın dışarı çıkarken çocukların bakımıyla ilgili bir tartışma yaşandığını söylemesi, metinde öne çıkarılmıştır: “Alışveriş için dışarı çıkacağını ve çocuklara kendisinin bakmasını istediğini bu nedenle çıkan tartışmada öldürdüğünü söylediği belirtildi” ifadeleri, cinayetin nedenini failin öznel anlatımı üzerinden sunmuştur. Bu çerçevelenme, şiddet olgusunu bireysel tartışma ekseninde ele almış, olayın toplumsal ve ilişkisel dinamiklerini kapsam dışı bırakmıştır.

Haberde failin geçmişine ilişkin detaylara geniş yer verilmiş olması, metnin söylemsel yapısında belirleyici olmuştur. Haberde, Salican Mehmet'in geçmişte “kasten yaralama”, “uyuşturucu bulundurma” ve “ateşli silah kanununa muhalefet” gibi suçlardan kayıtlarının bulunduğu belirtilmiş, ayrıca öldürdüğü kişinin üzerinde reşit olmayanla cinsel ilişki suçundan işlem yapıldığı gibi iddialara da yer verilmiştir. Bu anlatım, failin sürekli bir suç geçmişi çerçevesinde tanımlanmasına ve okurun

olayla ilgili algısının bu bilgi üzerinden şekillenmesine neden olmuştur; böylece cinayetin bireysel bağlamı failin suç geçmişi ile ilişkilendirilmiştir.

Haberdeki resmi unsurlar (polis ve sağlık ekiplerinin müdahalesi, mağdurun hastanede müdahaleye rağmen yaşamını yitirmesi, cenazenin adli tıp kurumuna gönderilmesi gibi) olayın hukuki ve sonuç odaklı boyutunu güçlendirmiştir. Bu resmi çerçeve, olayın adalet süreçleri ile fail-mağdur ilişkisi ekseninde verilmiş, haberde failin tutuklanması ve yasal adımlar öne çıkarılmıştır. Haber metninde, kadına şiddeti önleyici mekanizmalar, aile içi ilişkilere dair toplumsal normlar veya fail-mağdur arasındaki güç ilişkilerine dair herhangi bir toplumsal analiz yer almamıştır. Bu yaklaşım, cinayetin yalnızca bireysel bir eylem olarak ele alınmasına ve toplumsal boyutlarının kapsam dışında bırakılmasına yol açmıştır.

Haber 6- (Tarih 16 Kasım 2025)

Haberin Başlığı: *9 Yıl Sonra Gelen Adalet: Hamile Nurşen Şenkal Cinayetini JASAT Çözdü!*
(<https://www.yeniakit.com.tr/haber/9-yil-sonra-gelen-adalet-hamile-nursen-senkal-cinayetini-jasat-cozdu-1965072.html>)

Haberin Spotu: *Mardin'in Midyat ilçesinde, Türkiye'nin karanlık günlerinden biri olan 15 Temmuz 2016 tarihinde meydana gelen ve yıllarca çözülemeyen bir cinayet, Jandarma Suç Araştırma Timleri'nin (JASAT) titiz çalışması sonucu aydınlatıldı.*

Haberin Çözümlemesi: Haber, 15 Temmuz 2016 tarihinde Mardin'in Midyat ilçesinde yaşanan ve 9 yıl boyunca faili meçhul kalan bir kadın cinayetini aktarmıştır. Haberde, 21 yaşındaki hamile Nurşen Şenkal'ın öldürülmesi, yalnızca bireysel bir aile içi olay olarak sunulmuş; haberin dili ve çerçevelemesi toplumsal cinsiyet boyutlarını görünmez kılmıştır.

Başlıkta kadının hamileliği ön plana çıkarılmış; metinde ise failin aile içindeki konumu işaretlenerek olay bir töre ve dedikodu meselesi olarak sunulmuştur. Haberde failer M.U.G. ve M.G., mağdurun amcasının oğulları olarak tanımlanmış, böylece suç aile ve töre bağlamına yerleştirilmiştir. Bu yaklaşım, failin davranışını toplumsal normlar çerçevesinde meşrulaştırırken, kadının maruz kaldığı şiddetin toplumsal ve yapısal boyutunu geri plana itmiştir. Öte yandan, Nurşen Şenkal haberde: “*hamile*”, “*21 yaşında*” ve “*dedikoduların kurbanı*” olarak aktarılmış; bireysel kimliği görünmez hâle getirilmiştir. Bu durum, mağdurun pasif ve edilgen bir konumda sunulmasına yol açmıştır. Ayrıca bu yaklaşım, kadına yönelik şiddetin toplumsal bir sorun olduğunu geri plana atmaya zemin sunmuş ve failin eyleminin sistematik yönünü tartışmaya açmamıştır.

Haberde olayın nedeni açıklanırken: “*Evli olmasına rağmen bebeğin kocasından olmadığı söylentileri*” ifadesi kullanılmış; bu durum, haberde kadının cinsiyeti ve cinsel davranışlarıyla değerlendirildiğini göstermiştir. Dolayısıyla bu yaklaşım, dolaylı olarak kadını suçlayan bir söylem üretmeye hizmet etmiştir. Failin yakalanması ve cezaevine gönderilmesi de haberde detaylı biçimde aktarılırken, kadının yaşadığı travma ve yaşam hakkının ihlali olayın arka planında kalmıştır, irdelenmemiştir. Ayrıca: “*Dedikodu kurbanı oldu*” ifadesi, cinayeti sıradan ve kaçınılmaz bir durum gibi sunarak şiddetin bireysel ve doğal bir eylem olarak çerçevelenmesine zemin hazırlamıştır. Haber kadını yalnızca dedikodular ve töre anlayışı bağlamında bir kurban olarak sunarken, failin eylemi aile ve töre çerçevesinde anlaşılır hâle getirilmiştir. Kadının kimliği ve yaşadığı travma geri plana itilmiş, şiddetin toplumsal cinsiyet boyutu görünmez kılınmıştır.

Haberde devletin müdahalesi ve JASAT'ın başarısı ön plana çıkarılmış; İçişleri Bakanı'nın açıklamalarına yer verilmesi ise cinayeti adli bir başarı öyküsü hâline getirmiştir. Bu durum, olayın toplumsal cinsiyet eşitsizliği ve töre kültüründen kaynaklanan boyutunun gölgede kalmasına neden olmuştur.

Haber 7- (Tarih 19 Kasım 2025)

Haberin Başlığı: *Cinayet Davasında Flaş Gelişme! Polislerin Akıbeti Belli Oldu*
(<https://www.yeniakit.com.tr/haber/cinayet-davasinda-flas-gelisme-polislerin-akibeti-belli-oldu-1965644.html>)

Haberin Spotu: *Küçükçekmece'de vahşice öldürülen ve cesedi bavulla yol kenarına bırakılan Ayşe Tokyaz cinayetiyle ilgili davada kritik karar açıklandı.*

Haberin Çözümlemesi: Haber 22 yaşındaki üniversite öğrencisi Ayşe Tokyaz'ın eski polis memuru Cemil Koç tarafından öldürülmesini ve cesedinin bavulla yol kenarına bırakılmasını konu edinmiştir. Ancak haberin sunuluş biçimi, kadının yaşadığı şiddet ve cinayetin toplumsal cinsiyet boyutunu geri plana atmış, haberde daha çok adli süreç ve soruşturma detaylarına odaklanmıştır.

Başlık okur üzerinde bir gizem yaratmış; haberin okunması amacıyla okurda merak uyandırılmak istenmiştir. Haber spotunda, mağdura sınırlı şekilde verilmiş, adli sürece ilişkin bilgi verilmiştir. Haber içeriğinde ise kadının üniversite öğrencisi olduğu ve 22 yaşında olduğu bilgisi verilse de haberde onun yaşamı, sosyal çevresi veya geleceği hakkında herhangi bir detay yer almamıştır. Bu durum, kadının mağduriyetini görünmez kılmıştır.

Haber dili, cinayet nesnel bir şekilde aktarmak yerine soruşturma ve mahkeme süreçlerine odaklanmıştır. *"İki polis memurunun yargılandığı dava"* ve *"Cemil Koç hakkında ağırlaştırılmış müebbet ceza talebi"* gibi ifadeler, olayın bürokratik ve hukuki boyutunu ön plana çıkarırken, haberde kadının yaşadığı şiddet ve yaşam hakkının ihlali geri planda kalmıştır. Failin eski polis memuru olması ise, olayın dikkat çekici olmasını sağlasa da cinayetin toplumsal cinsiyet boyutunu tartışmaya açmamaktadır.

Haber, Ayşe Tokyaz cinayetini bireysel bir adli vaka ve soruşturma konusu olarak sunmuş, kadının yaşadığı şiddet toplumsal bir sorun olarak ele alınmamıştır. Haberde kadının kimliği ve hayatı geri plana itilmiş; olay genel olarak failin cezalandırılması ve hukuki süreç üzerinden aktarılmıştır. Bu yaklaşım, kadın cinayetlerinin toplumsal boyutunu görünmez kılmaya hizmet etmiştir.

SONUÇ

Bu çalışma, internet haberlerinde kadın cinayetlerinin nasıl sunulduğunu ortaya koymak amacıyla hazırlanmıştır. Çalışmada 5 Ekim–19 Kasım 2025 tarihleri arasında www.yeniakit.com.tr'de yayımlanan kadın cinayeti haberleri incelenmiştir. Haberler içerik analiziyle değerlendirilmiş; haber başlıkları, dil kullanımı, fail ve mağdur temsili ile kadın cinayetlerinin sunuluş biçimi eleştirel bir bakış açısıyla analiz edilmiştir.

Araştırma bulguları, www.yeniakit.com.tr haber sitesinde, kadın cinayetlerinin çoğunlukla sansasyonel, dramatik ve fail merkezli bir anlatıyla sunulduğu göstermiştir. Haber başlıklarında sıklıkla *"kan donduran"*, *"tüyler ürperten"*, *"akıllara zarar"* gibi ifadelerin tercih edilmesi, kadın cinayetlerini toplumsal bir sorun alanı olmaktan çıkarmaya hizmet etmiştir. Bu durum cinayet haberlerinin dikkat çekici ve tüketilebilir bir medya içeriğine dönüştürülme potansiyelini gözler önüne sermiştir. Ayrıca bu tür sansasyonel ifadelerin haberlerde ön plana çıkarılması haberlerin bilgilendirici işlevini zayıflatırken, şiddetin olağanlaştırılmasına ve dramatizasyon yoluyla yeniden üretilmesine zemin hazırlayan yönüyle sorunlu bulunmuştur.

İncelenen haberlerde mağdur kadınlar çoğunlukla pasif ve edilgen bir şekilde temsil edilmiştir. Haberlerde kadınların bireysel yaşamları, öznel kimlikleri ve maruz kaldıkları sistematik şiddet büyük ölçüde görünmez kılınırken; kadınlar: *"eş"*, *"anne"*, *"yatalak"*, *"eski sevgili"*, *"hamile"* gibi tanımlamalarla haberde aile içi rollere indirgenmiştir. Buna karşılık haberlerde faillerin ifadeleri, gerekçeleri ve psikolojik durumları ayrıntılı biçimde aktarılmış; cinayetler *"kıskançlık"*, *"aldatılma"*, *"namus"* veya *"tartışma"* gibi bireysel nedenlerle açıklanmıştır. Bu söylemsel tercih, şiddeti yapısal ve toplumsal boyutlarından kopararak bireysel bir öfke ya da kontrol kaybı olarak çerçevelemeye hizmet etmiştir.

Çalışmayla elde edilen bulgular haber sitesinin (www.yeniakit.com.tr), kadın cinayetlerini haberleştirme sürecinde gazetenin muhafazakâr ve ataerkil ideolojik yapısıyla uyumlu olduğunu açığa çıkarmıştır. İncelenen haberlerde toplumsal cinsiyet eşitsizliğinin, kadınların korunma mekanizmalarının, sorumluların ve şiddetin önlenmesine yönelik yapısal sorunların büyük ölçüde dışarıda bırakıldığı sonucuna varılmıştır. Kadın cinayetleri, çoğunlukla adli vaka, bireysel trajedi ya da ahlaki sapma çerçevesinde ele alınmış; böylece şiddetin politik ve toplumsal niteliği görünmez kılınmıştır.

Çalışmayla kadın cinayeti gibi toplumu yakından ilgilendiren hassas bir konuda, etik ve eşitlikçi bir dil kullanımının önemi açığa çıkmış; yanlış ve kışkırtıcı bir dil kullanımının ise toplumsal cinsiyet eşitsizliğinin yeniden üretiminde rol oynayabileceği önemli bir husus olarak tespit edilmiştir. Bu nedenle medya kuruluşları kadın cinayetlerini sadece sansasyonel bir haber olarak ele almamalı, toplumsal cinsiyet eşitsizliğinin bir sonucu olarak değerlendirmelidir.

KAYNAKÇA

- Akça, Ç. (2021, 5 Ağustos). AKÇA: Kadın cinayetleri politiktir. Egemen GZT. <https://www.egemengzt.com/haber-akca-kadin-cinayetleri-politiktir-42126.html> 05.05.2026 tarihinde erişilmiştir.
- Akyüzlü, B. (2024). Eleştirel söylem perspektifinden dijital medyada kadın cinayet haberlerinin incelenmesi: DHA örneği. Karadeniz Teknik Üniversitesi İletişim Araştırmaları Dergisi, 14(2), 23-57.
- Avcı, F., ve Güdekli, İ. A. (2018). Toplumsal cinsiyet ve medya ilişkisi: Yazılı basında kadına şiddet ve kadın cinayetleri haberleri üzerine bir analiz. International Journal of Cultural and Social Studies, 4(2), 475–506.
- Can, S., ve Koz, K. A. (2018). Medya ve Kadın içinde. https://www.researchgate.net/publication/328737634_MEDYA_VE_KADIN adresinden 06.05.2026 tarihinde erişilmiştir.
- Cem, S. (2024). Dijital gazete haberlerinde kadın cinayetlerine yönelik bir eleştirel söylem çözümlemesi: Cumhuriyet, Sabah ve Yeni Akit örnekleri. OKAD – Ondokuz Mayıs Üniversitesi Kadın ve Aile Araştırmaları Dergisi, 4(1), 17–47.
- Dağcı, S., ve Ören, B. (2019). Cinsiyet eşitsizliği, kadına yönelik şiddet ve sağlık çalışanlarının yaklaşımı. Zeynep Kâmil Tıp Bülteni, 50(4), 236–240.
- Dingin, A. E. (2020). Kadına yönelik şiddet haberlerinin kamuoyuna etkisi: Üçüncü aşama gündem belirleme çalışması. İletişim Çalışmaları Dergisi, 7(15), 53–72.
- Erzöz, A. (2010). Türk atasözleri ve deyimlerinde kadına yönelik toplumsal cinsiyet rolleri. Gazi Türkiyat Türkoloji Araştırmaları Dergisi, 1(6), 167–181.
- Gökulu, G., ve Hosta, N. (2013). Basında kadına yönelik şiddet haberlerinin analizi: Hürriyet, Sabah ve Posta gazeteleri örneği (2005–2008). The Journal of Academic Social Science Studies, 6(2), 1829–1850. https://doi.org/10.9761/JASSS_717
- Güneş, G., ve Yıldırım, B. (2019). Cinsiyet temelli bir savaş: Kadın cinayetlerinin medyada temsili üzerine bir değerlendirme. Toplum ve Sosyal Hizmet, 30(3), 936–964. <https://doi.org/10.33417/tsh.622587>
- Karabağlı, A. U. (2015, 20 Şubat). Kadına yönelik nefreti, şiddeti ve ayrımcılığı körükleyen deyim ve atasözlerimiz. Onedio. <https://onedio.com/haber/kadinayonelik-nefreti-siddeti-ve-ayrimciligi-korukleyen-cagdisi-deyim-deyis-ve-atasozlerimiz-457302> adresinden 01.05.2026 tarihinde erişilmiştir.
- Kılıçaslan, E. Ç. (2023). Türkiye’de kadına yönelik şiddetin iletişimsel boyutunun medya haberlerinde yer alışı. Türk Dünyası Kadın Araştırmaları Dergisi, 2(1), 36–42.
- Oğuz, C. (2024). Türkiye’de kadın cinayetlerinin medyada temsili: “Farkındalık” mı, “Rol modeli” oluşturma riski mi? Karadeniz Teknik Üniversitesi İletişim Araştırmaları Dergisi, 14(2), 58–85. <https://doi.org/10.53495/e-kiad.1573559>
- Yeni Akit (2025). <https://www.yeniakit.com.tr/> adresinden 01.10.2025-06.05.2026 tarihleri arasında erişilmiştir.
- Yeniakit (2025). <https://www.yeniakit.com.tr/haber/uzerine-gelen-kumasini-katletti-ilk-esin-kiskancilik-krizi-1957489.html> adresinden 05.10.2025 tarihinde erişilmiştir.
- Yeniakit (2025). <https://www.yeniakit.com.tr/haber/insanin-tuylerini-urperten-cinayet-unlufenomenin-cesedi-bavulda-bulundu-1957681.html> adresinde 06.10.2025 tarihinde erişilmiştir.
- Yeniakit (2025). <https://www.haber7.com/guncel/haber/3569276-izmirde-kadin-cinayeti-esini-katleden-caninin-ifadesi-kan-dondurdu> 10.10.2025 tarihinde erişilmiştir.
- Yeniakit (2025). <https://www.yeniakit.com.tr/haber/17-yasindaki-hasretin-katili-5-kisiyi-daha-oldurmus-1960612.html> 22.10.2025 tarihinde erişilmiştir.
- Yeniakit (2025). <https://www.yeniakit.com.tr/haber/akillara-zarar-cinayet-75-bicak-darbesinin-sebebine-bakin-1962906.html> 04.11.2025 tarihinde erişilmiştir.
- Yeniakit (2025). <https://www.yeniakit.com.tr/haber/9-yil-sonra-gelen-adalet-hamile-nursen-senkal-cinayetini-jasat-cozdu-1965072.html> 16.11.2025 tarihinde erişilmiştir.
- Yeniakit (2025) (<https://www.yeniakit.com.tr/haber/cinayet-davasinda-flas-gelisme-polislerin-akibeti-belli-oldu-1965644.html>) 19.11.2025 tarihinde erişilmiştir.

**DEĞER NETLİĞİ ÖLÇEĞİ: TÜRKÇE FORMUNUN GEÇERLİK VE GÜVENİRLİK
ÇALIŞMASI**
*ADAPTATION OF THE VALUE CLARITY QUESTIONNAIRE (VCQ) TO TURKISH: A VALIDITY
AND RELIABILITY STUDY*

M.A. Student Sena MERİÇ

Marmara University, Institute of Educational Sciences, Department of Guidance and Psychological Counseling, Istanbul, Turkey,
ORCID: ID/0009-0002-1973-999,

Asst. Prof. Halil EKŞİ

Marmara University, Institute of Educational Sciences, Department of Guidance and Psychological Counseling, Istanbul, Turkey,
ORCID: ID/0000-0001-7520-4559

Asst. Doç. Dr. Hasan KÜTÜK

Yıldız Technical University, Faculty of Education, Department of Guidance and Psychological Counseling, Istanbul, Turkey,
ORCID: ID/0000-0002-8288-4107

Abstract

Values are among the fundamental psychological constructs that guide individuals' lives, shape their behaviors, and provide meaning and direction. In recent years, particularly within the framework of Acceptance and Commitment Therapy (ACT), increasing attention has been given to the role of values in psychological well-being and values-based action. However, while numerous instruments assess value orientations and value-consistent behaviors, relatively few focus on the extent to which individuals can clearly identify and articulate their personal values. In this context, value clarity refers to individuals' awareness of the kind of person they wish to be and their ability to define their personal values in a clear and coherent manner. The present study aimed to adapt the Value Clarity Questionnaire (VCQ), developed by Lyons et al. (2023), into Turkish and to examine its psychometric properties. The study sample consisted of 253 adults aged 18 years and older. The adaptation process included translation, back-translation, expert review, panel evaluation, and pilot testing procedures. Construct validity was examined through Confirmatory Factor Analysis (CFA), and reliability was assessed using Cronbach's alpha coefficient. Criterion-related validity was evaluated using the Valuing Questionnaire and the Engaged Living Scale. During the data screening process, missing data and multivariate outliers were examined. Seven participants identified as multivariate outliers through Mahalanobis distance analysis were removed from the dataset, and the final analyses were conducted with 239 participants. CFA results supported the original one-factor structure of the scale in the Turkish sample. Model fit indices indicated an acceptable fit to the data ($\chi^2(14) = 12.63$, CFI = .971, TLI = .957, RMSEA = .085, SRMR = .034). Standardized factor loadings ranged from .636 to .848. The internal consistency coefficient of the scale was found to be .86. Criterion-related validity analyses revealed a strong positive correlation between the Value Clarity Questionnaire and the Valuing Questionnaire ($r = .829$, $p < .001$), and a moderate positive correlation between the Value Clarity Questionnaire and the Engaged Living Scale ($r = .526$, $p < .001$). The findings indicate that the Turkish version of the Value Clarity Questionnaire is a valid and reliable instrument for assessing value clarity among Turkish adults. The scale may serve as a useful tool for future research examining values, psychological flexibility, and values-based behavior.

Keywords: value clarity, values, scale adaptation, validity, reliability

Özet

Değerler, bireyin yaşamını yönlendiren, davranışlarına rehberlik eden ve yaşamına anlam kazandıran temel psikolojik yapılardan biridir. Son yıllarda özellikle Kabul ve Kararlılık Terapisi (Acceptance and Commitment Therapy; ACT) kapsamında değerlerin psikolojik iyi oluş ve değer temelli davranışlar

üzerindeki rolü giderek daha fazla önem kazanmaktadır. Bununla birlikte bireylerin sahip oldukları değerlerden ziyade, bu değerleri ne ölçüde açık ve net biçimde tanımlayabildiklerini değerlendiren ölçme araçlarının sınırlı olduğu görülmektedir. Bu bağlamda değer netliği, bireyin nasıl bir insan olmak istediğine ilişkin farkındalığını ve sahip olduğu değerleri net biçimde tanımlayabilme düzeyini ifade eden önemli bir yapı olarak değerlendirilmektedir. Bu araştırmanın amacı, Lyons ve arkadaşları (2023) tarafından geliştirilen Değer Netliği Ölçeği'nin (Value Clarity Questionnaire; VCQ) Türkçeye uyarlanması ve psikometrik özelliklerinin incelenmesidir. Araştırmanın çalışma grubunu 18 yaş ve üzerindeki 253 yetişkin oluşturmaktadır. Ölçeğin uyarlama sürecinde çeviri, geri çeviri, uzman görüşü, panel uygulaması ve pilot uygulama aşamaları gerçekleştirilmiştir. Yapı geçerliğini incelemek amacıyla Doğrulamalı Faktör Analizi (DFA), güvenirliği belirlemek amacıyla Cronbach alfa iç tutarlılık katsayısı hesaplanmıştır. Ölçüt bağıntılı geçerlik kapsamında Değer Verme Ölçeği ve Değerlere Bağlı Yaşam Ölçeği kullanılmıştır. Veri temizleme sürecinde eksik veriler ve çok değişkenli uç değerler incelenmiş, Mahalanobis uzaklığı analizine göre belirlenen yedi katılımcı veri setinden çıkarılmış ve analizler 239 katılımcı üzerinden yürütülmüştür. DFA sonuçları ölçeğin tek faktörlü yapısının Türk örnekleminde doğrulandığını göstermiştir. Model uyum indeksleri $\chi^2(14)=12.63$, CFI=.971, TLI=.957, RMSEA=.085 ve SRMR=.034 olarak bulunmuştur. Standardize faktör yükleri .636 ile .848 arasında değişmektedir. Ölçeğin Cronbach alfa iç tutarlılık katsayısı .86 olarak hesaplanmıştır. Ölçüt bağıntılı geçerlik analizlerinde Değer Netliği Ölçeği ile Değer Verme Ölçeği arasında yüksek düzeyde pozitif ilişki ($r=.829$, $p<.001$), Değerlere Bağlı Yaşam Ölçeği arasında ise orta düzeyde pozitif ilişki ($r=.526$, $p<.001$) bulunmuştur. Elde edilen bulgular, Değer Netliği Ölçeği'nin Türkçe formunun geçerli ve güvenilir bir ölçme aracı olduğunu göstermektedir. Ölçeğin, değerler, psikolojik esneklik ve değer temelli davranışlarla ilgili gelecekte gerçekleştirilecek araştırmalarda kullanılabilecek işlevsel bir ölçme aracı olduğu düşünülmektedir.

Anahtar Kelimeler: değer netliği, değerler, ölçek uyarlama, geçerlik, güvenirlik

Giriş

Bireylerin yaşamlarını anlamlandırma, yönlendirme ve sürdürme süreçlerinde değerler temel bir rol oynamaktadır. Değerler, bireyin neyin önemli olduğuna ilişkin inançlarını yansıtan ve davranışlara yön veren genel ilkeler olarak tanımlanmaktadır (Schwartz, 1992; Hitlin & Piliavin, 2004). Bu yönüyle değerler, yalnızca bilişsel tercihlerden ibaret olmayıp, bireyin davranışlarını yönlendiren ve yaşam tercihlerini şekillendiren çok boyutlu yapılar olarak ele alınmaktadır (Rokeach, 1973; Schwartz, 1992). Değerler, bireyin yaşamında ulaşılması gereken somut hedeflerden farklı olarak, bireyin yaşam yönelimini belirleyen ve davranışlarına rehberlik eden genel ilkeler olarak değerlendirilmektedir (Hayes et al., 1999; Schwartz, 1992).

Kabul ve Kararlılık Terapisi (Acceptance and Commitment Therapy; ACT) çerçevesinde değerler, psikolojik esnekliğin temel bileşenlerinden biri olarak ele alınmaktadır. Bu yaklaşımda değerler, bireyin yaşamına yön veren ve anlamlı bir yaşam sürdürmesine katkı sağlayan içsel referans noktaları olarak tanımlanmaktadır (Hayes et al., 2006). Değerlerle uyumlu davranışlar sergilemek, bireyin psikolojik iyi oluşu, yaşam doyumu ve öznel anlam deneyimi ile yakından ilişkilidir (Ryan & Deci, 2001; Sorthie & Schwartz, 2017). Ancak bu ilişkinin ortaya çıkabilmesi için bireyin sahip olduğu değerlerin yalnızca var olması yeterli değildir; aynı zamanda bu değerlerin birey tarafından açık ve net biçimde tanımlanmış olması gerekmektedir.

Bu noktada "değer netliği" (value clarity) kavramı önem kazanmaktadır. Değer netliği, bireyin nasıl bir insan olmak istediğine ilişkin farkındalığı ve kendi değerlerini açık biçimde tanımlayabilme düzeyi olarak ifade edilmektedir. Değer netliği, bireyin yaşamındaki seçimlerini bilinçli biçimde yönlendirmesine olanak tanıyan bir yapı olarak değerlendirilmekte ve değer temelli davranışların ortaya çıkmasında önemli bir rol oynamaktadır (Lyons et al., 2023; Hayes et al., 2006). Değerlerin belirsiz ya da çelişkili olması durumunda ise bireylerin karar verme süreçlerinde zorlandığı ve değerleriyle uyumlu davranışlar sergilemekte güçlük yaşayabildiği belirtilmektedir (Prince et al., 2021; Hayes et al., 2006). Değer netliği kavramı, benlik yapısı ile de yakından ilişkilidir. Benlik kavramı açıklığı (self-concept clarity), bireyin kendine ilişkin inançlarının ne ölçüde açık, tutarlı ve zaman içinde kararlı olduğunu ifade etmektedir (Campbell et al., 1996). Bu bağlamda değer netliği, benlik kavramı açıklığı ile ilişkili bir yapı olarak değerlendirilebilir ve bireyin kimlik bütünlüğü ile davranışsal tutarlılığı açısından önemli bir rol oynayabilir. Bu yapının düşük olması durumunda bireylerin duygu düzenleme, davranış kontrolü

ve karar verme süreçlerinde zorluk yaşadığı bilinmektedir. Benzer şekilde değer netliğinin düşük olması da bireyin yaşam yöneliminin belirsizleşmesine ve davranışlarında tutarsızlıklar ortaya çıkmasına neden olabilmektedir. Bu durum, değer netliğinin yalnızca bilişsel bir farkındalık düzeyi değil, aynı zamanda bireyin psikolojik işleyişinin önemli bir bileşeni olduğunu göstermektedir.

Tutum açıklığına yönelik araştırmalar, bireylerin tutumlarının netliğinin bu tutumların davranış üzerindeki belirleyiciliğini artırdığını ortaya koymaktadır (Bizer et al., 2018). Tutumların netliği ile davranış arasındaki bu ilişki, bireyin sahip olduğu değerlerin açıklığının da benzer biçimde davranışlar üzerinde etkili olabileceğine işaret etmektedir. Bu bağlamda değerlerin açık ve net biçimde tanımlanabilmesi, bireyin davranışlarında tutarlılık sağlaması açısından önemli bir işlev görmektedir. Değerlerin belirsiz olması ise bireyin farklı durumlarda farklı yönelimler sergilemesine ve karar verme süreçlerinde kararsızlık yaşamasına yol açabilmektedir. Bu nedenle değer netliği kavramının kuramsal olarak ele alınması ve ölçülebilir bir yapı olarak incelenmesi, psikoloji alanında önemli bir gereksinim olarak ortaya çıkmaktadır.

Değerler yalnızca bireyin önem verdiği unsurları yansıtmakla kalmayıp, aynı zamanda bu değerlerin birey tarafından ne ölçüde açık ve tutarlı biçimde temsil edildiği, bu değerlerin davranışlara yansımaya gücü açısından önemli bir faktör olarak değerlendirilmektedir (Lyons et al., 2023; Hayes et al., 2006; Schwartz, 1992).

Değerlerin davranış üzerindeki etkisi özellikle Kabul ve Kararlılık Terapisi (ACT) çerçevesinde daha sistematik biçimde ele alınmaktadır. ACT yaklaşımına göre değerler, bireyin yaşamına yön veren ve davranışlarını organize eden temel bileşenlerden biridir. Ancak bu yaklaşım, değerlerin tek başına yeterli olmadığını, değerler doğrultusunda davranış sergileyebilmek için psikolojik esnekliğin de gerekli olduğunu vurgulamaktadır (Hayes et al., 2006). Bu bağlamda değer temelli davranış, bireyin değerleri doğrultusunda hareket etmesi olarak tanımlanmakta ve psikolojik iyi oluşun önemli bir belirleyicisi olarak kabul edilmektedir.

Literatürde değerlerin birey davranışları, motivasyon süreçleri ve psikolojik iyi oluş üzerindeki etkisi geniş biçimde ele alınmıştır. Araştırmalar, bireylerin değerleri ile uyumlu davranışlar sergilemelerinin yaşam doyumu, öznel iyi oluş ve anlamlı yaşam deneyimi ile güçlü bir ilişki içinde olduğunu göstermektedir (Ryan & Deci, 2001; Sortheix & Schwartz, 2017).

Bununla birlikte değer temelli davranışın ortaya çıkışı, çeşitli psikolojik süreçlerden etkilenmektedir. Araştırmalar, deneyimsel kaçınma ve bilişsel birleşme gibi süreçlerin artmasının bireyin değerleri doğrultusunda hareket etmesini zorlaştırdığını; buna karşılık farkındalık ve kabul düzeyinin artmasının bu süreci desteklediğini göstermektedir (Levin et al., 2018; Hayes et al., 2006). Bu bulgular, değerlerin davranışa dönüşmesinde yalnızca değerlerin varlığının yeterli olmadığını, aynı zamanda bu değerlerin birey tarafından erişilebilir ve açık biçimde temsil edilmesi gerektiğini ortaya koymaktadır.

Bu noktada değer netliği kavramı, değerler ile davranış arasındaki ilişkinin anlaşılmasında kritik bir rol oynamaktadır. Değer netli, bireyin sahip olduğu değerleri ne ölçüde net biçimde tanımlayabildiğini ifade etmekte ve değer temelli davranışların ortaya çıkmasında önemli bir faktör olarak değerlendirilmektedir (Lyons et al., 2023). Değerlerin açık olmaması durumunda bireylerin değerleri doğrultusunda davranış sergilemekte zorlandıkları ve bu durumun psikolojik iyi oluş üzerinde olumsuz etkiler yarattığı belirtilmektedir (Prince et al., 2021).

Literatürde değerler ile iyi oluş arasındaki ilişki incelendiğinde, yalnızca değerlerin varlığının değil, aynı zamanda değerler ile davranış arasındaki uyumun da belirleyici olduğu görülmektedir. Değerleri ile uyumlu davranışlar sergileyen bireylerin daha yüksek düzeyde yaşam doyumu ve psikolojik uyum gösterdiği ifade edilmektedir (Sortheix & Schwartz, 2017). Bu bağlamda değerler ile davranış arasındaki uyum (value congruence), bireyin iyi oluşunu açıklayan önemli bir değişken olarak öne çıkmaktadır. Ancak bu uyumun sağlanabilmesi için bireyin sahip olduğu değerlerin açık ve net biçimde tanımlanmış olması gerekmektedir.

Bununla birlikte literatürde dikkat çeken önemli bir nokta, değer temelli davranış, değerlerle uyumlu yaşam ve değer netliği kavramlarının sıklıkla bir arada ele alınmasıdır. Bu kavramlar birbirleriyle ilişkili olmakla birlikte kuramsal olarak farklı yapılardır. Değer netliği, bireyin değerlerini tanıma ve netleştirme sürecini ifade ederken; değer temelli davranış, bu değerler doğrultusunda hareket etmeyi; değerlerle uyumlu yaşam ise bu davranışların sürekliliğini ifade etmektedir. Bu bağlamda değerler ve davranış arasındaki ilişkiyi ele alan çalışmalar, bu kavramların birbirleriyle ilişkili ancak farklı yapılar

olduğunu göstermektedir (Wilson & Sandoz, 2010; Lyons et al., 2023). Bu ayrımın yeterince net yapılmaması, literatürde kavramsal belirsizliklere ve ölçme sorunlarına yol açmaktadır.

Değerlerin birey üzerindeki etkisi yalnızca iyi oluş ile sınırlı değildir. Araştırmalar, değerlerin davranışsal düzenleme ve yaşamda anlam oluşturma gibi çeşitli psikolojik süreçlerle ilişkili olduğunu göstermektedir (Prince et al., 2021). Özellikle gelişimsel açıdan değerlendirildiğinde, ergenlik ve genç yetişkinlik dönemlerinde değerlerin netleşmesinin bireyin kimlik gelişimi ve yaşam yönelimi üzerinde belirleyici bir rol oynadığı belirtilmektedir. Değerlerin belirsiz olması, bireyin yaşam hedeflerini belirlemesini zorlaştırmakta ve davranışsal tutarsızlıklara yol açabilmektedir.

Ayrıca değerlerin birey davranışlarını yönlendirme gücü, bu değerlerin birey tarafından ne ölçüde içselleştirildiği ve açık biçimde temsil edildiği ile de ilişkilidir. Değerlerin net olması, bireyin karar verme süreçlerinde daha kararlı ve tutarlı davranmasını sağlarken; değerlerin belirsiz olması durumunda bireylerin farklı durumlarda farklı yönelimler sergileyebildiği görülmektedir. Bu durum, değer netliğinin davranışsal tutarlılık açısından kritik bir rol oynadığını göstermektedir.

Sonuç olarak literatür, değerlerin birey davranışları ve psikolojik iyi oluş üzerindeki etkisini güçlü biçimde ortaya koymakla birlikte, bu etkinin nasıl ortaya çıktığına ilişkin süreçlerin daha ayrıntılı biçimde incelenmesi gerektiğini göstermektedir. Özellikle değerlerin davranışa dönüşmesinde değer netliğinin oynadığı rol, literatürde giderek daha fazla dikkat çeken bir konu haline gelmektedir. Bu bağlamda değer netliğinin ayrı bir yapı olarak ele alınması ve sistematik biçimde incelenmesi, hem kuramsal hem de uygulamalı çalışmalar açısından önemli bir gereksinim olarak ortaya çıkmaktadır.

Değerlerin ölçülmesine yönelik literatürde farklı kuramsal yaklaşımlara dayanan çeşitli ölçme araçları geliştirilmiştir. Bu araçlar genel olarak bireylerin sahip oldukları değerleri, değer önceliklerini ya da değerlerle uyumlu davranışlarını değerlendirmeyi amaçlamaktadır. Ancak bu ölçme araçlarının büyük bir kısmının, değerlerin birey tarafından ne ölçüde açık ve net biçimde algılandığını doğrudan değerlendirmede olduğu görülmektedir.

Değer ölçümüne ilişkin erken dönem çalışmalar, daha çok değerlerin içeriksel yapısına odaklanmıştır. Bu kapsamda geliştirilen Rokeach Değerler Ölçeği ve Schwartz Değerler Ölçeği, bireylerin hangi değerlere ne ölçüde önem verdiğini belirlemeyi amaçlamaktadır (Rokeach, 1973; Schwartz, 1992). Bu ölçekler, değerlerin sınıflandırılması ve bireyler arası karşılaştırılması açısından önemli katkılar sağlamış olmakla birlikte, bireyin değerlerini ne ölçüde açık ve net biçimde tanımlayabildiğini değerlendirme konusunda sınırlı kalmaktadır.

Daha güncel yaklaşımlar kapsamında geliştirilen ölçme araçları, değerler ile davranış arasındaki ilişkiye odaklanmaya başlamıştır. Bu doğrultuda geliştirilen Valued Living Questionnaire (VLQ), bireyin değer verdiği yaşam alanları ile bu alanlardaki davranışları arasındaki tutarlılığı değerlendirmeyi amaçlamaktadır (Wilson et al., 2010). Bununla birlikte VLQ, değerlerin netliğinden ziyade bireyin değerleriyle ne ölçüde uyumlu yaşadığını ölçmektedir. Bu durum, değer netliği ile değerlerle uyumlu yaşam kavramlarının birbirinden ayrıştırılmasını zorlaştırmaktadır.

Benzer şekilde Valuing Questionnaire (VQ), bireyin değerleri doğrultusunda ilerleme ve bu süreçte karşılaştığı engelleri değerlendiren iki boyutlu bir yapı sunmaktadır (Smout et al., 2014). Bu ölçek, değer temelli davranış değerlendirme açısından önemli bir katkı sağlamakla birlikte, bireyin değerlerini ne ölçüde açık biçimde tanımlayabildiğini doğrudan ölçmemektedir. Dolayısıyla VQ, değer netliği kavramını dolaylı biçimde ele almakta ve bu yapının özgün katkısını ortaya koymada sınırlı kalmaktadır. Literatürde yer alan bir diğer ölçme yaklaşımı ise değer yönelimleri çerçevesinde geliştirilen ölçeklerdir. Bu kapsamda geliştirilen ve Türk kültürüne uyarlanan Değer Yönelimleri Ölçeği, bireylerin başarı ve iyi oluş değer yönelimlerini değerlendirmeyi amaçlamaktadır (Aydın & Aydın, 2017). Bu tür ölçekler, bireylerin hangi değer yönelimlerine daha yakın olduklarını ortaya koymak açısından işlevsel olmakla birlikte, bireyin kendi değerlerini ne ölçüde açık ve net biçimde tanımlayabildiğini değerlendirmemektedir. Bu durum, değerlerin içeriksel yönü ile değer netliği arasındaki farkın önemini ortaya koymaktadır.

Ayrıca bazı ölçme araçlarının kısa zaman dilimlerine odaklanması da önemli bir sınırlılık olarak değerlendirilmektedir. Değerler, bireyin yaşamı boyunca süreklilik gösteren yapılar olmasına rağmen, bazı ölçeklerin yalnızca belirli bir zaman aralığını (örneğin son hafta) değerlendirmesi, bu yapının süreklilik gösteren doğasını yeterince yansıtmayabilmektedir (Smout et al., 2014). Bu durum, değerlerin daha uzun vadeli ve bütüncül biçimde ele alınması gerektiğini göstermektedir.

Engaged living yaklaşımı kapsamında geliştirilen ölçekler de değerler ile davranış arasındaki ilişkiyi ele almakta ve bireyin değerleri doğrultusunda ne ölçüde hareket ettiğini değerlendirmektedir (Trompeter et al., 2013). Ancak bu ölçekler, değer netliğinde doğrudan ölçmekten ziyade, değerler doğrultusunda davranış sergileme düzeyine odaklanmaktadır. Bu durum, değer netliğinin ölçümünde dolaylı bir yaklaşımın benimsendiğini göstermektedir.

Literatürde yer alan mevcut ölçeklerin büyük bir kısmı değerlerin içeriksel boyutunu ya da değerlerle uyumlu davranışları ölçmeye odaklanmaktadır (Rokeach, 1973; Schwartz, 1992; Wilson et al., 2010; Smout et al., 2014). Bu ölçümler, değerlerin ne olduğuna ve bireyin bu değerler doğrultusunda nasıl davrandığına ilişkin önemli bilgiler sunmakla birlikte, değer netliğini doğrudan ölçmemektedir. Bu durum, değer netliğinin bağımsız bir yapı olarak değerlendirilmesini zorlaştırmakta ve bu yapının psikolojik süreçler üzerindeki özgün etkisinin belirlenmesini engellemektedir. Benzer şekilde bazı ölçümlerin kısa zaman dilimlerine odaklanması, değerlerin süreklilik gösteren doğasını yeterince yansıtamamaktadır. Bu durum, değer netliğinin kapsamlı ve bütüncül biçimde değerlendirilmesine yönelik ölçme araçlarına duyulan ihtiyacı artırmaktadır. Bu bağlamda değer netliğinin bağımsız bir yapı olarak ele alınması ve geçerli-güvenilir ölçme araçlarıyla değerlendirilmesi, literatürdeki önemli bir boşluğun doldurulması açısından kritik bir gereklilik olarak ortaya çıkmaktadır.

Bu bağlamda geliştirilen Value Clarity Questionnaire (VCQ), değer netliğini doğrudan ölçmeye yönelik bir araç olması bakımından literatürde önemli bir farklılık oluşturmaktadır (Lyons et al., 2023). VCQ, bireyin kendi değerlerini ne ölçüde açık ve net biçimde tanımlayabildiğini değerlendirmeyi amaçlamakta ve bu yönüyle mevcut ölçme araçlarında gözlenen önemli bir boşluğu doldurmaktadır. Ölçeğin bu özgün yapısı, değer netliğinin bağımsız bir değişken olarak incelenmesine olanak tanımakta ve literatüre önemli bir katkı sunmaktadır.

Türkiye bağlamında değerlerin ölçülmesine yönelik geliştirilen veya Türkçeye uyarlanan çeşitli ölçme araçları bulunmaktadır. Bu kapsamda Değer Yönelimleri Ölçeği bireylerin başarı ve iyi oluş değer yönelimlerini değerlendirmeye odaklanırken (Çalışkan & Karademir, 2014), Değer Verme Ölçeği bireylerin değerleri doğrultusunda ilerleme ve karşılaştıkları engelleri, özellikle kısa zaman dilimleri (örneğin son hafta) üzerinden değerlendirmektedir (Aydın & Aydın, 2017). Benzer şekilde Değerlere Bağlı Yaşam Ölçeği ise bireyin değerleriyle uyumlu yaşama düzeyini ve bu sürecin sürekliliğini ele almaktadır (Işık & Bilge, 2023). Ancak bu ölçme araçlarının ortak noktası, bireyin sahip olduğu değerleri ne ölçüde açık ve net biçimde tanımlayabildiğini, yani değer netliğini doğrudan ölçmemeleridir.

Literatürdeki bir diğer önemli boşluk ise kültürel bağlamla ilişkilidir. Değerler, kültürel normlar ve toplumsal yapı ile yakından ilişkili olduğundan, farklı kültürlerde farklı biçimlerde deneyimlenmektedir (Schwartz, 1992). Ancak değer netliğine ilişkin çalışmaların büyük bir kısmının Batı örneklemeleri üzerinde yürütüldüğü görülmektedir. Türkiye bağlamında yapılan çalışmalar incelendiğinde, değerlerin ölçülmesine yönelik çeşitli ölçeklerin bulunduğu; ancak bu çalışmaların çoğunlukla değer yönelimleri ya da değerlerle uyumlu davranışlara odaklandığı dikkat çekmektedir (Aydın & Aydın, 2017). Değer netliğini doğrudan ölçen araçların sınırlı olması, bu alandaki önemli bir kültürel boşluğa işaret etmektedir.

Bununla birlikte bir ölçme aracının farklı kültürlerde kullanılabilmesi için yalnızca dilsel çevirisinin yapılması yeterli değildir. Ölçeğin kavramsal, kültürel ve psikometrik açıdan da uyarlanması gerekmektedir. Değerlerin kültürel bağlamdan güçlü biçimde etkilenen yapılar olduğu göz önünde bulundurulduğunda (Schwartz, 1992), bir ölçme aracının farklı bir kültürde aynı yapıyı ölçüp ölçmediğinin test edilmesi büyük önem taşımaktadır. Bu bağlamda, VCQ'nun Türk kültürüne uyarlanması, hem değer netliği kavramının kültürel bağlamda nasıl işlediğinin anlaşılmasına katkı sağlayacak hem de bu alandaki ölçme eksikliğinin giderilmesine olanak tanıyacaktır.

Bu araştırmanın temel problemi, literatürde sınırlı biçimde ele alınan değer netliği yapısını ölçmeye yönelik geliştirilen Value Clarity Questionnaire (VCQ)'nin Türk kültürüne uyarlanarak geçerli ve güvenilir bir ölçme aracı olup olmadığının belirlenmesidir.

Yöntem

Çalışma Grubu

Bu araştırma, Değer Netliği Ölçeği'nin (Value Clarity Questionnaire; VCQ) Türkçeye uyarlanması amacıyla genel yetişkin örneklem üzerinde yürütülmüştür. Araştırmanın çalışma grubunu 18–60 yaş aralığındaki bireyler oluşturmaktadır. Araştırma kapsamında ölçek toplam 254 katılımcıya uygulanmıştır. Analizlere başlanmadan önce veri seti eksik veri ve çok değişkenli uç değerler açısından incelenmiştir. Madde düzeyinde eksik veri içeren katılımcıların çıkarılmasının ardından analizler 246 katılımcı üzerinden sürdürülmüştür. Çok değişkenli uç değerlerin belirlenmesinde Mahalanobis uzaklığı kullanılmış ve $p < .001$ ölçütüne göre belirlenen 7 katılımcı veri setinden çıkarılmıştır. Böylece analizler 239 katılımcı üzerinden gerçekleştirilmiştir. Ölçüt geçerliği çalışması kapsamında ise ölçek, ek olarak 50 katılımcıya Değer Verme Ölçeği ve Engaged Living Scale ile birlikte uygulanmıştır. Katılımcılara ilişkin demografik bilgiler veri toplama süreci tamamlandıktan sonra ayrıntılı olarak raporlanacaktır.

Veri Toplama Araçları

Değer Netliği Ölçeği (Value Clarity Questionnaire; VCQ)

Değer Netliği Ölçeği, bireyin sahip olduğu değerleri ne ölçüde açık ve net biçimde tanımlayabildiğini değerlendirmek amacıyla Lyons ve arkadaşları (2023) tarafından geliştirilmiştir. Ölçek bireyin değer farkındalığı, değerlerini ifade edebilme ve değerleri doğrultusunda yönelim oluşturabilme düzeyini değerlendiren maddelerden oluşmaktadır. Ölçeğin orijinal formu yetişkin ve ergen örneklemelerinde geliştirilmiş ve psikometrik özelliklerinin yeterli düzeyde olduğu belirtilmiştir. Bu çalışmada ölçeğin Türkçe formunun geçerlik ve güvenirlik çalışması yürütülmüştür.

Değer Verme Ölçeği

Araştırmada ölçüt bağıntılı geçerlik çalışmaları kapsamında Değer Verme Ölçeği kullanılmıştır. Değer Verme Ölçeği, bireyin değerleri doğrultusunda ilerleme düzeyini ve değer temelli yaşantılarla ilişkili süreçleri değerlendirmektedir. Değer netliği kavramı, bireyin sahip olduğu değerleri açık ve net biçimde tanımlayabilmesini ifade ederken; değer verme ve değerler doğrultusunda ilerleme süreçleri, bu değerlerin davranışsal düzeyde yaşama yansıtılmasıyla ilişkilidir. Literatürde değer netliği ile değer temelli davranışların kuramsal olarak ilişkili yapılar olduğu belirtilmektedir (Hayes et al., 2006; Smout et al., 2014). Bu nedenle Değer Verme Ölçeği'nin, Değer Netliği Ölçeği ile pozitif yönde ilişkili olması beklenmektedir. Bu bağlamda söz konusu ölçek, araştırmada ölçüt bağıntılı geçerliği incelemek amacıyla kullanılmıştır.

Engaged Living Scale

Araştırmada ölçüt bağıntılı geçerlik çalışmaları kapsamında kullanılan bir diğer ölçme aracı Engaged Living Scale'dir. Engaged Living Scale, bireyin yaşamını değerleri doğrultusunda sürdürme düzeyini ve değerleriyle uyumlu davranışlar sergileme eğilimini değerlendirmektedir. Değer netliği kavramı, bireyin sahip olduğu değerleri açık ve net biçimde tanımlayabilmesini ifade ederken; engaged living yaklaşımı bu değerlerin davranışsal düzeyde yaşama aktarılmasını kapsamaktadır. Literatürde değer netliğinin, bireyin değerleri doğrultusunda yaşam sürdürmesi ve değer temelli davranışlar sergilemesiyle ilişkili olduğu belirtilmektedir (Trompetter et al., 2013; Hayes et al., 2006). Bu nedenle Değer Netliği Ölçeği ile Engaged Living Scale arasında pozitif yönde anlamlı ilişkiler bulunması beklenmektedir. Bu bağlamda Engaged Living Scale, araştırmada ölçüt bağıntılı geçerliği incelemek amacıyla kullanılmıştır.

İşlem

Değer Netliği Ölçeği'nin Türkçeye uyarlanabilmesi için öncelikle ölçeğin geliştiricilerinden gerekli izin alınmıştır. Uyarlama sürecinde ilk olarak ölçek maddeleri alan ve dil yeterliliğine sahip beş uzman tarafından İngilizceden Türkçeye çevrilmiştir. Daha sonra elde edilen Türkçe form geri çeviri yöntemi kullanılarak yeniden İngilizceye çevrilmiş ve çeviriler karşılaştırılarak anlam eşdeğerliği değerlendirilmiştir.

Çeviri sürecinin ardından uzman görüşleri doğrultusunda ölçek maddeleri dil, anlam ve kültürel uygunluk açısından incelenmiştir. Sonraki aşamada panel uygulaması gerçekleştirilmiş ve gerekli düzenlemeler yapılarak ölçeğin deneme formu oluşturulmuştur. Hazırlanan form pilot uygulama kapsamında katılımcılara uygulanmış, elde edilen geri bildirimler doğrultusunda son düzenlemeler yapılarak ölçeğin nihai Türkçe formu elde edilmiştir.

Araştırma verileri çevrim içi veri toplama yöntemleri aracılığıyla gönüllülük esasına göre toplanmıştır.

Veri Analizi

Araştırma kapsamında elde edilen verilerin analizinde SPSS ve R programları kullanılmıştır. Ölçeğin yapı geçerliğini incelemek amacıyla Doğrulayıcı Faktör Analizi (DFA) yapılmıştır. Ölçeğin iç tutarlılık düzeyini belirlemek amacıyla güvenilirlik analizleri gerçekleştirilmiştir. Ayrıca ölçüt bağıntılı geçerlik kapsamında Değer Verme Ölçeği ve Engaged Living Scale ile arasındaki ilişkiler incelenmiştir.

Bulgular

Madde Analizi

Ölçek maddelerinin ayırt edicilik düzeyleri, düzeltilmiş madde-toplam korelasyonları ile madde çıkarıldığında Cronbach alfa katsayısında meydana gelen değişimler temelinde değerlendirilmiş ve elde edilen bulgular Tablo 1’de sunulmuştur.

Tablo 1. Değer Netliği Ölçeği Maddelerine Ait Madde Analizi Bulguları

N o	Madde	Ortal ama	SS	Madde- toplam Korelas yonu	Madde Silindiği nde Cron bach α
1	Hangi kişisel özelliklerin benim için önemli olduğu konusunda net bir fikrim var.	4.10	.73	.65	.83
2	Hayatta benim için neyin önemli olduğunu sevdiğim insanlara kolaylıkla açıklayabilirim.	4.00	.77	.72	.82
3	Başkalarının önemli olduğunu söylediği şeylerden ziyade, benim için neyin önemli olduğuna dair net bir anlayışa sahibim.	3.60	.90	.56	.85
4	Değerlerimle uyumlu olmayan ve kendimin en iyi versiyonu olmamı engelleyen davranışları bırakabilirim.	3.80	.83	.60	.84
5	Benim için neyin önemli olduğunu başkalarına açıklayabil eceğim konusunda kendime güveniyorum.	4.0	.79	.73	.82
6	Eleştiriden kaçınarak sessiz kalmaktansa, değerlerimi ifade ettiğim için eleştirilmeyi tercih ederim.	3.70	.89	.57	.85
7	Sergilemek istediğim kişisel özellikleri ifade etmenin birden fazla yolu vardır.	4.10	.72	.55	.85

Tablo 1 incelendiğinde, madde ortalamalarının 3.60 ile 4.10, standart sapmaların ise 0.72 ile 0.90 arasında değiştiği görülmektedir. Maddelerin ortalama puanlarının ölçeğin üst yarısında yer alması, katılımcıların değer netliği düzeylerinin genel olarak yüksek olduğunu göstermektedir.

Düzeltilmiş madde-toplam korelasyonları .55 ile .73 arasında değişmektedir. Tüm maddelerin madde-toplam korelasyonlarının kabul edilen .30 ölçütünün üzerinde olduğu görülmektedir. En yüksek korelasyon M5 maddesinde ($r = .73$), en düşük korelasyon ise M7 maddesinde ($r = .55$) elde edilmiştir. Bu bulgular, ölçek maddelerinin ölçülen yapıyı yeterli düzeyde temsil ettiğini ve ayırt ediciliklerinin yüksek olduğunu göstermektedir.

Maddelerin ölçekten çıkarılması durumunda Cronbach alfa katsayılarının .82 ile .85 arasında değiştiği belirlenmiştir. Herhangi bir maddenin çıkarılması ölçeğin iç tutarlılık katsayısında anlamlı bir artış sağlamamıştır. Bu nedenle tüm maddelerin ölçek içerisinde korunmasına karar verilmiştir.

Yapı Geçerliği

Ölçeğin yapı geçerliğini incelemek amacıyla birinci düzey doğrulayıcı faktör analizi yürütülmüştür. Modelin veriyle uyumunu değerlendirmek için χ^2 , sd, χ^2/sd , RMSEA, IFI, GFI, CFI ve SRMR uyum indeksleri incelenmiştir. Analize ilişkin bulgular Tablo 2’de sunulmuştur.

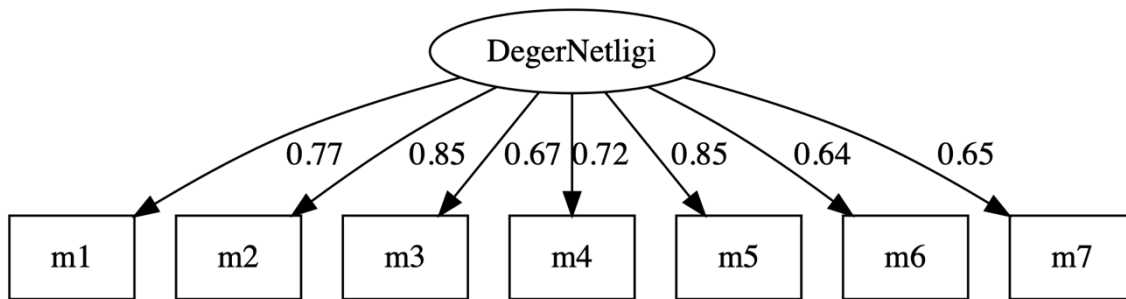
Tablo 2. Birinci Düzey Doğrulayıcı Faktör Analizine Ait Uyum Değerleri

Düzey	χ^2	df	χ^2/df	RMSEA	CFI	SRMR	TLI
1. Düzey	12.63	14	.90	.085	.971	.034	.957

Tablo 2 incelendiğinde, doğrulayıcı faktör analizi sonucunda elde edilen uyum değerlerinin $\chi^2 = 12.63$, sd = 14, CFI = .971, TLI = .957, RMSEA = .085 ve SRMR = .034 olduğu görülmektedir. CFI ve TLI değerlerinin .95’in üzerinde olması, SRMR değerinin kabul edilebilir sınırlar içerisinde yer alması ve RMSEA değerinin kabul edilebilir uyum düzeyine işaret etmesi, modelin veriyle yeterli düzeyde uyum gösterdiğini ortaya koymaktadır. Bu bulgular, ölçeğin tek faktörlü yapısının Türk örnekleminde doğrulandığını göstermektedir. Ölçeğe ait doğrulayıcı faktör analizi diyagramı Şekil 1’de sunulmuştur. Maddelere ait standartlaştırılmış faktör yükleri .636 ile .848 arasında değişmektedir. En yüksek faktör yükü M2 ($\lambda = .848$) ve M5 ($\lambda = .846$) maddelerinde, en düşük faktör yükü ise M6 maddesinde ($\lambda = .636$) gözlenmiştir. Diğer maddelere ilişkin faktör yükleri M1 için .774, M3 için .674, M4 için .721 ve M7 için .645 olarak belirlenmiştir. Elde edilen değerler, tüm maddelerin ölçülmek istenen örtük yapıyı yeterli düzeyde temsil ettiğini göstermektedir.

Model uyumunu iyileştirmek amacıyla modifikasyon indeksleri incelenmiş, ancak önerilen herhangi bir modifikasyonun bulunmadığı belirlenmiştir. Bu nedenle modele herhangi bir modifikasyon uygulanmamıştır. Elde edilen bulgular, Değer Netliği Ölçeği’nin Türkçe formunun tek faktörlü yapısının desteklendiğini göstermektedir. Ölçeğe ait birinci düzey doğrulayıcı faktör analizi diyagramı Şekil 1’de sunulmuştur.

Şekil 1. Değer Netliği Ölçeğine Ait Birinci Düzey Doğrulayıcı Faktör Analizi Diyagramı



Maddelere ait standartlaştırılmış faktör yükleri .64 ile .85 arasında değişmektedir. En yüksek faktör yükü M2 ($\lambda = .85$) ve M5 ($\lambda = .85$) maddelerinde, en düşük faktör yükü ise M6 maddesinde ($\lambda = .64$) gözlenmiştir. Diğer maddelere ilişkin faktör yükleri M1 için .77, M3 için .67, M4 için .72 ve M7 için .65 olarak belirlenmiştir. Elde edilen değerler, tüm maddelerin ölçülmek istenen örtük yapıyı yeterli düzeyde temsil ettiğini ve tek faktörlü yapıya anlamlı düzeyde katkı sağladığını göstermektedir.

Model uyumunu değerlendirmek amacıyla modifikasyon indeksleri incelenmiştir. İnceleme sonucunda modele ilişkin anlamlı düzeyde herhangi bir modifikasyon önerisine rastlanmamıştır. Bu nedenle modele ek bir modifikasyon uygulanmamıştır. Elde edilen bulgular, Değer Netliği Ölçeği'nin tek faktörlü yapısının herhangi bir modifikasyona ihtiyaç duyulmaksızın Türk örnekleminde doğrulandığını göstermektedir.

Ölçüt Bağımlı Geçerliliği

Değer Netliği Ölçeği'nin ölçüt bağımlı geçerliliğini incelemek amacıyla ölçek toplam puanı ile Değer Verme Ölçeği ve Değerlere Bağlı Yaşam Ölçeği toplam puanları arasındaki ilişkiler Pearson korelasyon analizi ile değerlendirilmiştir. Analize ilişkin bulgular Tablo 3'te sunulmuştur.

Tablo 3. Değer Netliği Ölçeği ile Ölçüt Ölçekler Arasındaki Pearson Korelasyon Katsayıları

Değişkenler	1	2	3
1. Değer Netliği Ölçeği	-		
2. Değer Verme Ölçeği	.829**	-	
3. Değerlere Bağlı Yaşam Ölçeği	.526**	.596**	-

Tablo 4 incelendiğinde, Değer Netliği Ölçeği toplam puanı ile Değer Verme Ölçeği toplam puanı arasında pozitif yönde, anlamlı ve yüksek düzeyde bir ilişki olduğu görülmektedir ($r = .829$, $p < .001$). Benzer şekilde, Değer Netliği Ölçeği toplam puanı ile Değerlere Bağlı Yaşam Ölçeği toplam puanı arasında pozitif yönde, anlamlı ve orta düzeyde bir ilişki belirlenmiştir ($r = .526$, $p < .001$). Ayrıca Değer Verme Ölçeği ile Değerlere Bağlı Yaşam Ölçeği toplam puanları arasında pozitif yönde, anlamlı ve orta-yüksek düzeyde bir ilişki bulunmaktadır ($r = .596$, $p < .001$). Elde edilen bulgular, Değer Netliği Ölçeği'nin benzer kuramsal yapıları ölçek ölçeklerle beklenen yönde ilişkili olduğunu göstermekte ve ölçeğin ölçüt bağımlı geçerliliğini desteklemektedir.

Güvenirlilik

Ölçeğin iç tutarlılığını değerlendirmek amacıyla Cronbach alfa katsayısı hesaplanmıştır. Değer Netliği Ölçeği'ne ilişkin güvenirlik bulguları Tablo 4'te sunulmuştur.

Tablo 4. Değer Netliği Ölçeği'ne İlişkin Güvenirlik Katsayısı

Ölçek	Cronbach Alpha Değeri
Değer Netliği Ölçeği	.86

Tablo 4 incelendiğinde, Değer Netliği Ölçeği'nin Cronbach alfa iç tutarlılık katsayısının .86 olduğu görülmektedir. Elde edilen katsayı, ölçeğin yüksek düzeyde iç tutarlılığa sahip olduğunu göstermektedir. Bu bulgu, ölçek maddelerinin aynı yapıyı tutarlı biçimde ölçtüğünü ve ölçeğin güvenilir bir ölçme aracı olduğunu desteklemektedir.

Sonuç

Bu çalışmada, Lyons ve arkadaşları (2023) tarafından geliştirilen Değer Netliği Ölçeği'nin Türkçe formunun psikometrik özellikleri incelenmiştir. Elde edilen bulgular, ölçeğin Türk kültüründe geçerli ve güvenilir bir ölçme aracı olarak kullanılabileceğini göstermektedir.

Doğrulamalı faktör analizi sonuçları, ölçeğin özgün çalışmada ortaya konulan tek faktörlü yapısının Türk örnekleminde de doğrulandığını göstermiştir. Model uyum indekslerinin kabul edilebilir düzeylerde olması ve maddelere ilişkin standartlaştırılmış faktör yüklerinin yeterli düzeyde bulunması, ölçeğin yapı geçerliğine ilişkin önemli kanıtlar sunmaktadır. Ayrıca modifikasyon indekslerinin incelenmesi sonucunda ek bir modifikasyona ihtiyaç duyulmaması, ölçeğin kuramsal yapısının mevcut haliyle desteklendiğini göstermektedir.

Ölçüt bağımlı geçerlik kapsamında gerçekleştirilen analizlerde, Değer Netliği Ölçeği ile Değer Verme Ölçeği ve Değerlere Bağlı Yaşam Ölçeği arasında pozitif ve anlamlı ilişkiler elde edilmiştir. Bu bulgular, değer netliği düzeyi yüksek bireylerin değerleri doğrultusunda davranma ve değerlere bağlı yaşam

sürdürme eğilimlerinin de daha yüksek olduğunu göstermektedir. Elde edilen sonuçlar, değer netliğinin değer temelli yaşama ilişkin kuramsal beklentilerle uyumlu bir yapı olduğunu desteklemektedir.

Ölçeğin güvenilirliğine ilişkin bulgular da olumlu sonuçlar ortaya koymuştur. Cronbach alfa katsayısının yüksek düzeyde bulunması, ölçeğin iç tutarlılığının yeterli olduğunu ve maddelerin aynı psikolojik yapıyı tutarlı biçimde ölçtüğünü göstermektedir. Bununla birlikte madde analizleri, tüm maddelerin ölçek toplam puanıyla yeterli düzeyde ilişki gösterdiğini ve ölçme aracına anlamlı katkı sağladığını ortaya koymuştur.

Araştırmanın bazı sınırlılıkları bulunmaktadır. Çalışma verileri öz bildirim yöntemiyle toplanmış olup örneklem yetişkin bireylerle sınırlıdır. Gelecekte farklı yaş gruplarında, farklı kültürel örneklemelerde ve çeşitli psikolojik değişkenlerle birlikte yürütülecek çalışmaların ölçeğin psikometrik özelliklerine ilişkin ek kanıtlar sağlayacağı düşünülmektedir.

Sonuç olarak, Değer Netliği Ölçeği'nin Türkçe formunun geçerli ve güvenilir bir ölçme aracı olduğu söylenebilir. Ölçeğin, değerler, psikolojik esneklik, iyi oluş ve değer temelli davranışlar alanında yürütülecek araştırmalarda kullanılabilecek işlevsel bir değerlendirme aracı olduğu düşünülmektedir

Kaynakça

- Aydın, Y., & Aydın, G. (2017). Değer yönelimleri ölçeğinin geliştirilmesi ve psikometrik özelliklerinin incelenmesi. *Türk Psikolojik Danışma ve Rehberlik Dergisi*, 7(48), 1–17.
- Bizer, G. Y., Krosnick, J. A., Holbrook, A. L., Petty, R. E., Rucker, D. D., & Wheeler, S. C. (2018). The impact of attitudes on behavior: The role of attitude clarity and certainty. *Journal of Personality and Social Psychology*, 115(5), 847–867.
- Campbell, J. D., Trapnell, P. D., Heine, S. J., Katz, I. M., Lavalley, L. F., & Lehman, D. R. (1996). Self-concept clarity: Measurement, personality correlates, and cultural boundaries. *Journal of Personality and Social Psychology*, 70(1), 141–156.
- Çalışkan, H., & Karademir, T. (2014). Değer yönelimleri ölçeğinin geliştirilmesi: Geçerlik ve güvenilirlik çalışması. *International Journal of Social Science*, 26, 209–224.
- Hayes, S. C., Strosahl, K. D., & Wilson, K. G. (1999). *Acceptance and commitment therapy: An experiential approach to behavior change*. Guilford Press.
- Hayes, S. C., Luoma, J. B., Bond, F. W., Masuda, A., & Lillis, J. (2006). Acceptance and commitment therapy: Model, processes and outcomes. *Behaviour Research and Therapy*, 44(1), 1–25.
- Hitlin, S., & Piliavin, J. A. (2004). Values: Reviving a dormant concept. *Annual Review of Sociology*, 30, 359–393.
- Işık, H. R., & Bilge, Y. (2023). Değerlere bağlı yaşam ölçeği: Türk kültürüne uyarlama geçerlik ve güvenilirlik çalışması. *Journal of Cognitive Behavioral Psychotherapy and Research*, 12(2), 145–155.
- Levin, M. E., Haeger, J. A., Pierce, B. G., & Cruz, R. A. (2018). Evaluating acceptance and commitment therapy processes: A meta-analysis. *Behavior Therapy*, 49(3), 435–449.
- Lyons, M. D., et al. (2023). A multi-study paper on the development and validation of the Value Clarity Questionnaire in adults and adolescents. *Journal of Contextual Behavioral Science*, 28, 1–15.
- Prince, M. A., et al. (2021). Values clarification and behavioral outcomes among young adults. *Journal of American College Health*, 69(5), 1–9.
- Rokeach, M. (1973). *The nature of human values*. Free Press.
- Ryan, R. M., & Deci, E. L. (2001). On happiness and human potentials: A review of research on hedonic and eudaimonic well-being. *Annual Review of Psychology*, 52, 141–166.
- Schwartz, S. H. (1992). Universals in the content and structure of values. *Advances in Experimental Social Psychology*, 25, 1–65.
- Sortheix, F. M., & Schwartz, S. H. (2017). Values that underlie and undermine well-being. *Journal of Personality*, 85(6), 711–723.
- Smout, M. F., Davies, M., Burns, N., & Christie, A. (2014). Development of the Valuing Questionnaire (VQ). *Journal of Contextual Behavioral Science*, 3(3), 164–172.
- Trompetter, H. R., Ten Klooster, P. M., Schreurs, K. M. G., Fledderus, M., Westerhof, G. J., & Bohlmeijer, E. T. (2013). Measuring values and committed action: The Engaged Living Scale. *Journal of Psychopathology and Behavioral Assessment*, 35(1), 123–134.

- Vilardaga, R., Hayes, S. C., Levin, M. E., & Muto, T. (2011). Creating a strategy for progress: A contextual behavioral science approach. *Journal of Contextual Behavioral Science*, 1(1–2), 1–12.
- Wilson, K. G., Sandoz, E. K., Kitchens, J., & Roberts, M. (2010). The Valued Living Questionnaire: Defining and measuring valued action. *The Psychological Record*, 60(2), 249–272.
- Wilson, K. G., & Sandoz, E. K. (2010). Mindfulness, values, and behavior: Clarifying the relationship. *Journal of Contextual Behavioral Science*, 1(1–2), 1–9.

ÇEKİŞMELİ ÜRETİCİ AĞ TABANLI SENTETİK EEG VERİ ARTIRIMI VE EPİLEPTİK EEG SINIFLANDIRMASINA ETKİSİNİN İNCELENMESİ*INVESTIGATION OF GENERATIVE ADVERSARIAL NETWORK-BASED SYNTHETIC EEG DATA AUGMENTATION AND ITS EFFECT ON EPILEPTIC EEG CLASSIFICATION***Dr. Öğretim Üyesi Güneş EKİM**

Karadeniz Teknik Üniversitesi, Trabzon Meslek Yüksekokulu, Elektronik ve Otomasyon Bölümü, Trabzon, Türkiye

ORCID: ID/ 0000-0003-4867-3100,

ÖZET

Elektroensefalografi (EEG) sinyallerinden epileptik nöbetlerin otomatik olarak tespit edilmesi, biyomedikal sinyal işleme ve makine öğrenmesi alanlarında önemli bir araştırma konusudur. Ancak EEG kayıtlarının elde edilmesinin maliyetli ve zaman alıcı olması, veri yetersizliği problemini ortaya çıkararak sınıflandırma performansını olumsuz etkileyebilmektedir. Son yıllarda üretici yapay zekâ yöntemleri, özellikle Çekişmeli Üretici Ağlar (Generative Adversarial Networks-GAN), sentetik biyomedikal veri üretimi için etkili bir yaklaşım olarak öne çıkmaktadır. Bununla birlikte, mevcut çalışmaların çoğu ham EEG sinyalleri veya derin öğrenme tabanlı özelliklere odaklanırken, sınıfa özgü GAN tabanlı veri artırmanın klasik EEG özellikleri ve geleneksel makine öğrenmesi yöntemleri üzerindeki etkisi yeterince incelenmemiştir. Bu çalışmada, Bonn Üniversitesi EEG veri seti kullanılarak her EEG sınıfı için bağımsız GAN modelleri eğitilmiş ve sınıfa özgü sentetik EEG sinyalleri üretilmiştir. Gerçek ve sentetik EEG verilerinden 10 adet zaman ve 10 adet frekans bölgesi özelliği olmak üzere toplam 20 klasik özellik çıkarılmış, elde edilen özellikler Rastgele Orman sınıflandırıcısı ile değerlendirilmiş ve farklı sentetik veri oranlarının (%0–%400) sınıflandırma performansına etkisi incelenmiştir. Deneylerde ikili, üçlü, dörtlü ve beşli sınıf kombinasyonları için doğruluk ve makro F1-skoru ölçütleri kullanılmıştır. Sonuçlar, sınıf bazlı GAN ile üretilen sentetik verilerin sınıflandırma performansına etkisinin veri artırma oranına ve sınıflandırma senaryosuna bağlı olarak değiştiğini göstermiştir. Önerilen yaklaşım, sınıfa özgü GAN tabanlı EEG veri artırmanın epileptik EEG sınıflandırması üzerindeki etkisini analiz eden basit ve yorumlanabilir bir çerçeve sunmaktadır.

Anahtar Kelimeler: EEG, Epileptik nöbet tespiti, Çekişmeli üretici ağ, Sentetik veri üretimi, Veri artırma, Rastgele Orman.

ABSTRACT

Automatic detection of epileptic seizures from electroencephalography (EEG) signals is an important research topic in the fields of biomedical signal processing and machine learning. However, the costly and time-consuming acquisition of EEG recordings leads to the problem of data scarcity, which can adversely affect classification performance. In recent years, generative artificial intelligence methods, particularly Generative Adversarial Networks (GANs), have emerged as an effective approach for synthetic biomedical data generation. Nevertheless, most existing studies have focused on raw EEG signals or deep learning-based features, while the effect of class-specific GAN-based data augmentation on classical EEG features and conventional machine learning methods has not been sufficiently investigated. In this study, independent GAN models were trained for each EEG class using the University of Bonn EEG dataset, and class-specific synthetic EEG signals were generated. A total of 20 classical features, including 10 time-domain and 10 frequency-domain features, were extracted from both real and synthetic EEG data. The extracted features were evaluated using a Random Forest classifier, and the effects of different synthetic data ratios (0%–400%) on classification performance were investigated. In the experiments, accuracy and macro F1-score metrics were used for binary, three-class, four-class, and five-class classification combinations. The results demonstrated that the effect of synthetic data generated by class-based GANs on classification performance varies depending on the augmentation ratio and the classification scenario. The proposed approach provides a simple and interpretable framework for analyzing the impact of class-specific GAN-based EEG data augmentation on epileptic EEG classification.

Keywords: EEG, Epileptic Seizure Detection, Generative Adversarial Network, Synthetic Data Generation, Data Augmentation, Random Forest.

1. GİRİŞ

Epilepsi, beyindeki anormal elektriksel aktiviteler sonucu ortaya çıkan ve tekrarlayan nöbetlerle karakterize kronik bir nörolojik hastalıktır. Dünya Sağlık Örgütü verilerine göre dünya genelinde milyonlarca insan epilepsi hastalığından etkilenmektedir. Epileptik nöbetlerin doğru ve hızlı şekilde tespit edilmesi, hastaların yaşam kalitesinin artırılması ve uygun tedavi süreçlerinin planlanması açısından büyük önem taşımaktadır. Elektroensefalografi (EEG), beynin elektriksel aktivitelerini yüksek zamansal çözünürlükle kaydedebilmesi nedeniyle epilepsi tanısı ve nöbet analizlerinde en yaygın kullanılan yöntemlerden biridir (Supriya vd., 2021).

Makine öğrenmesi ve derin öğrenme alanlarındaki gelişmeler, EEG sinyallerinden otomatik epileptik nöbet tespiti konusunda önemli ilerlemeler sağlamıştır. Bununla birlikte EEG kayıtlarının elde edilmesi, uzman hekimler tarafından etiketlenmesi ve özellikle nöbet verilerinin toplanması oldukça zahmetli bir süreçtir. Bu durum çoğu çalışmada veri yetersizliği ve sınıf dengesizliği problemlerine yol açmaktadır. Veri miktarının sınırlı olması, özellikle derin öğrenme tabanlı modellerde aşırı öğrenmeye neden olabilmekte ve modellerin genelleme performansını azaltabilmektedir (Truong vd., 2019).

Son yıllarda Çekişmeli Üretici Ağlar (Generative Adversarial Networks-GAN), sentetik veri üretimi konusunda elde ettikleri başarılı sonuçlar nedeniyle EEG analizlerinde giderek daha yaygın şekilde kullanılmaya başlanmıştır. Başlangıçta görüntü üretimi için geliştirilen bu derin öğrenme tabanlı modeller, günümüzde EEG veri artırımı için de etkili bir alternatif çözüm olarak değerlendirilmektedir. GAN yapısı, bir üretici ve bir ayırt edici ağı karşılıklı rekabetine dayanan bir öğrenme mekanizması kullanarak gerçek verilere oldukça benzeyen yeni örnekler oluşturabilmektedir (Goodfellow vd., 2014). EEG alanında GAN tabanlı yöntemler; motor hayali, P300 tabanlı uygulamalar, duygu tanıma, epileptik nöbet tespiti ve tahmini gibi birçok farklı uygulamada kullanılmaktadır (Habashi vd., 2023).

Literatürde epileptik EEG analizi için gerçekleştirilen GAN tabanlı çalışmalar incelendiğinde, veri artırmanın en yaygın kullanım alanlarından biri olduğu görülmektedir. Abdelfattah vd. (2018) EEG sinyallerinin zamansal bağımlılıklarını ve istatistiksel özelliklerini öğrenebilen özgün bir RGAN modeli geliştirerek sınıflandırma başarısını optimize etmişlerdir. Pascual vd. (2019) GAN tabanlı bir mimariyle sentetik epileptik beyin aktiviteleri üretmiş ve EPILEPSIAE veri kümesi üzerinde yaptıkları çalışmayla, yapay veri artırımının yeni hastalar üzerindeki nöbet tespiti sınıflandırma performansında genel olarak %1,21'lik bir iyileşme elde etmişlerdir. Gao vd. (2022) tarafından önerilen GAN ve 1DCNN tabanlı hibrit derin öğrenme modeli, epileptik EEG verilerindeki sınıf dengesizliği sorununu aşarak ortalama %93,53 duyarlılık, %99,05 özgüllük ve %96,15 geometrik ortalama performanslarına ulaşmıştır. Yine epileptik nöbetlerin tespiti için özgün bir CNN-GAN mimarisi tasarlayan Hasan vd. (2024) önerdikleri veri artırımı ve öznitelik çıkarımı stratejileri sayesinde, BONN veri setinde %99,95, CHB-MIT veri setinde %98,93 ve SWEC-ETHZ veri setinde %98,80 sınıflandırma doğruluk değerlerine ulaşmışlardır. Daha güncel çalışmalarda WGAN-GP (Abou-Abbas vd., 2024), cGAN (Abdi-Sargezeh vd., 2025) ve TGAN (Ganti vd., 2022) gibi gelişmiş GAN mimarileri kullanılarak EEG veri artırma uygulamalarında önemli performans artışları rapor edilmiştir.

Literatürdeki çalışmaların büyük çoğunluğunda ham EEG sinyalleri, zaman-frekans görüntüleri veya derin öğrenme tabanlı özellik temsilleri kullanılmaktadır (Hasan vd., 2024, Toğaçar, 2026). Buna karşın GAN ile üretilen sentetik EEG verilerinin klasik zaman ve frekans alanı özellikleri kullanılarak geleneksel makine öğrenmesi algoritmaları üzerindeki etkisini inceleyen çalışmalar oldukça sınırlıdır (Abou-Abbas, 2024). Özellikle sınıf bazlı GAN kullanılarak üretilen sentetik EEG verilerinin farklı veri artırma oranlarında sınıflandırma performansını nasıl etkilediği yeterince araştırılmamıştır (Hasan vd., 2024, Mirza ve Osindero, 2014).

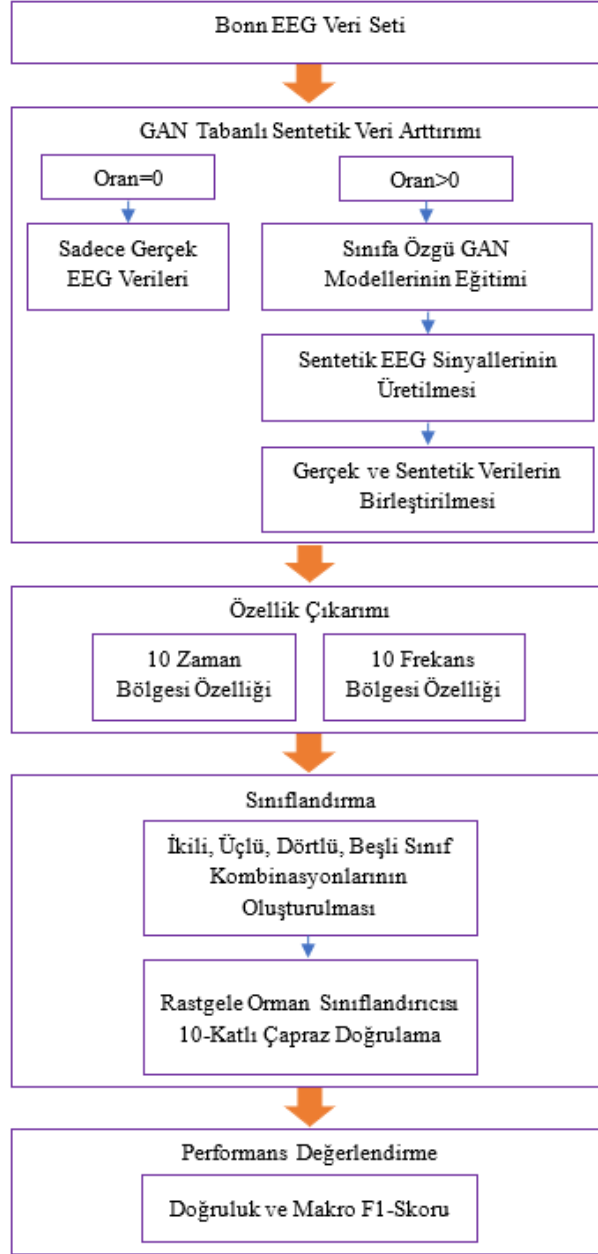
Bu çalışmada Bonn Üniversitesi Epileptoloji Bölümü tarafından oluşturulan ve epileptik EEG araştırmalarında yaygın olarak kullanılan EEG veri seti kullanılmıştır. Veri setindeki her EEG sınıfı için bağımsız GAN modelleri eğitilerek sınıfa özgü sentetik EEG sinyalleri üretilmiştir. Gerçek ve sentetik EEG sinyallerinden toplam 20 adet klasik zaman ve frekans alanı özelliği çıkarılmış ve Rastgele Orman (RO) sınıflandırıcısı kullanılarak ikili, üçlü, dördü ve beşli sınıf kombinasyonları üzerinde performans değerlendirmesi gerçekleştirilmiştir. Ayrıca farklı sentetik veri oranlarının (%0–%400) sınıflandırma başarısına etkisi sistematik olarak incelenmiştir.

Çalışmanın temel amacı, sınıf bazlı GAN ile üretilen sentetik EEG verilerinin klasik özellik tabanlı epileptik EEG sınıflandırmasına katkısını ortaya koymak ve veri artırma oranı ile sınıflandırma performansı arasındaki ilişkiyi deneysel olarak değerlendirmektir. Elde edilen sonuçların EEG tabanlı

epilepsi tanı sistemlerinde sentetik veri kullanımının etkinliğinin anlaşılmasına katkı sağlaması beklenmektedir.

2. MATERYAL VE METOT

Bu çalışmada, epileptik EEG sinyallerinin sınıflandırılmasında sınıfa özgü GAN tabanlı sentetik veri artırımının etkisi sistematik bir çerçevede incelenmiştir. Önerilen yaklaşım; veri setinin hazırlanması ve ön işleme, sınıfa özgü GAN modelleriyle sentetik veri üretimi, özellik çıkarımı ve RO algoritması ile sınıflandırma olmak üzere dört temel aşamadan oluşmaktadır. Uygulanan deneysel sürecin genel akışına ait blok diyagramı Şekil 1'de sunulmuştur.



Şekil 1. Önerilen sistemin blok diyagramı

2.1. EEG Veri Seti

Çalışmada, epileptik EEG analizlerinde ve nöbet tespiti literatüründe dünya genelinde en yaygın kullanılan açık kaynaklı veri kümesi olan Bonn Üniversitesi Epileptoloji Bölümü EEG veri seti tercih edilmiştir. Bu veri seti; her biri 23,6 saniye süren ve 173,61 Hz örnekleme frekansına sahip 100 tek kanallı EEG sinyalinden oluşan toplam 5 farklı alt küme (A, B, C, D sınıfları) içermektedir.

Sınıflar, klinik olarak farklı beyin aktivitelerini ve hasta durumlarını şu şekilde temsil etmektedir (Andrzejak, 2001):

- A ve B Sınıfları: Sağlıklı gönüllülerden, sırasıyla gözler açık (A) ve gözler kapalı (B) durumdayken kafa derisi üzerinden kaydedilen EEG sinyallerini içerir.
- C ve D Sınıfları: Epilepsi hastalarından, nöbet dışı (interiktal) dönemlerde kaydedilen kafa içi sinyallerdir. C sınıfı sinirsel aktiviteleri odak dışı (hipokampus) bölgelerden alırken, D sınıfı sinyaller nöbet odaklı epitel bölgeden elde edilmiştir.
- E Sınıfı: Epilepsi hastalarından, nöbet esnasında (iktal) doğrudan nöbet odağından kaydedilen epileptik nöbet aktivitelerini içerir.

2.2. GAN Tabanlı Sınıfa Özgü Sentetik Veri Artırımı

Veri artırımı aşamasında, literatürdeki birçok çalışmadan farklı olarak tüm sınıflar için tek bir üretici model eğitilmesi yerine, temeli Goodfellow vd. (2014) tarafından atılan GAN mimarisi kullanılarak sınıf bazlı bir yaklaşım tercih edilmiştir. Bu doğrultuda, her EEG sınıfının kendine özgü sinyal yapısının ve parametrelerinin ayrı ayrı öğrenilmesi amaçlanmıştır.

Sentetik veri üretimi süreci şu adımlarla yürütülmüştür:

- Kullanıcı tarafından belirlenen veri artırım oranına göre üretilecek sentetik örnek sayısı hesaplanır. Çalışma kapsamında veri artırım oranının sınıflandırma başarısına etkisini gözlemlemek adına %0 ile %400 arasında değişen farklı oranlar değerlendirilmiştir.
- Eğer belirlenen artırım oranı sıfırdan büyükse (Oran > 0), her EEG sınıfı için bağımsız bir GAN modeli eğitilir.
- Eğitilen sınıfa özgü GAN modelleri kullanılarak ilgili sınıflara ait yeni sentetik EEG sinyalleri üretilir.
- Elde edilen sentetik eğitim verileri ile orijinal (gerçek) eğitim verileri birleştirilerek genişletilmiş bir eğitim veri kümesi oluşturulur. Artırım oranının %0 olduğu temel durumda ise sadece gerçek EEG verileri kullanılmaktadır.

2.3. Öznitelik Çıkarımı

Sınıflandırma modelinin eğitilmesinden önce hem gerçek hem de üretilen sentetik EEG sinyallerinin karakteristik yapısını temsil etmek amacıyla öznitelik çıkarımı yapılmıştır. Ham EEG sinyalleri yüksek boyutlu, durağan olmayan ve yoğun gürültü içeren karmaşık yapılara sahiptir. Bu karmaşıklık azaltmak, bilgi kaybını önlemek ve sınıflandırma algoritmasının hesaplama yükünü hafifletmek öğrenme sürecini optimize etmek adına literatürde epileptik nöbet tespitinde doğruluğu kanıtlanmış klasik sinyal işleme yöntemleri tercih edilmiştir (Acharya, 2013). Bu doğrultuda sinyallerden toplam 20 adet klasik özellik çıkarılmış olup, bu özellikler iki ana gruba ayrılmaktadır:

2.3.1. Zaman Bölgesi Özellikleri

Sinyalin zaman varyasyonlarını, genlik değişimlerini, dalga formu morfolojisini ve istatistiksel dağılımlarını yakalayan 10 adet klasik zaman alanı özelliği hesaplanmıştır. Zaman bölgesi özellikleri; ham sinyal üzerinden doğrudan ve hızlı bir şekilde hesaplanabilmeleri, zamansal düzlemdeki diken ve keskin dalgalar gibi ani nöbet deşarjlarını doğrudan yansıtabilmeleri açısından büyük bir avantaja sahiptir (Singh ve Ahirwal, 2021). Çalışmada kullanılan zaman bölgesi öznitelikleri; ortalama değer, standart sapma, varyans, karekök ortalama, çarpıklık, basıklık, tepe-tepe genliği, Hjorth aktivite, Hjorth hareketlilik ve Hjorth karmaşıklık parametrelerinden oluşmaktadır. Ayrıca bu özniteliklerin matematiksel ifadeleri ve kısa açıklamaları Tablo 1’de verilmiştir.

Tablo 1. Kullanılan Zaman Bölgesi Öznitelikleri (Singh ve Ahirwal, 2021, Hjorth, 1970)

Öznitelik	Matematiksel İfade	Açıklama
Ortalama Değer	$\mu = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N x_i$	Sinyal genliklerinin aritmetik ortalamasıdır. Burada x_i , zaman serisindeki i . örneği ve N , toplam örnek sayısını temsil eder.

Standart Sapma	$\sigma = \sqrt{\frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N (x_i - \mu)^2}$	Sinyal değerlerinin ortalamadan ne kadar saptığını ve zamansal düzlemdeki genel değişkenliğini ölçer.
Varyans	$\sigma^2 = \frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N (x_i - \mu)^2$	Sinyal genliklerinin ortalama etrafındaki yayılımını ifade eder.
Karekök Ortalama	$X_{RMS} = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N x_i^2}$	Sinyalin taşıdığı ortalama gücü ve enerji seviyesini temsil eder.
Çarpıklık	$\zeta = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \left(\frac{x_i - \mu}{\sigma} \right)^3$	Sinyal genlik dağılımının asimetrisini ölçer. Dağılımın sağa veya sola yatık olma durumunu belirler.
Basıklık	$B = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \left(\frac{x_i - \mu}{\sigma} \right)^4$	Sinyal dağılımının sivrilikliğini ölçer; ani deşarjlar, dikenler ve gürültü patlamaları hakkında bilgi verir.
Tepe-tepe Genliği	$X_{pp} = \max(x_i) - \min(x_i)$	İlgili zaman penceresindeki en büyük ve en küçük genlik değerleri arasındaki farktır.
Hjorth Aktivite	$H_A = \sigma_x^2$	Sinyalin zaman düzlemindeki ortalama gücünün bir göstergesidir.
Hjorth Hareketlilik	$H_H = \sqrt{\frac{\sigma_{dx}^2}{\sigma_x^2}}$	Sinyalin ortalama frekansının bir ölçüsüdür.
Hjorth Karmaşıklık	$H_K = \frac{H_H(dx)}{H_H(x)}$	Sinyalin dalga şeklinin saf bir sinüs dalgasına ne kadar benzediğini ifade eder. Burada H_H , hareketliliğidir.

2.3.2. Frekans Bölgesi Özellikleri

EEG sinyallerinin spektral bileşenlerini, baskın ritimlerini ve güç yoğunluğu dağılımını temsil etmek amacıyla 10 adet frekans alanı özelliği elde edilmiştir. Beyindeki epileptik aktiviteler, özellikle delta ve teta gibi yavaş dalgalarda ya da ani hızlı deşarjlarda belirgin güç değişimlerine yol açmaktadır. Bu nedenle frekans bölgesi özellikleri, sinyalin spektral parmak izini çıkararak sınıflandırma başarısını doğrudan artırmaktadır (Boubchir, 2017). Çalışmada, ham EEG sinyallerinin bu frekans bileşenlerini ortaya çıkarmak amacıyla Güç Spektral Yoğunluğu (PSD) tabanlı analizler gerçekleştirilmiştir. Spektral tahmin sürecinde, literatürde gürültüye karşı yüksek kararlılığı ve varyansı azaltma yeteneğiyle öne çıkan Welch Yöntemi tercih edilmiştir. Bu yöntemle hesaplanan frekans bölgesi öznitelikleri; spektral merkez, spektral entropi, spektral bant genişliği, spektral düşüş frekansı, spektral düzlük, tepe frekansı, medyan frekansı ile tıbbi bantları temsil eden düşük bant, orta bant ve yüksek bant bağıl enerjilerinden oluşmaktadır. Söz konusu özniteliklerin matematiksel ifadeleri ve kısa açıklamaları Tablo 2'de detaylandırılmıştır.

Tablo 2. Kullanılan Frekans Bölgesi Öznitelikleri (Boubchir, 2017)

Öznitelik	Matematiksel İfade	Açıklama
Spektral Merkez	$f_c = \frac{\sum_j f_j \cdot P_j}{\sum_j P_j}$	Güç spektrumunun ağırlık merkezidir. Sinyal enerjisinin baskın olarak hangi frekansta yoğunlaştığını gösterir.
Spektral Entropi	$H_s = - \frac{\sum_j p_j \log_2(p_j)}{\log_2(M)}$	Frekans bileşenlerinin dağılımındaki düzensizliği ölçer. Burada P_j normalize edilmiş güçtür.
Spektral Bant Genişliği	$BW = \sqrt{\frac{\sum_j (f_j - f_c)^2 \cdot P_j}{\sum_j P_j}}$	Spektral bileşenlerin, spektral merkez frekansı (f_c) etrafında ne kadarlık bir frekans bandına yayıldığını ölçer.

Spektral Düşüş Frekansı	$\sum_{j=1}^k P_j \geq 0.85 \cdot \sum_j P_j$	Toplam spektral gücün %85'ine ulaşıldığı frekans sınır değeridir. Sinyal içeriğindeki yüksek frekans baskınlığını gösterir.
Spektral Düzlük	$Düzlük = \frac{(\prod_{j=1}^M P_j)^{\frac{1}{M}}}{\frac{1}{M} \sum_{j=1}^M P_j}$	Güç spektrumunun geometrik ortalamasının aritmetik ortalamasına oranıdır.
Tepe Frekansı	$f_{tepe} = \arg \max_f (P(f))$	Sinyalin en yüksek güce sahip olduğu baskın frekans değeridir.
Medyan Frekansı	$\sum_{j=1}^k P_j \geq 0.50 \cdot \sum_j P_j$	Güç spektrumunun toplam enerjisini iki eşit parçaya bölen orta frekans değeridir.
Düşük Bant Bağıl Enerjisi	$E_{düşük} = \frac{\int_{0.5}^4 P(f) df}{\int_0^{f_{nyq}} P(f) df}$	0.5–4 Hz (Delta bandı) aralığındaki spektral gücün, sinyalin toplam spektral gücüne oranıdır.
Orta Bant Bağıl Enerjisi	$E_{orta} = \frac{\int_4^{13} P(f) df}{\int_0^{f_{nyq}} P(f) df}$	4–13 Hz (Teta ve Alpha bantları) aralığındaki spektral gücün, sinyalin toplam spektral gücüne oranıdır.
Yüksek Bant Bağıl Enerjisi	$E_{yüksek} = \frac{\int_{13}^{40} P(f) df}{\int_0^{f_{nyq}} P(f) df}$	13–40 Hz (Beta ve düşük Gamma bantları) aralığındaki spektral gücün, sinyalin toplam spektral gücüne oranıdır.

2.4. Sınıflandırma ve Performans Değerlendirme

Öznitelik vektörlerinin sınıflandırılması aşamasında, makine öğrenmesi literatüründe aşırı öğrenmeye karşı direnci ve yüksek kararlılığı ile bilinen RO algoritması tercih edilmiştir. RO, birden fazla karar ağacının torbalama yöntemiyle bir araya getirilerek toplu bir karar mekanizması oluşturduğu güçlü bir topluluk öğrenmesi modelidir (Ekim, 2026). Önerilen yöntemin başarısını ve kararlılığını farklı senaryolarda test etmek amacıyla tüm ikili, üçlü, dördü ve beşli sınıf kombinasyonları oluşturulmuş ve sınıflandırma deneyleri her kombinasyon için tekrarlanmıştır.

Sınıflandırma performansının değerlendirilmesinde ve modellerin geçerliliğinin doğrulanmasında 10-katlı çapraz doğrulama yöntemi kullanılmıştır. Modellerin başarısı; doğruluk (%) ve makro F1-skoru olmak üzere 2 temel performans ölçütü kullanılarak analiz edilmiştir. Doğruluk; model tarafından doğru tahmin edilen (gerçek pozitif ve gerçek negatif) toplam örnek sayısının, veri kümesinde yer alan tüm test örneklerinin sayısına oranını ifade etmektedir (Powers, 2020). Çalışma kapsamında çok sınıflı kombinasyonlar değerlendirildiğinden, sadece genel doğruluk değerine odaklanmak yanıltıcı sonuçlar doğurabilmektedir. Bu doğrultuda, sınıfların bireysel başarılarını eşit ağırlıkta hesaba katan makro F1-skoru metriği kullanılmıştır. F1-skoru, kesinlik ve duyarlılık metriklerinin harmonik ortalamasıdır (Goutte ve Gaussier, 2005). Makro F1-skoru ise, her bir sınıf için bağımsız olarak hesaplanan F1-skorlarının aritmetik ortalamasının alınmasıyla elde edilir (Opitz ve Burst, 2019). Bu metrik, veri kümesindeki örnek dağılımından veya veri artırımı süreçlerinin getirdiği potansiyel dengesizliklerden etkilenmeksizin, modelin tüm sınıflardaki ortalama ayırt edicilik başarısını tarafsız bir şekilde yansıtması açısından kritik öneme sahiptir.

3. DENEYSEL SONUÇLAR

Bu çalışmada önerilen sınıf bazlı GAN tabanlı sentetik EEG veri artırma sisteminin performansı MATLAB ortamında değerlendirilmiştir. Tüm simülasyon ve sınıflandırma deneyleri, Intel Core i5-1235U işlemciye ve 16 GB RAM kapasitesine sahip bir bilgisayar üzerinde yürütülmüştür. Çalışmada, literatürde yaygın olarak kullanılan Bonn EEG veri seti tercih edilmiştir. Sinyallerden çıkarılan 10 zaman ve 10 frekans alanı özneteliği (toplam 20 öznetelik) birleştirilerek RO algoritması ile sınıflandırılmıştır. Sentetik veri artırımının sisteme etkisini kapsamlı bir şekilde incelemek amacıyla, olası tüm ikili, üçlü, dördü ve beşli sınıf kombinasyonları test edilmiş ve veri artırım oranları %0 ile %400 arasında çeşitlendirilmiştir.

Farklı GAN tabanlı sentetik veri artırma oranları altında elde edilen kombinasyonel sınıflandırma sonuçlarının genel özeti Tablo 3'te sunulmaktadır.

Tablo 3 detaylı olarak incelendiğinde, sisteme eklenen yapay veri miktarı artırıldığında sınıflandırma performansında büyük ve ani değişimlerin meydana gelmediği, genel başarı eğrisinin oldukça kararlı bir seyir izlediği görülmektedir. Sentetik verinin hiç kullanılmadığı temel durumda, yani %0 GAN oranında, elde edilen %93,70'lik ortalama doğruluk ve %93,69'luk makro F1-skoru, ham verilerin klasik öznitelikler uzayında zaten güçlü bir ayırt edilebilirliğe sahip olduğunu göstermektedir. Farklı oranlar test edildiğinde, en yüksek ortalama doğruluk değerine %80 GAN oranında (%93,72 doğruluk ve %93,72 makro F1-skoru) ulaşılmıştır. Bu zirve noktası, temel duruma göre sınırlı da olsa pozitif bir katkı sağlandığına işaret etmektedir. Benzer şekilde %5 GAN oranında %93,66, %90 GAN oranında %93,56, %130 GAN oranında %93,64 ve %240 GAN oranında %93,58 doğruluk değerleri elde edilmiştir. Bu değerler, sentetik veri eklenmesinin bazı oranlarda temel duruma oldukça yakın veya çok sınırlı düzeyde daha yüksek performans sağlayabildiğini göstermektedir. Ancak bu artışlar belirgin ve sürekli bir yükseliş eğilimi oluşturmamaktadır.

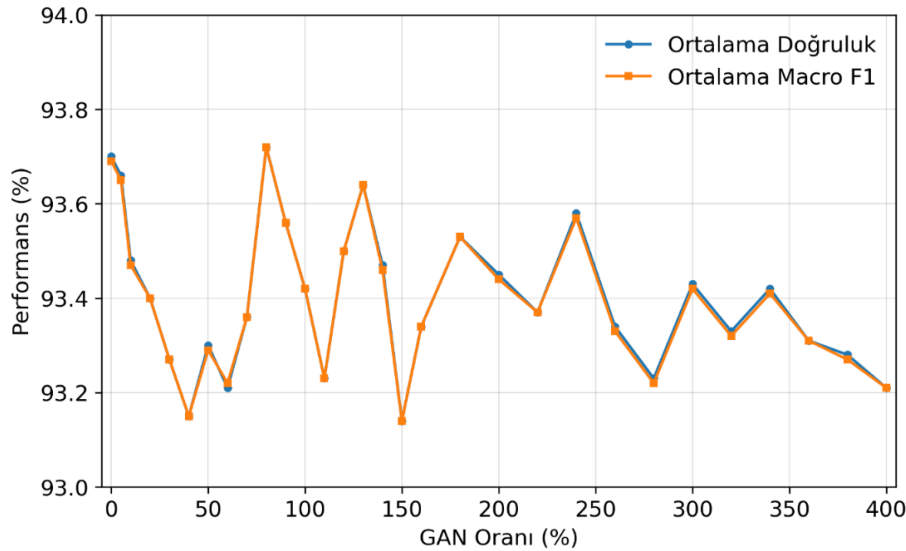
Tablo 3'te verilen sonuçlara ek olarak, farklı GAN tabanlı sentetik veri artırma oranlarına göre ortalama doğruluk ve ortalama makro F1-skoru değerlerinin değişimi Şekil 2'de gösterilmiştir. Şekil 2 incelendiğinde, veri artırım miktarındaki belirgin artışa karşın, sınıflandırma performansının genel olarak kararlı bir seyir izlediği görülmektedir. Ortalama doğruluk ve makro F1-skoru değerleri yaklaşık %93–94 aralığında değişmiş ve yüksek veri artırma oranlarında bile belirgin bir performans kaybı oluşmamıştır. Ayrıca bazı veri artırma oranlarında küçük performans dalgalanmaları gözlenmesine rağmen genel eğilim, sınıf bazlı GAN tabanlı sentetik EEG veri artırmanın sınıflandırma sisteminin kararlılığını büyük ölçüde koruyabildiğini göstermektedir.

Tablo 3. Farklı GAN Tabanlı Sentetik EEG Veri Artırma Oranlarına Göre Genel Performans Sonuçları

GAN Oran (%)	Ortalama Doğruluk (%)	Ortalama Makro F1-skoru (%)	En iyi kombinasyon	En iyi Doğruluk (%)
0	93,70	93,69	A-D	100
5	93,66	93,65	B-D	100
10	93,48	93,47	A-D	100
20	93,40	93,40	B-D	100
30	93,27	93,27	A-D	100
40	93,15	93,15	A-D	100
50	93,30	93,29	B-D	100
60	93,21	93,22	B-D	100
70	93,36	93,36	B-D	100
80	93,72	93,72	A-D	100
90	93,56	93,56	A-D	100
100	93,42	93,42	A-D	100
110	93,23	93,23	A-D	99,50
120	93,50	93,50	B-D	100
130	93,64	93,64	A-D	100
140	93,47	93,46	A-D	100
150	93,14	93,14	B-D	100
160	93,34	93,34	A-D	100
180	93,53	93,53	B-D	100
200	93,45	93,44	A-D	100
220	93,37	93,37	B-D	100
240	93,58	93,57	B-D	100
260	93,34	93,33	A-D	100
280	93,23	93,22	A-D	100
300	93,43	93,42	B-D	100
320	93,33	93,32	B-D	100

340	93,42	93,41	A-D	100
360	93,31	93,31	A-D	100
380	93,28	93,27	B-D	100
400	93,21	93,21	B-D	100

Elde edilen sonuçlar, GAN tabanlı sentetik veri artırım oranı ile sınıflandırma başarısı arasında doğrusal bir ilişki bulunmadığını ortaya koymaktadır. Örneğin %30, %40, %60, %150 ve %400 oranlarında ortalama doğruluk değerleri sırasıyla %93,27, %93,15, %93,21, %93,14 ve %93,21 olarak hesaplanmıştır. Bu spesifik oranlarda temel duruma kıyasla sınırlı performans düşüşleri gözlemlense de %80, %130 ve %240 gibi bazı daha yüksek oranlarda başarının yeniden yükseldiği tespit edilmiştir. Bu dalgalanmalar, sentetik EEG veri artırımının sınıflandırma üzerindeki etkisinin yalnızca eklenen örnek sayısı ile açıklanamayacağını; aynı zamanda üretilen sentetik örneklerin özellik uzayındaki dağılımı ve gerçek EEG veri örüntüleriyle olan geometrik uyumuna da doğrudan bağlı olduğunu göstermektedir. Ortalama doğruluk ve makro F1-skoru değerlerinin tüm deney senaryolarında birbirine paralel seyretmesi (%0 oranında sırasıyla %93,70 ve %93,69; %80 oranında %93,72 ve %93,72; %400 oranında %93,21 ve %93,21), RO sınıflandırıcısının sınıflar arasında dengeli bir performans sergilediğini doğrulamaktadır. Bu durum, çok sınıflı EEG problemlerinde doğruluk değerinin tek başına yaratabileceği yanılsamaları önlemesi açısından kritiktir. Çalışmada en iyi sınıf kombinasyonlarının çoğunlukla A-D ve B-D olarak öne çıkması ve birçok veri artırım oranında %100 mutlak doğruluğa ulaşması (%110 oranındaki %99,50 hariç), Bonn EEG veri setindeki belirli klinik sınıfların klasik zaman-frekans öznitelikleriyle yüksek oranda ayrıştırılabildiğini göstermektedir. Sentetik veri oranı %400 gibi ekstrem bir seviyeye çıkarıldığında dahi ortalama başarının %93,21 eşliğinde kararlı kalması, sınıfa özgü GAN yapısının gerçekçi EEG karakteristiklerini koruyabildiğini ve sınıflandırma yapısını bozmadığını ortaya koymaktadır. Öte yandan, en yüksek başarı (%93,72) ile temel durum (%93,70) arasındaki farkın sınırlı kalması, bu deneysel düzende sentetik veri artırmanın doğrudan bir başarı patlaması yaratmaktan ziyade, veri çeşitliliğini artırırken sistem kararlılığını başarılı bir şekilde koruduğunu göstermektedir.



Şekil 2. Farklı GAN tabanlı sentetik veri artırım oranlarının çok sınıflı EEG sınıflandırma performansı ve sistem kararlılığı üzerindeki etkisi

4. TARTIŞMALAR

Bu çalışmada, sınıf bazlı GAN ile üretilen sentetik EEG verilerinin epileptik EEG sınıflandırma performansına etkisi farklı veri artırma oranları altında incelenmiştir. Elde edilen sonuçlar, sentetik verilerin sisteme entegre edilmesinin sınıflandırma performansını önemli ölçüde olumsuz etkilemediğini göstermiştir. Özellikle %400'e kadar artırılan veri miktarına rağmen doğruluk oranlarının yaklaşık %93 seviyesinde korunması, GAN modelinin EEG sinyallerinin temel özelliklerini başarılı şekilde öğrenebildiğini göstermektedir.

Sonuçlar, sentetik veri kullanımının performansı belirgin biçimde artırmamakla birlikte, mevcut başarıyı koruduğunu ortaya koymuştur. Bunun temel nedeni, kullanılan Bonn EEG veri setinin yüksek kaliteli ve sınıflar arasında ayrımın görece kolay olduğu bir veri seti olmasıdır. Bu nedenle gerçek verilerle zaten yüksek doğruluk elde edilmiş, sentetik verilerin katkısı sınırlı kalmıştır.

Çalışmada ayrıca veri artırma oranı ile sınıflandırma performansı arasında doğrusal bir ilişki olmadığı gözlenmiştir. Bazı oranlarda küçük performans değişimleri görülse de genel olarak sistem kararlı davranmıştır. Bu durum, sentetik verilerin etkisinin yalnızca veri miktarına değil, gerçek verilerle olan dağılımsal benzerliğine de bağlı olduğunu göstermektedir.

Her EEG sınıfı için ayrı GAN modeli kullanılması, çalışmanın önemli yönlerinden biridir. Elde edilen bulgular, sınıf bazlı üretimin yüksek veri artırma oranlarında dahi performans kararlılığını koruyabildiğini göstermektedir. Ayrıca sentetik veri üretimi, EEG kayıtlarının sınırlı olduğu durumlarda eğitim veri miktarını artırmak için umut verici bir yaklaşım sunmaktadır.

Bununla birlikte, çalışmanın yalnızca Bonn EEG veri seti üzerinde gerçekleştirilmiş olması önemli bir sınırlılıktır. Gelecekte farklı EEG veri setlerinde, farklı GAN mimarileri ve derin öğrenme tabanlı sınıflandırıcılarla yapılacak çalışmalar yöntemin genellenebilirliğini daha kapsamlı biçimde ortaya koyacaktır.

5. SONUÇLAR

Bu çalışmada, epileptik EEG sinyallerinin sınıflandırılmasında sınıf bazlı GAN tabanlı sentetik veri artırmanın etkisi incelenmiştir. Bonn EEG veri seti üzerinde gerçekleştirilen deneylerde, her sınıf için ayrı eğitilen GAN modelleri ile üretilen sentetik EEG sinyallerinin sınıflandırma sistemine başarıyla entegre edilebildiği gösterilmiştir.

Elde edilen sonuçlar, sentetik veri oranı %400'e kadar artırılmasına rağmen sınıflandırma performansının büyük ölçüde korunduğunu ve ortalama doğruluk değerlerinin yaklaşık %93 seviyesinde kaldığını göstermiştir. Bununla birlikte, sentetik veri kullanımının performansta belirgin bir artış sağlamadığı, ancak mevcut başarıyı koruyarak veri çeşitliliğine katkıda bulunduğu görülmüştür. Ayrıca veri artırma oranı ile sınıflandırma performansı arasında doğrusal bir ilişki bulunmadığı belirlenmiştir. Genel olarak bulgular, GAN tabanlı sentetik EEG veri üretiminin özellikle veri miktarının sınırlı olduğu biyomedikal uygulamalarda kullanılabilecek potansiyel bir yaklaşım olduğunu göstermektedir. Gelecek çalışmalarda farklı GAN mimarileri, farklı EEG veri setleri ve derin öğrenme tabanlı sınıflandırma yöntemleri ile daha kapsamlı değerlendirmelerin yapılması planlanmaktadır.

KAYNAKLAR

- Abdelfattah, S. M., Abdelrahman, G. M., & Wang, M. (2018, July). Augmenting the size of EEG datasets using generative adversarial networks. In 2018 International joint conference on neural networks (IJCNN) (pp. 1-6). IEEE.
- Abdi-Sargezeh, B., Shirani, S., Valentin, A., Alarcon, G., & Sanei, S. (2025). EEG-to-EEG: Scalp-to-Intracranial EEG translation using a combination of variational autoencoder and generative adversarial networks. *Sensors*, 25(2), 494.
- Abou-Abbas, L., Henni, K., Jemal, I., & Mezghani, N. (2024). Generative AI with WGAN-GP for boosting seizure detection accuracy. *Frontiers in Artificial Intelligence*, 7, 1437315.
- Acharya, U. R., Sree, S. V., Swapna, G., Martis, R. J., & Suri, J. S. (2013). Automated EEG analysis of epilepsy: A review. *Knowledge-Based Systems*, 45, 147-165.
- Andrzejak, R. G., Lehnertz, K., Mormann, F., Rieke, C., David, P., & Elger, C. E. (2001). Indications of nonlinear deterministic and finite-dimensional structures in time series of brain electrical activity: Dependence on recording region and brain state. *Physical Review E*, 64(6), 061907.
- Boubchir, L., Daachi, B., & Pangracious, V. (2017, July). A review of feature extraction for EEG epileptic seizure detection and classification. In 2017 40th International Conference on Telecommunications and Signal Processing (TSP) (pp. 456-460). IEEE.
- Ekim, G. (2026). Pembe gürültü enjeksiyonunun EEG tabanlı epileptik nöbet tespiti üzerindeki etkisinin değerlendirilmesi. *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 41(1), 703-718.
- Ganti, B., Chaitanya, G., Balamurugan, R. S., Nagaraj, N., Balasubramanian, K., & Pati, S. (2022). Time-series generative adversarial network approach of deep learning improves seizure detection from the human thalamic SEEG. *Frontiers in Neurology*, 13, 755094.

- Gao, B., Zhou, J., Yang, Y., Chi, J., & Yuan, Q. (2022). Generative adversarial network and convolutional neural network-based EEG imbalanced classification model for seizure detection. *Biocybernetics and Biomedical Engineering*, 42(1), 1-15.
- Goodfellow, I. J., Pouget-Abadie, J., Mirza, M., Xu, B., Warde-Farley, D., Ozair, S., ... & Bengio, Y. (2014). Generative adversarial nets. *Advances in neural information processing systems*, 27.
- Goutte, C., & Gaussier, E. (2005, March). A probabilistic interpretation of precision, recall and F-score, with implication for evaluation. In *European conference on information retrieval* (pp. 345-359). Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg.
- Habashi, A. G., Azab, A. M., Eldawlatly, S., & Aly, G. M. (2023). Generative adversarial networks in EEG analysis: an overview. *Journal of neuroengineering and rehabilitation*, 20(1), 40.
- Hasan, N., Sharif, M. M., Rahman, M., Islam, M. S., Khan, M. T. R., Hoque, M. J., & Bahar, A. (2024, November). Epileptic seizure prediction using a deep hybrid CNN-GAN model on EEG data. In *2024 IEEE 3rd International Conference on Robotics, Automation, Artificial-Intelligence and Internet-of-Things (RAAICON)* (pp. 270-275). IEEE.
- Hjorth, B. (1970). EEG analysis based on time domain properties. *Electroencephalography and clinical neurophysiology*, 29(3), 306-310.
- Mirza, M., & Osindero, S. (2014). Conditional generative adversarial nets. *arXiv preprint arXiv:1411.1784*.
- Opitz, J., & Burst, S. (2019). Macro f1 and macro f1. *arXiv preprint arXiv:1911.03347*.
- Pascual, D., Aminifar, A., Atienza, D., Ryvlin, P., & Wattenhofer, R. (2019). Synthetic epileptic brain activities using generative adversarial networks. *arXiv preprint arXiv:1907.10518*.
- Powers, D. M. (2020). Evaluation: from precision, recall and F-measure to ROC, informedness, markedness and correlation. *arXiv preprint arXiv:2010.16061*.
- Singh, U., & Ahirwal, M. K. (2021, December). Mental workload classification for multitasking test using electroencephalogram signal. In *2021 IEEE international conference on technology, research, and innovation for betterment of society (TRIBES)* (pp. 1-6). IEEE.
- Supriya, S., Siuly, S., Wang, H., & Zhang, Y. (2021). Epilepsy detection from EEG using complex network techniques: A review. *IEEE Reviews in Biomedical Engineering*, 16, 292-306.
- Toğaçar, M. (2026). A novel feature-to-image decoding framework using NeRV, GAN, and decoder for discriminative epileptic seizure detection from EEG signals. *Biomedical Signal Processing and Control*, 120, 110143.
- Truong, N. D., Kuhlmann, L., Bonyadi, M. R., Querlioz, D., Zhou, L., & Kavehei, O. (2019). Epileptic seizure forecasting with generative adversarial networks. *IEEE Access*, 7, 143999-144009.

**VR DESTEKLİ MEME SAĞLIĞI EĞİTİMİNİN TIBBİ GÖRÜNTÜLEME TEKNİKERLİĞİ
EĞİTİMİ AÇISINDAN İNCELENMESİ****EXAMINATION OF VR-SUPPORTED BREAST HEALTH EDUCATION IN MEDICAL IMAGING
TECHNICIAN TRAINING****Doç. Dr. Nuran Akyurt**

Marmara Üniversitesi Sağlık Hizmetleri Meslek Yüksekokulu, Tıbbi Hizmetler ve Teknikler Bölümü,
Tıbbi Görüntüleme Teknikleri Programı, Türkiye
ORCID: 0000-0002-6303-4342

ÖZET

Sanal gerçeklik (VR) destekli eğitim uygulamaları, etkileşimli ve deneyim temelli öğrenme olanakları sunmaları nedeniyle sağlık eğitiminde giderek daha fazla önem kazanmaktadır. Özellikle tıbbi görüntüleme teknikerliği eğitimi bağlamında yenilikçi eğitim modelleri, mesleki farkındalık, mamografi sürecine ilişkin bilgi düzeyi ve uygulama odaklı öğrenme açısından katkı sunabilmektedir. Bu çalışmanın amacı, VR destekli meme sağlığı eğitiminin tıbbi görüntüleme teknikerliği eğitimi açısından incelenmesi ve öğrencilerin ders içeriği, öğretim süreci, VR uygulaması, öğrenme çıktıları ve genel memnuniyet boyutlarına ilişkin değerlendirmelerinin ortaya konulmasıdır. Çalışma nicel, tanımlayıcı ve kesitsel olarak yürütülmüştür. Araştırmaya toplam 40 öğrenci katılmıştır; bunların 32'si kadın, 8'i erkek olup yaş ortalaması $19,88 \pm 1,82$ 'dir. Öğrencilerin tamamı mamografi dersini ilk kez aldığını belirtmiş; %25,0'inin daha önce meme sağlığı eğitimi aldığı, %57,5'inin ise önceki VR deneyimine sahip olduğu belirlenmiştir. Genel ders değerlendirmesi yüksek düzeydedir (toplam Likert ortalaması: $4,73 \pm 0,38$). En yüksek ortalama öğretim elemanı boyutunda ($4,86 \pm 0,38$), en düşük ortalama ise ders materyalleri boyutunda ($4,40 \pm 1,15$) saptanmıştır. VR boyutu ortalamasının $4,56 \pm 0,69$ olması, öğrencilerin teknoloji destekli öğrenme yaklaşımına olumlu yaklaştığını göstermektedir. Toplam Likert ortalaması, VR boyutu ve genel memnuniyet puanları açısından cinsiyete göre ($p=0,574$; $p=0,725$; $p=0,599$), önceki VR deneyimine göre ($p=0,901$; $p=0,559$; $p=0,925$) ve mamografi alanına ilgi düzeyine göre ($p=0,855$; $p=0,865$; $p=0,698$) istatistiksel olarak anlamlı fark saptanmamıştır. Sonuç olarak, öğrenciler mamografi dersini ve VR destekli öğrenme yaklaşımını olumlu değerlendirmiştir. VR destekli meme sağlığı eğitimi, tıbbi görüntüleme teknikerliği eğitiminde mesleki farkındalık, simülasyon temelli hazırlık ve uygulama odaklı öğrenmeyi destekleme potansiyeli taşıyan umut verici bir eğitim yaklaşımı olarak değerlendirilebilir.

Anahtar Kelimeler: Sanal gerçeklik, meme sağlığı eğitimi, tıbbi görüntüleme teknikerliği, mamografi farkındalığı, simülasyon temelli öğrenme

ABSTRACT

Virtual reality (VR)-supported educational applications are increasingly important in health education because they provide interactive and experience-based learning opportunities. In medical imaging technician training, innovative educational models may contribute to professional awareness, mammography-related knowledge, and practice-oriented learning. The aim of this study was to examine VR-supported breast health education in medical imaging technician training and to determine students' evaluations regarding course content, instructional process, VR application, learning outcomes, and overall satisfaction. The study was conducted using a quantitative, descriptive, and cross-sectional design. A total of 40 students participated in the study; 32 were female and 8 were male, and the mean age was 19.88 ± 1.82 years. All students reported that they were taking the mammography course for the first time; 25.0% had previously received breast health education and 57.5% had prior VR experience. The overall course evaluation was high (overall Likert mean: 4.73 ± 0.38). The highest mean score was observed in the instructor dimension (4.86 ± 0.38), whereas the lowest mean score was found in the course materials dimension (4.40 ± 1.15). The mean score for the VR dimension was 4.56 ± 0.69 , indicating favorable perceptions toward technology-supported learning. No statistically significant differences were found in overall Likert mean, VR dimension, or general satisfaction scores according to gender ($p=0.574$, $p=0.725$, $p=0.599$), previous VR experience ($p=0.901$, $p=0.559$, $p=0.925$), or level of interest in mammography ($p=0.855$, $p=0.865$, $p=0.698$). In conclusion, students evaluated the mammography course and the VR-supported learning approach positively.

VR-supported breast health education appears to be a promising instructional approach for supporting professional awareness, simulation-based readiness, and practice-oriented learning in medical imaging technician training.

Keywords: Virtual reality, breast health education, medical imaging technician training, mammography awareness, simulation-based learning

1. INTRODUCTION

Virtual reality (VR) technologies are among the innovative tools increasingly used in health education to support practice-based learning processes. By offering three-dimensional visualization, interactive content, and opportunities for safe repetition, VR provides important advantages, particularly in the teaching of clinical processes. Studies in medical imaging education have shown that VR-based learning environments can positively contribute to health literacy, learner engagement, and academic performance (Akyurt et al., 2025). Similarly, students in health sciences education tend to perceive three-dimensional and interactive technologies as useful pedagogical tools that can strengthen learning experiences (Triberti et al., 2021).

Breast health education encompasses multidimensional components such as breast anatomy, early detection, awareness of breast self-examination, information about the mammography process, and patient-centered communication. This field is important not only for promoting awareness at the community level but also for the professional formation of medical imaging technician students who will take part in the mammography process. Recent literature has shown that a gamified metaverse-based breast health education platform can support knowledge acquisition and learner engagement, while VR simulations in image-guided breast interventions may strengthen educational access and procedural readiness (Li et al., 2025; Woodard & Kleiman, 2024).

Breast health education involves not only cognitive learning but also psychological and bodily awareness dimensions. In particular, emotional regulation, body image, and interoceptive awareness have been reported to be associated with psychological adaptation and health behaviors in the context of breast cancer (Sebri et al., 2024b; Sebri et al., 2024c). These findings suggest that breast health education should go beyond mere technical knowledge transfer and also support bodily awareness, sensitivity, and a patient-centered perspective.

The patient dimension of mammography experience is also an important part of the educational process. The use of VR glasses during mammography has been shown to influence self-reported pain perception and may contribute to improving patient experience (Bay et al., 2024). In addition, VR and standardized patient simulation programs in breast cancer education have been reported to produce meaningful effects on knowledge, satisfaction, and self-confidence (Uslu-Sahan et al., 2025). Moreover, digital decision-support tools may be effective in oncological communication and patient participation processes (Sebri et al., 2024a). In this context, VR-supported breast health education may be regarded as an approach capable of integrating technical knowledge, awareness of patient experience, and professional role consciousness within the same educational model.

The aim of this study was to examine VR-supported breast health education in medical imaging technician training and to determine students' evaluations regarding different dimensions of the course.

2. RESEARCH AND FINDINGS

2.1. Study Design

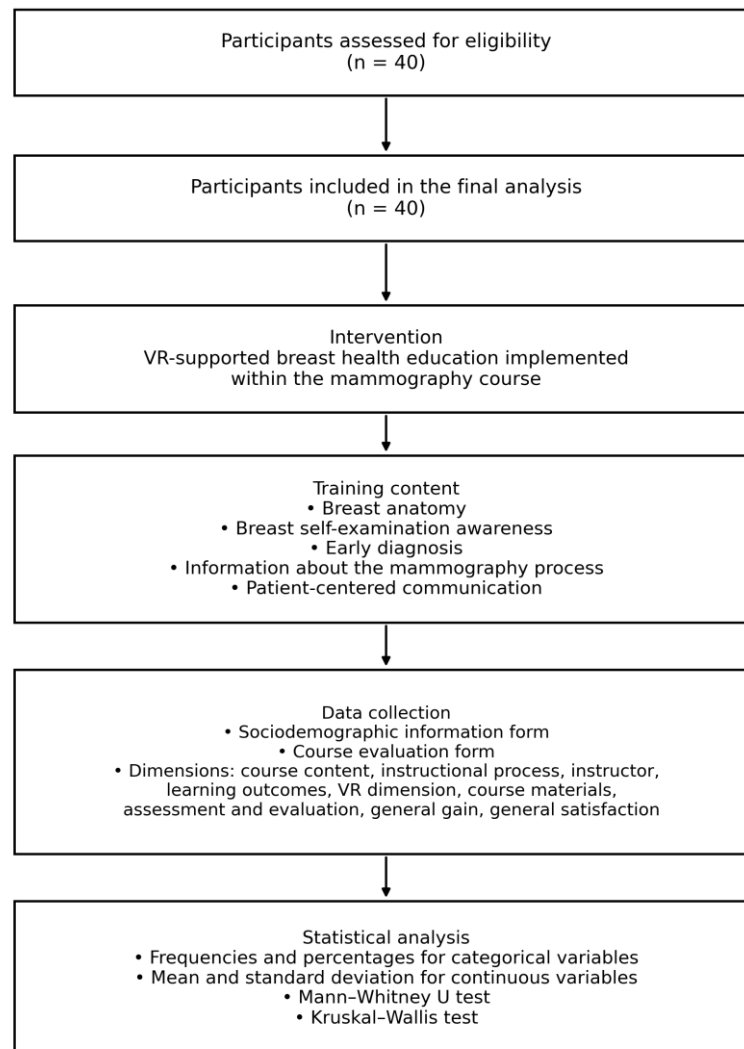
This study was conducted as a quantitative, descriptive, and cross-sectional investigation. It examined how students evaluated the VR-supported breast health education delivered within the mammography course.

2.2. Setting and Participants

The study was conducted with medical imaging technician students. A total of 40 students participated; 32 were female and 8 were male. The mean age was calculated as 19.88 ± 1.82 years. All students reported that they were taking the mammography course for the first time. Of the participants, 25.0% had previously received breast health education and 57.5% had prior VR experience.

The study design, the process of inclusion of participants in the final analysis, the scope of the VR-supported breast health education, the data collection tools, and the statistical analysis steps are presented in Figure 1.

Figure 1. Flow chart of the study design and participant inclusion process



This flow chart illustrates the inclusion of students enrolled in the mammography course, the final analysis group, the scope of the VR-supported breast health education intervention, and the main parameters evaluated in the study.

Figure 1. Flow chart of the study design and participant inclusion process.

Figure 1 presents the overall design of the study, the participant inclusion process, the scope of the VR-supported breast health education implemented within the mammography course, the data collection tools, and the statistical analysis procedures.

2.3. Data Collection Instruments

Research data were collected through a sociodemographic information form and a course evaluation form.

The sociodemographic information form included variables such as age, gender, prior breast health education, previous VR experience, and level of interest in mammography. The course evaluation form consisted of Likert-type items related to course content, instructional process, instructor, learning outcomes, the VR dimension, course materials, assessment and evaluation, general gain, and general satisfaction. Open-ended data analysis was not performed in this study. Evaluations were conducted only on the basis of findings obtained from quantitative data collection tools.

2.4. Intervention

The intervention consisted of the VR-supported breast health education implemented within the mammography course. The educational content covered breast anatomy, awareness of breast self-examination, early diagnosis, information about the mammography process, and patient-centered communication.

MeduVR Digital, developed within Project ID: 10809 and Project Code: ADT-2023-10809, was used as the learning management system for delivering the VR-supported educational content. MeduVR Digital is an online learning platform with a user-friendly interface that can operate in integration with a VR headset and three-dimensional VR glasses. The platform supports the learning experience through interactive three-dimensional models and simulations and enables access to course content and assignment sharing. It also includes analytic components that allow the management, monitoring, and evaluation of scenarios, thereby supporting the collection of student performance data, the monitoring of learning effectiveness, and the implementation of necessary improvements. The program was developed in line with the scientific contributions of the scientific commission members of the Breast Health Association (MEMEDER) and the opinions and recommendations of a multidisciplinary team consisting of breast surgeons, breast radiologists, and breast nurses.

2.5. Ethical Considerations

Ethical principles related to scientific studies involving human participants were considered throughout the research process. The Declaration of Helsinki of the World Medical Association defines voluntariness, informed consent, confidentiality, and the balance of risks and benefits as fundamental ethical principles in research involving human participants (World Medical Association, 2025). In this study, the principles of the Declaration of Helsinki were followed, the protection of personal data was ensured, and written informed consent was obtained from all students. The study was approved by the Marmara University Clinical Research Ethics Committee (date of approval: 08/09/2023; protocol no: 09.2023.1111).

2.6. Limitations

The study was conducted at a single center with a limited number of students. In addition, the data were based on self-reported student evaluations. Therefore, the generalizability of the findings is limited. The absence of open-ended data and long-term follow-up outcomes constitutes another limitation of the study.

2.7. Financial Support

This study is associated with the project supported under the Council of Higher Education Research Universities Support Program (Project ID: 10809; Project Code: ADT-2023-10809). MeduVR Digital, one of the core components of the study, was developed within this project. The preparation of digital educational content was carried out by RSG Information Technologies, Health and Innovation LLC, based in Istanbul, under the same funding support. In addition, the study also benefited from support within the scope of the TÜBİTAK 1002-B Short-Term R&D Support Program (Project No: 125S286).

2.8. Statistical Analysis

Descriptive statistics were used to analyze the data. Mean and standard deviation were reported for continuous variables, whereas number and percentage were given for categorical variables. Mann–Whitney U tests were used for comparisons between two groups, and Kruskal–Wallis tests were used for comparisons among three or more groups. Statistical significance was accepted as $p < 0.05$.

2.9. Findings

The majority of the participating students were female. Most of the participants were in the 18–20 age group, and all reported that they were taking the mammography course for the first time. In addition, some students had previously received breast health education, and more than half had prior VR experience (Table 1). The gender distribution of the participants is shown in Figure 2, and the distribution by age category is shown in Figure 3.

Table 1. Sociodemographic characteristics of the participants.

Variable	Category	n	%
Age	Mean $\pm$ SD	19.88 $\pm$ 1.82	—
Gender	Female	32	80.0
	Male	8	20.0
Age category	18–20	31	77.5
	21–23	7	17.5
	24–26	1	2.5
	27 and above	1	2.5
Taking the mammography course	First time	40	100.0
Previous breast health education	Yes	10	25.0
	No	30	75.0
Previous VR education	Yes	23	57.5
	No	17	42.5
Interest in mammography	Very low	1	2.5
	Moderate	18	45.0
	High	16	40.0
	Very high	5	12.5
	Total	40	100.0

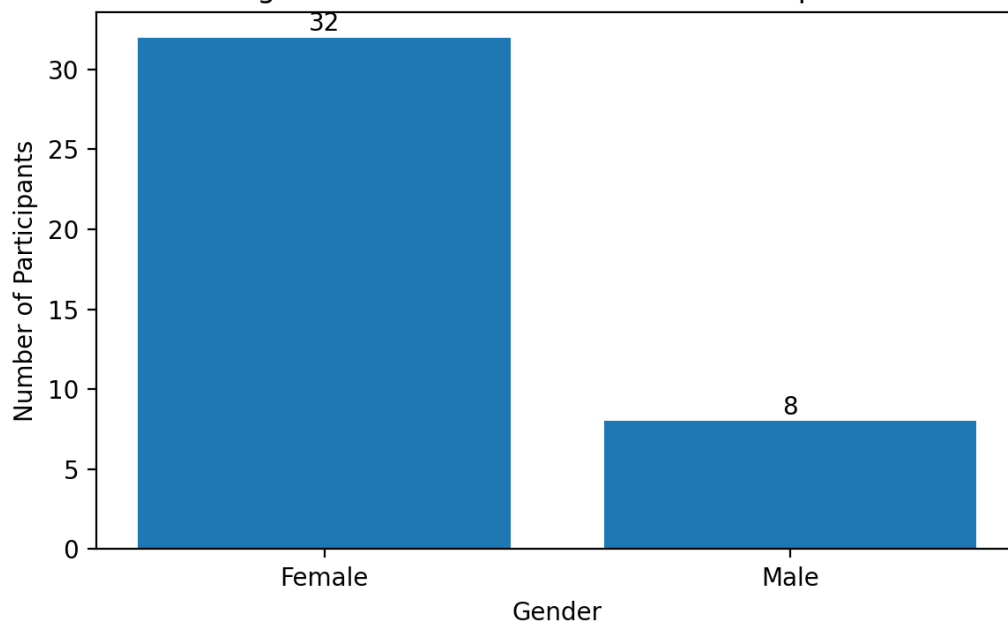
Figure 2. Gender Distribution of Participants**Figure 2.** Gender distribution of participants.

Figure 2 presents the distribution of participants by gender and shows that the majority of the students in the study were female.

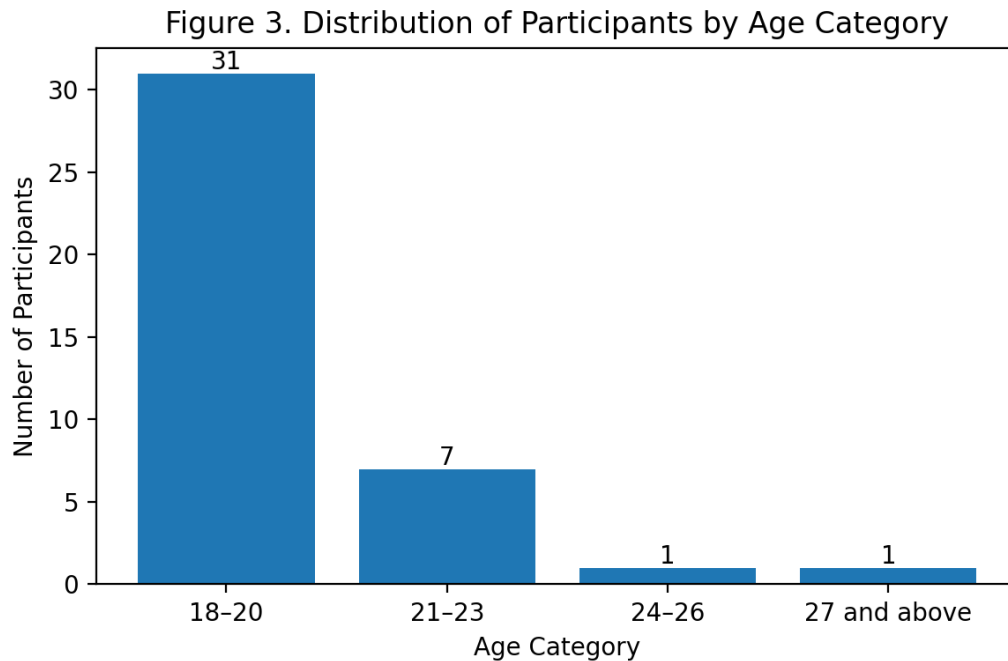


Figure 3. Distribution of participants by age category.

Figure 3 shows the distribution of participants across age categories and indicates that most of the students were in the 18–20 age group.

When the course evaluation dimensions were examined, the highest mean was observed in the instructor dimension (4.86 ± 0.38), whereas the lowest mean was found in the course materials dimension (4.40 ± 1.15). The scores for course content, assessment and evaluation, general gain, and general satisfaction were also high. A VR dimension mean of 4.56 ± 0.69 indicates that students had positive perceptions of the VR-supported learning experience (Table 2). Mean scores for the subdimensions are presented in Figure 4.

Table 2. Distribution of subdimension scores related to the mammography course.

Dimension	Mean $\pm$ SD	Min–Max
Course Content	4.81 ± 0.38	3.00–5.00
Instructional Process	4.78 ± 0.41	3.00–5.00
Instructor	4.86 ± 0.38	3.00–5.00
Learning Outcomes	4.78 ± 0.40	3.00–5.00
VR Dimension	4.56 ± 0.69	3.00–5.00
Course Materials	4.40 ± 1.15	1.00–5.00
Assessment and Evaluation	4.80 ± 0.44	3.00–5.00
General Gain	4.80 ± 0.41	3.00–5.00
General Satisfaction	4.81 ± 0.38	3.00–5.00
Overall Likert Mean	4.73 ± 0.38	3.00–5.00

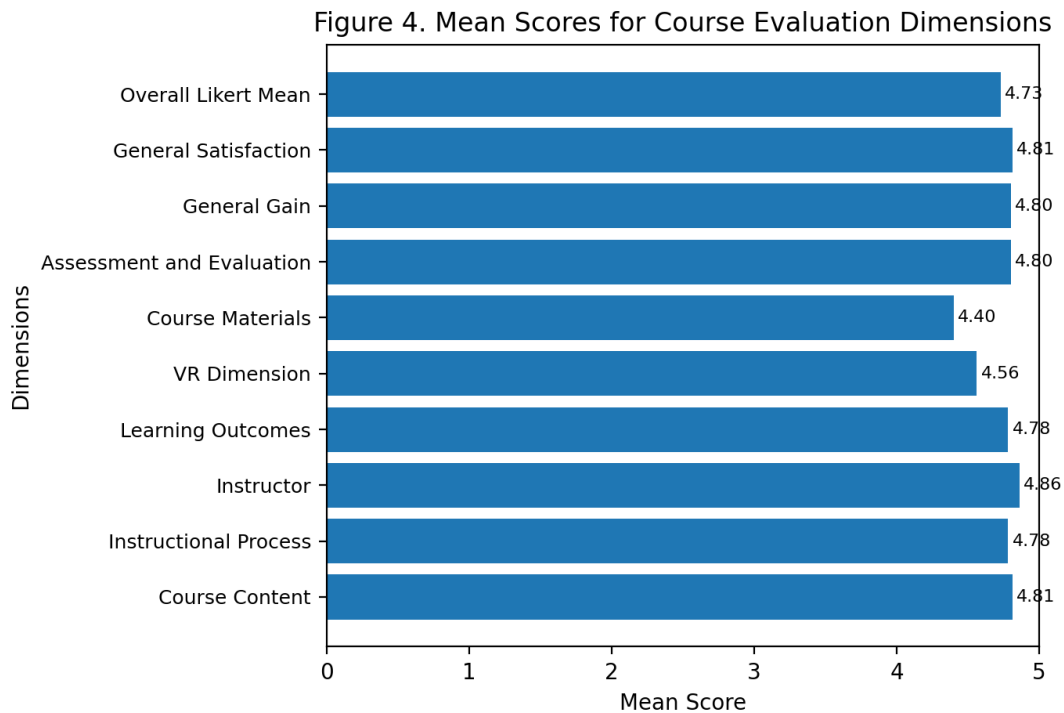


Figure 4. Mean scores for course evaluation dimensions.

Figure 4 presents the mean scores of the course evaluation dimensions and demonstrates that the highest score was observed in the instructor dimension, whereas the lowest score was found in the course materials dimension.

Mann–Whitney U tests were used for comparisons by gender. Male students had slightly higher numerical values than female students in the overall Likert mean, VR dimension, and general satisfaction scores; however, these differences were not statistically significant ($p > 0.05$) (Table 3).

Table 3. Comparison of course evaluation scores by gender.

Variable	Female (n=32) Mean $\pm$ SD	Male (n=8) Mean $\pm$ SD	p
Overall Likert Mean	4.71 $\pm$ 0.41	4.80 $\pm$ 0.24	0.574
VR Dimension	4.54 $\pm$ 0.69	4.60 $\pm$ 0.73	0.725
General Satisfaction	4.80 $\pm$ 0.40	4.86 $\pm$ 0.27	0.599

Comparisons according to previous VR experience were also conducted using the Mann–Whitney U test. No statistically significant differences were found in the overall Likert mean, VR dimension, or general satisfaction scores ($p > 0.05$) (Table 4). The visual display of this distribution is presented in Figure 5.

Table 4. Comparison of course evaluation scores by previous VR experience.

Variable	Previous VR experience (n=23) Mean $\pm$ SD	No previous VR experience (n=17) Mean $\pm$ SD	p
Overall Likert Mean	4.74 $\pm$ 0.30	4.72 $\pm$ 0.48	0.901
VR Dimension	4.49 $\pm$ 0.71	4.65 $\pm$ 0.67	0.559
General Satisfaction	4.85 $\pm$ 0.26	4.76 $\pm$ 0.50	0.925

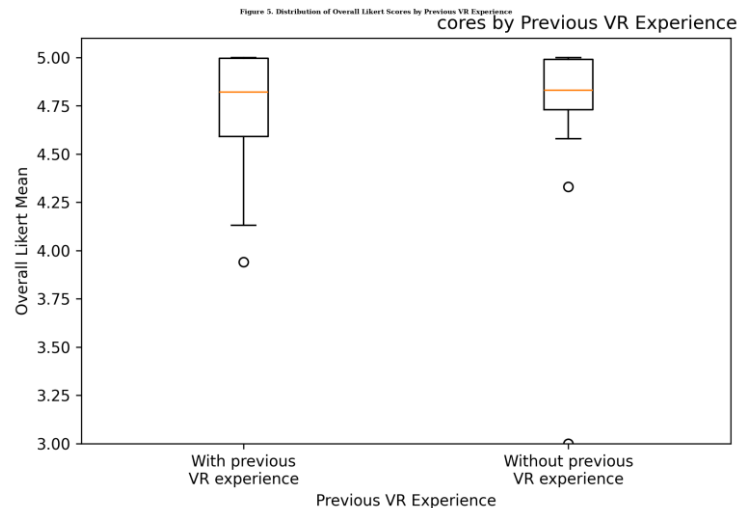


Figure 5. Distribution of overall Likert scores by previous VR experience.

Figure 5 illustrates the distribution of overall Likert scores according to previous VR experience and shows that there was no marked difference between students with and without prior VR experience. Comparisons by level of interest in mammography were performed using the Kruskal–Wallis test. Although a relative increase in scores was observed as interest level increased, the differences among groups did not reach statistical significance ($p>0.05$) (Table 5). The trend in overall Likert means by level of interest is shown in Figure 6.

Table 5. Course evaluation scores according to level of interest in mammography.

Interest level	n	Overall Likert Mean $\pm$ SD	VR Dimension Mean $\pm$ SD	General Satisfaction Mean $\pm$ SD
Very low	1	4.95	5.00	5.00
Moderate	18	4.65 $\pm$ 0.49	4.51 $\pm$ 0.73	4.73 $\pm$ 0.50
High	16	4.78 $\pm$ 0.30	4.51 $\pm$ 0.76	4.86 $\pm$ 0.24
Very high	5	4.82 $\pm$ 0.17	4.80 $\pm$ 0.20	4.91 $\pm$ 0.19
p		0.855	0.865	0.698

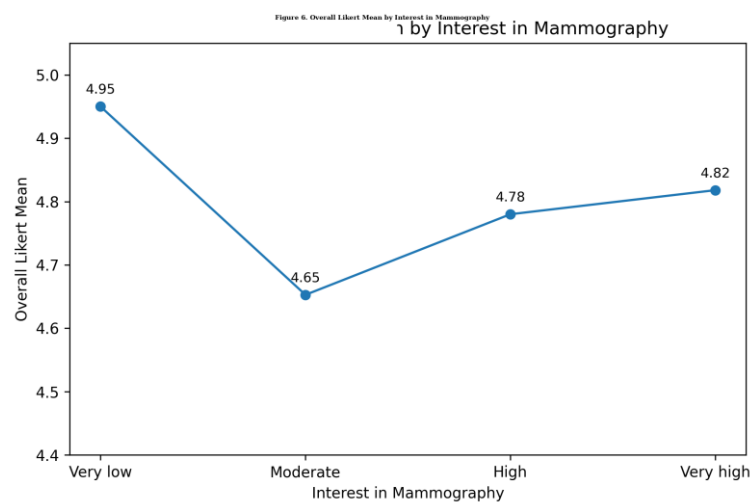


Figure 6. Overall Likert mean by interest in mammography.

Figure 6 presents the overall Likert mean scores according to the level of interest in mammography and indicates a relative increase in scores as the level of interest increased, although the difference was not statistically significant.

These findings indicate that students evaluated the mammography course positively overall and perceived the VR-supported approach as acceptable and useful. The fact that most subdimension scores were high and that no statistically significant differences were found in the Mann–Whitney U and Kruskal–Wallis analyses suggests that VR-supported education was similarly positively perceived across different subgroups.

2.10. Discussion

The findings of this study show that medical imaging technician students evaluated the mammography course and the VR-supported learning approach positively at a high level overall. High scores in the instructor, course content, general gain, and general satisfaction dimensions suggest that the educational process was strongly embraced by the students. The relatively high score in the VR dimension also indicates that students were open to technology-supported learning and perceived such innovative educational environments as useful. By contrast, the lower mean in the course materials dimension compared with the other subdimensions suggests that course materials remain an area that could be improved in terms of content richness, visual diversity, and user experience.

The findings obtained are consistent with the recent literature. Akyurt et al. (2025) reported that VR-based medical imaging education contributes positively to health literacy and academic success. Li et al. (2025) showed that immersive and gamified digital environments in breast health education support knowledge acquisition and learner engagement. Similarly, Triberti et al. (2021) reported that health sciences students perceive three-dimensional and interactive technologies as useful learning tools and that these technologies can strengthen learning motivation. Taken together, these findings suggest that the positive evaluations observed in the present study are consistent with the literature indicating that VR can serve as a supportive learning tool in health professions education.

The fact that the highest mean score in this study was observed in the instructor dimension is noteworthy. This finding suggests that the success of VR-supported education depends not only on the technological infrastructure but also on how the educational process is pedagogically structured and on the guidance provided by the instructor. Therefore, for VR applications to transform into effective educational experiences, technology and pedagogy should be considered in an integrated manner. The high general satisfaction and general gain scores further suggest that students perceived this approach not only as interesting but also as a beneficial learning experience.

The high scores in the VR dimension indicate that students had favorable attitudes toward technology-supported learning. However, the fact that this dimension was not as high as the instructor and course content dimensions suggests that technology alone is not the sole determinant of educational quality and gains meaning only in conjunction with content and instructional design. In this respect, VR-supported educational practices should be evaluated not merely as technical innovations but as pedagogical tools aligned with learning objectives.

The literature also indicates that simulation-based applications related to breast health may be useful in different ways. Woodard and Kleiman (2024) reported that VR simulations in image-guided breast interventions can support procedural readiness and educational access. Bay et al. (2024) emphasized the importance of VR use in mammography experience from the patient perspective, and Uslu-Sahan et al. (2025) reported findings supporting knowledge and satisfaction dimensions in VR-supported breast cancer education. Within this framework, the positive evaluations obtained in the present study suggest that VR-supported breast health education may contribute not only to the transfer of technical knowledge but also to awareness of patient experience, readiness for practice, and professional role development among medical imaging technician students.

One of the noteworthy aspects of the study is that the VR-supported educational approach was perceived positively not only in terms of cognitive learning but also in terms of awareness and sensitivity related to breast health. Sebri et al. (2024b), in their study on emotional regulation in breast cancer survivors, and Sebri et al. (2024c), in their protocol on interoception and body image, underline the importance of psychological and bodily awareness dimensions in the field of breast health. Although these studies were not conducted directly with student samples, they suggest that breast health education should not

be limited to technical knowledge transfer but should also support bodily awareness, sensitivity, and a patient-centered approach. In this sense, the present study points to an educational model that may help students consider breast health within a more holistic framework.

Moreover, Sebri et al. (2024a), who examined the role of digital decision-support tools in oncological communication and patient participation processes, showed that digital tools may contribute to the processing of health-related information and decision-making processes. This suggests that VR and other digital learning tools may support students not only in technical professional skills but also in understanding communication with patients, patient information processes, and decision-making pathways. Considering that medical imaging students will participate in clinical processes involving direct patient contact, such learning experiences may be professionally important.

The lack of statistically significant differences according to gender, previous VR experience, and level of interest in mammography suggests that VR-supported education may be perceived positively in a similar way across different student subgroups. The absence of significant differences in the Mann–Whitney U and Kruskal–Wallis tests indicates that this educational approach may be applicable to broader student profiles rather than being limited to a specific subgroup. Nevertheless, the limited sample size and the very small number of students in some subgroups require cautious interpretation. Therefore, these findings should be regarded not as definitive proof of the absence of group differences, but as a reflection of the pattern observed in the current sample.

3. Conclusion

The findings of this study show that students evaluated the mammography course and the VR-supported learning approach positively at a high level overall. The VR-supported breast health education delivered through the MeduVR Digital platform was strongly accepted in terms of course content, instructional process, general gain, and general satisfaction, with the highest mean score observed in the instructor dimension. Positive scores in the VR dimension indicate that students were open to technology-supported learning experiences, whereas the relatively lower score in the course materials dimension suggests that this area could be further improved.

In light of these findings, VR-supported breast health education may be considered an innovative approach that supports professional awareness, simulation-based readiness, and practice-oriented learning in medical imaging technician training. At the same time, this approach appears to have the potential to increase students' awareness of breast health and to strengthen a patient-centered perspective. However, given the descriptive and cross-sectional design of the study and the limited sample size, these findings should be supported by larger and comparative studies.

Recommendations for Future Research and Practice

1. Larger and multicenter studies should be conducted to evaluate whether VR-supported breast health education yields consistent results across different student groups.
2. Research designs including pretest–posttest and follow-up measurements should be used to examine more robustly the effects of VR-supported education on knowledge level, skill development, and retention of learning.
3. Given the relatively lower score in the course materials dimension, content design, visual diversity of materials, scenario richness, and user interaction should be improved.
4. The impact of VR-supported breast health education should be evaluated not only in terms of student satisfaction but also in relation to professional outcomes such as patient-centered communication, clinical decision awareness, and readiness for practice.
5. Considering the lack of significant differences according to previous VR experience, gender, and level of interest in mammography, the adaptability and broader applicability of this educational model for different student profiles should be further explored.

References

- Akyurt, N., Elshami, W., & Tekin, H. O. (2025). Enhancing health literacy and academic success through virtual reality in medical imaging education. *Frontiers in Medicine*, 12, 1703740. <https://doi.org/10.3389/fmed.2025.1703740>

- Bay, B. N., Voyvoda, N., & Arifoğlu, M. (2024). An initial investigation into the use of virtual reality (VR) glasses on self-reported pain perception during mammography. *Radiography*, 30(5), 1363–1367. <https://doi.org/10.1016/j.radi.2024.07.021>
- Li, R., Wong, S. Y., Duan, B., & Kahn, S. M. (2025). A gamified metaverse platform (Mammoverse) for breast health education: A mixed-methods study. *Digital Health*, 11, 20552076251390466. <https://doi.org/10.1177/20552076251390466>
- Sebri, V., Marzorati, C., Dorangricchia, P., Monzani, D., Grasso, R., Prelaj, A., & Pravettoni, G. (2024a). The impact of decision tools during oncological consultation with lung cancer patients: A systematic review within the I3LUNG project. *Cancer Medicine*, 13(9), e7159. <https://doi.org/10.1002/cam4.7159>
- Sebri, V., Policardo, G. R., & Pravettoni, G. (2024b). How to improve emotional regulation in breast cancer survivors? A psychological intervention. *Frontiers in Psychology*, 15, 1443635. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2024.1443635>
- Sebri, V., Pizzoli, S. F. M., Marzorati, C., Mazzocco, K., & Pravettoni, G. (2024c). Interoception and body image in breast cancer patients: A mindfulness-based stress reduction protocol. *Frontiers in Psychology*, 15, 1394355. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2024.1394355>
- Triberti, S., Petrella, F., Gorini, A., Pappalardo, O., Sebri, V., Savioni, L., Redaelli, A., & Pravettoni, G. (2021). Augmenting surgery: Medical students' assessment and ergonomics of 3D holograms vs. CT scans for pre-operative planning. *EAI Endorsed Transactions on Pervasive Health and Technology*, 7(25), e5. <https://doi.org/10.4108/eai.8-1-2021.167844>
- Uslu-Sahan, F., Ozdemir, L., Karadas, M. M., Yildirim, S., & Odabasi, O. (2025). Virtual reality and standardized patient simulation programs in chemotherapy education for breast cancer: A comparative analysis of nursing students' knowledge, cognitive load, satisfaction and confidence. *Nurse Education in Practice*, 83, 104286. <https://doi.org/10.1016/j.nepr.2025.104286>
- Woodard, S., & Kleiman, K. (2024). Virtual reality simulation-based training in image-guided breast intervention in low- and middle-income countries. *American Journal of Roentgenology*, 223(2), e2431236. <https://doi.org/10.2214/AJR.24.31236>
- World Medical Association. (2025). World Medical Association Declaration of Helsinki: Ethical principles for medical research involving human participants. *JAMA*, 333(1), 71–74. <https://doi.org/10.1001/jama.2024.21972>

SANAL GERÇEKLİK VE YAPAY ZEKÂ DESTEKLİ MEME SAĞLIĞI VE KENDİ KENDİNE MEME MUAYENESİ EĞİTİMİNİN KATILIMCI MEMNUNİYETİ VE ALGILANAN KAZANIMLAR AÇISINDAN DEĞERLENDİRİLMESİ
EVALUATION OF VIRTUAL REALITY- AND ARTIFICIAL INTELLIGENCE-SUPPORTED BREAST HEALTH AND BREAST SELF-EXAMINATION TRAINING IN TERMS OF PARTICIPANT SATISFACTION AND PERCEIVED GAINS

Doç. Dr. Nuran Akyurt

Marmara Üniversitesi Sağlık Hizmetleri Meslek Yüksekokulu, Tıbbi Hizmetler ve Teknikler Bölümü, Tıbbi Görüntüleme Teknikleri Programı, İstanbul, Türkiye
ORCID: 0000-0002-6303-4342

ÖZET

Bu çalışma, sanal gerçeklik ve yapay zekâ destekli meme sağlığı ve kendi kendine meme muayenesi (KKMM) eğitimine katılan bireylerin eğitim sonrasındaki memnuniyet düzeylerini ve algılanan kazanımlarını değerlendirmek amacıyla tanımlayıcı ve kesitsel tipte planlanmıştır. Araştırmanın örneklemi, 18–24 yaş aralığında bulunan ve çalışmaya gönüllü olarak katılmayı kabul eden toplam 47 katılımcı oluşturmıştır. Katılımcıların 33’ü kadın, 14’ü erkek olup yaş ortalaması $20,9 \pm 1,7$ ’dir. Veriler, katılımcı tanıtıcı bilgi formu ile 10 maddeden oluşan 5’li Likert tipi Meme Sağlığı ve KKMM Eğitimi Memnuniyet Değerlendirme Formu aracılığıyla toplanmıştır. Araştırmacı tarafından geliştirilen formun iç tutarlılık güvenirliği yüksek bulunmuş ve Cronbach alfa katsayısı 0,978 olarak hesaplanmıştır. Bulgulara göre, katılımcı yanıtları büyük ölçüde “Katılıyorum” ve “Kesinlikle katılıyorum” seçeneklerinde toplanmıştır. “Kesinlikle katılıyorum” yanıt oranları %80,9 ile %91,5 arasında değişmiştir. Madde bazında ortalama puanlar 4,81 ile 4,91 arasında bulunmuş, genel memnuniyet ortalaması 4,87 olarak hesaplanmıştır. En yüksek ortalama puanlar, KKMM’nin erken farkındalıktaki önemini kavrama ve genel eğitim memnuniyeti maddelerinde elde edilmiştir (4,91). Katılımcıların büyük çoğunluğu eğitimin bilgi düzeylerini artırdığını, meme sağlığı farkındalığını geliştirdiğini ve KKMM uygulamasına yönelik istekliliklerini desteklediğini belirtmiştir. Sonuç olarak, sanal gerçeklik ve yapay zekâ destekli meme sağlığı ve KKMM eğitimi katılımcılar tarafından yüksek düzeyde olumlu değerlendirilmiş; erken tanı farkındalığını destekleyen, kabul edilebilir ve umut verici bir eğitim yaklaşımı olarak öne çıkmıştır.

Anahtar Kelimeler: Meme sağlığı, kendi kendine meme muayenesi, sanal gerçeklik, yapay zekâ, memnuniyet, erken tanı

ABSTRACT

This study was designed as a descriptive and cross-sectional investigation to evaluate post-training satisfaction levels and perceived gains among individuals who participated in virtual reality- and artificial intelligence-supported breast health and breast self-examination (BSE) training. The sample consisted of 47 volunteers aged 18–24 years who agreed to participate in the study. Of the participants, 33 were female and 14 were male, with a mean age of 20.9 ± 1.7 years. Data were collected using a participant information form and a 10-item, 5-point Likert-type Breast Health and BSE Training Satisfaction Evaluation Form. The researcher-developed form demonstrated high internal consistency, with a Cronbach’s alpha coefficient of 0.978. The findings showed that responses were largely concentrated in the “Agree” and “Strongly agree” categories. The proportion of “Strongly agree” responses ranged from 80.9% to 91.5%. Item-based mean scores ranged from 4.81 to 4.91, while the overall satisfaction mean was calculated as 4.87. The highest mean scores were obtained for understanding the importance of BSE in early awareness and overall satisfaction with the training (4.91). Most participants reported that the training improved their knowledge level, increased their breast health awareness, and supported their willingness to perform BSE. In conclusion, virtual reality- and artificial intelligence-supported breast health and BSE training was evaluated highly positively by participants and appears to be an acceptable and promising educational approach for supporting early detection awareness.

Keywords: Breast health, breast self-examination, virtual reality, artificial intelligence, satisfaction, early detection

1. INTRODUCTION

Breast health awareness and breast self-examination (BSE) are among the key preventive health practices that support early detection behaviors. Early detection is closely associated with individuals' ability to recognize their own bodies, develop risk awareness, and adopt appropriate health behaviors. Therefore, breast health education is expected not only to convey information but also to foster awareness, self-efficacy, and behavioral intention.

In recent years, technology-supported approaches in health education have become important tools for strengthening learner engagement, health literacy, and applied awareness. Virtual reality-based educational applications have been reported to positively influence health literacy, learning engagement, and academic achievement in the context of medical imaging education (Akyurt et al., 2025). Similarly, immersive and digital platforms developed for breast health education have been shown to contribute positively to knowledge acquisition, short-term knowledge retention, and behavioral intention (Li et al., 2025).

Studies addressing mammography and breast interventions have also indicated that virtual reality applications may be beneficial for patient experience, pain perception, and skills preparation. The use of virtual reality glasses during mammography has been reported to reduce self-reported pain perception (Bay et al., 2024). Likewise, virtual reality-based educational models in image-guided breast interventions may support skills preparation and simulation-based practical experience (Woodard & Kleiman, 2024).

Artificial intelligence is becoming increasingly visible in health education as a tool that supports personalized learning, content adaptation, performance monitoring, and instructional planning. Scoping reviews evaluating artificial intelligence applications in medical education have shown that these tools provide important opportunities for teaching, assessment, and the development of individualized learning pathways (Gordon et al., 2024). In addition, practical guides developed for educators emphasize that the use of artificial intelligence should be addressed in a structured manner across teaching, research, administration, and ethics (Jalali et al., 2025).

In this context, it is important to determine how participants evaluate virtual reality- and artificial intelligence-supported breast health and BSE education. The aim of this study was to evaluate the satisfaction levels, perceived knowledge gains, and behavioral intentions of individuals who participated in this training.

1.1. Theoretical basis of the artificial intelligence-supported learning infrastructure

Artificial intelligence-supported educational systems are considered in health education not only as digital tools that present content, but also as learning infrastructures that monitor the learning process, organize performance data, structure content flow, and support instructional planning according to individual learning needs (Gordon et al., 2024; Jalali et al., 2025). In this respect, when integrated with virtual reality, artificial intelligence can make the learning process more traceable, interactive, and data-driven.

The use of innovative digital technologies in health sciences education may strengthen learners' attitudes toward technology, learning motivation, and applied learning experiences (Triberti et al., 2021). In addition, virtual reality-based educational applications have been reported to contribute positively to health literacy, academic achievement, and learning engagement, while immersive digital learning environments developed for breast health education support knowledge acquisition and behavioral intention (Akyurt et al., 2025; Li et al., 2025). Therefore, in the present study, the term "artificial intelligence-supported" was treated not as a separately measured independent variable, but rather as a theoretical and functional component of a digital learning architecture integrated with VR.

2. RESEARCH AND FINDINGS

2.1. Study design

This study was designed as a descriptive, cross-sectional, quantitative investigation to evaluate post-training satisfaction levels and perceived gains among individuals who participated in breast health and breast self-examination (BSE) education. Data were collected at a single point in time. The study did

not include an experimental intervention, a control group, or a pretest–posttest comparison. The main purpose was to present participants' evaluations as they were observed after the training.

2.2. Study aim and research questions

The main aim of the study was to evaluate the views of participants aged 18–24 years who received breast health and BSE education regarding the educational content, clarity of expression, educational materials, BSE awareness, willingness to perform BSE, and overall satisfaction. Accordingly, the following questions were addressed: What was the overall satisfaction level of the participants? Did participants perceive the educational content as clear, understandable, and adequate? Did the education enhance breast health awareness and willingness to perform BSE? Did participants consider recommending this education to others?

2.3. Population and sample

The population of the study consisted of individuals aged 18–24 years who participated in breast health and BSE education. The sample comprised 47 participants who agreed to take part in the study and completed the evaluation form in full. Of the participants, 33 were female and 14 were male. All participants were between 18 and 24 years of age. The mean age was 20.9 ± 1.7 years. Convenience sampling based on voluntary participation was used.

Inclusion criteria

- Being 18–24 years of age
- Having participated in breast health and BSE education
- Agreeing to participate voluntarily
- Providing informed consent
- Completing the evaluation form in full

Exclusion criteria

- Being younger than 18 years or older than 24 years
- Not having attended the education session
- Declining participation in the study
- Completing the form incompletely or inaccurately
- Completing the same form more than once

2.4. Data collection tools

Data were collected using a two-part form. The first part, the participant information form, included descriptive characteristics such as age, gender, and socioeconomic status. The second part, the Breast Health and BSE Training Satisfaction Evaluation Form, was a 10-item, 5-point Likert-type instrument developed to assess participants' satisfaction with the breast health and BSE education. Response options were structured as 1 = Strongly disagree, 2 = Disagree, 3 = Neutral, 4 = Agree, and 5 = Strongly agree. Higher scores indicated higher levels of satisfaction with the education. The internal consistency of the researcher-developed form was high, with a Cronbach's alpha coefficient of 0.978.

2.5. Educational content and implementation process

The breast health and BSE education provided to the participants covered key topics including breast health, breast cancer awareness, the purpose of BSE, the appropriate timing of BSE, the steps of BSE, and the need to seek medical consultation when a suspicious finding is noticed. After the training, participants were informed about the aim of the study, voluntary participation was emphasized, and those who provided informed consent were asked to complete the evaluation form. Data were collected anonymously, and no personally identifiable information was requested. Completing the forms took approximately 5–7 minutes.

As the learning management system for the delivery of the educational content, the MeduVR Digital platform developed within Project ID: 10809; Project Code: ADT-2023-10809 was used. MeduVR Digital is an online learning platform with a user-friendly interface that can operate in integration with

VR headsets and 3D VR glasses. Through interactive three-dimensional models and simulations, the platform supports the learning experience and enables access to educational content and the sharing of course notes. It also includes analytical components that allow the management, monitoring, and evaluation of scenarios, thereby supporting the collection of learner performance data, the monitoring of educational effectiveness, and relevant improvements. The program was developed with scientific contributions from members of the scientific commission of the Breast Health Association (MEMEDER) and with input from a multidisciplinary team consisting of breast surgeons, breast radiologists, and breast nurses.

2.5.1. Artificial intelligence-supported digital learning components

The MeduVR Digital platform used in this study is not only a system that provides VR-based visual and interactive content, but also an analytical digital learning environment that enables the monitoring of performance data, the management of scenarios, and the evaluation of educational effectiveness. Artificial intelligence-supported systems in health education have been reported to offer important opportunities particularly in learning analytics, performance monitoring, content organization, and data-driven instructional planning (Gordon et al., 2024; Jalali et al., 2025). Therefore, although artificial intelligence support was not directly measured as an independent outcome variable in this study, it was considered a structural component of the intervention and was addressed as a contextual factor in interpreting the findings on satisfaction and perceived gains.

2.6. Variables

The dependent variable of the study was the participants' satisfaction score regarding the breast health and BSE education. The independent variables were age, gender, and socioeconomic status. In addition, perceived knowledge gain, awareness level, willingness to perform BSE, and willingness to recommend the training to others were considered within the scope of descriptive evaluation.

2.7. Ethical principles

The study was conducted in accordance with the principle of voluntary participation. Participants were informed about the aim of the study and were told that participation was entirely voluntary. Data were collected anonymously, and no personal identifying information was requested. Participants were informed that they had the right not to participate or to withdraw from the study at any time. Written informed consent was obtained from all participants. The study was conducted in accordance with the ethical principles stated in the Declaration of Helsinki and was approved by the Marmara University Clinical Research Ethics Committee (approval date: 08/09/2023; protocol no: 09.2023.1111) (World Medical Association, 2025).

2.8. Statistical analysis

Data obtained from the study were evaluated using descriptive statistical methods. Categorical variables were summarized with numbers and percentages, whereas continuous variables were summarized with means and standard deviations. For the Likert-type items, frequencies, percentages, means, and standard deviations were calculated on an item-by-item basis. Overall satisfaction was evaluated using item means and the total scale mean. Mean Likert scores were interpreted as follows: 1.00–1.80 = very low; 1.81–2.60 = low; 2.61–3.40 = moderate; 3.41–4.20 = high; and 4.21–5.00 = very high. Findings are presented through the relevant tables and figures.

2.9. Study limitations

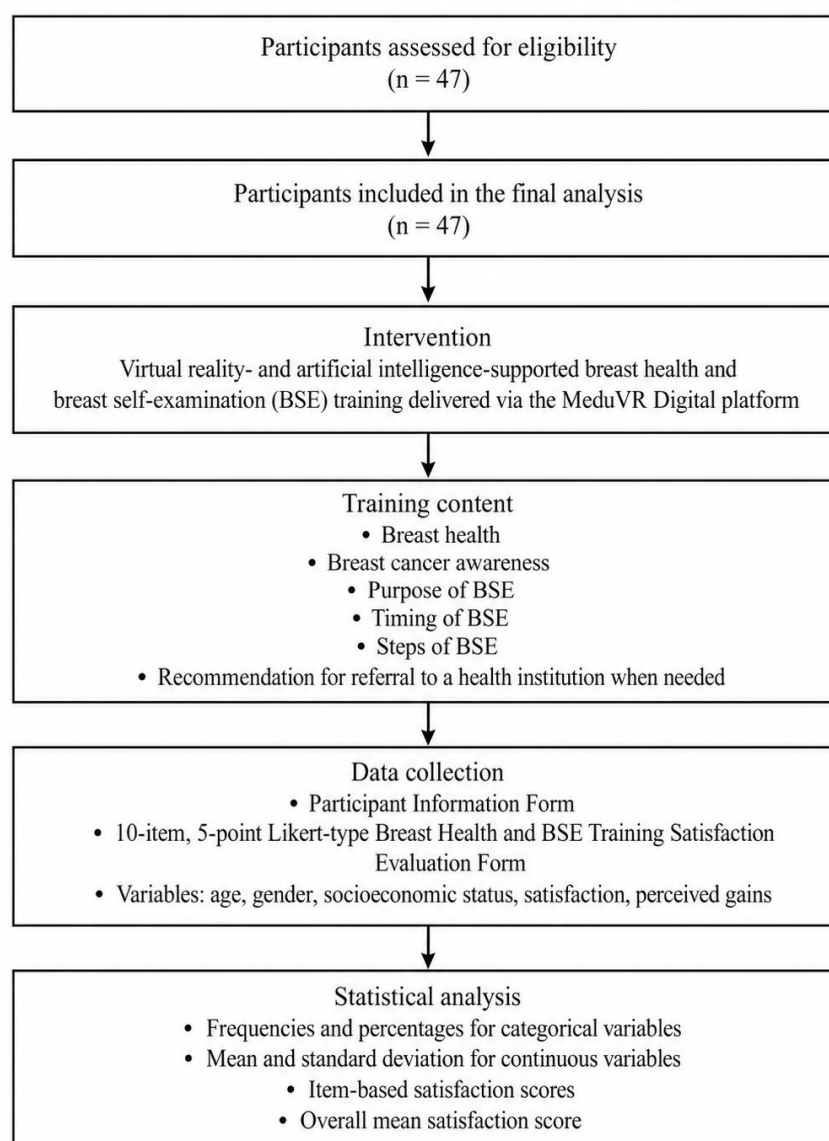
This study has several limitations. The sample size was limited to 47 participants, which reduces the generalizability of the results. Because all participants were between 18 and 24 years of age, interpretation for different age groups is limited. Data were collected through self-report. The study did not include a control group. In addition, satisfaction was evaluated immediately after the training, and long-term behavior change and knowledge retention were not measured.

2.10. Secondary evaluation of the artificial intelligence-supported digital learning structure

In this study, artificial intelligence support was not directly measured as an independent subdimension. Nevertheless, several findings indirectly reflecting the functionality of the digital learning infrastructure are noteworthy. The fact that most participants reported increased knowledge, improved breast health awareness, and very high levels of overall educational satisfaction suggests that not only the content itself, but also the digital learning structure through which the content was delivered, was positively perceived. In particular, the mean score for educational materials was 4.81, the mean score for increasing breast health awareness was 4.89, and the mean score for overall educational satisfaction was 4.91, indicating that the VR-integrated digital learning environment was strongly accepted by users. Thus, the present findings do not demonstrate a directly measured effect of artificial intelligence-supported learning architecture; rather, they indirectly support the positive reflection of the digital and analytical learning structure on satisfaction and perceived gains.

Figure 1. Flow chart of the study design and data collection process

Figure 1. Flow chart of the study design



The study design, educational content, data collection process, and statistical analysis stages are presented in Figure 1.

2.10.1. Findings

A total of 47 individuals participated in the study. All participants were between 18 and 24 years of age, and the mean age was 20.9 ± 1.7 years. Of the participants, 70.2% were female and 29.8% were male. In terms of socioeconomic status, the largest group consisted of participants at the middle level (66.0%). The proportions of participants with low and high socioeconomic status were equal at 17.0% each (Table 1). The gender distribution of the participants is shown in Figure 2, and the distribution by socioeconomic status is shown in Figure 3.

Table 1. Sociodemographic characteristics of the participants

Variable	Group / Value	n	%
Mean age	20.9 ± 1.7	-	-
Age range	18–24 years	47	100.0
Gender	Female	33	70.2
	Male	14	29.8
Socioeconomic status	Low	8	17.0
	Middle	31	66.0
	High	8	17.0
Total		47	100.0

When participants' evaluations of the breast health and BSE education were examined, responses for all items were found to be concentrated only in the "Agree" and "Strongly agree" categories. The absence of negative or neutral responses indicates that satisfaction and perceived gains related to the education were very high. On an item basis, the proportion of "Strongly agree" responses ranged from 80.9% to 91.5% (Table 2).

Table 2. Likert item responses and mean scores regarding breast health and BSE education

Item	Brief statement	Agree, n (%)	Strongly agree, n (%)	Mean score
1	Expectations met	7 (14.9)	40 (85.1)	4.85
2	Increased knowledge level	6 (12.8)	41 (87.2)	4.87
3	Learning BSE practice	5 (10.6)	42 (89.4)	4.89
4	Clarity of expression	8 (17.0)	39 (83.0)	4.83
5	Adequacy of educational materials	9 (19.1)	38 (80.9)	4.81
6	Understanding the importance of BSE in early awareness	4 (8.5)	43 (91.5)	4.91
7	Willingness to perform BSE	7 (14.9)	40 (85.1)	4.85
8	Increasing breast health awareness	5 (10.6)	42 (89.4)	4.89
9	Recommending the training to others	6 (12.8)	41 (87.2)	4.87
10	Overall training satisfaction	4 (8.5)	43 (91.5)	4.91

As shown in Table 2, mean scores ranged from 4.81 to 4.91. The highest mean scores were obtained for understanding the importance of BSE in early awareness and overall training satisfaction (both 4.91). These were followed by learning BSE practice and increasing breast health awareness (both 4.89).

Although the lowest mean score was observed for the adequacy of educational materials, this score was still quite high (4.81).

These findings suggest that the training not only increased overall satisfaction, but also positively supported participants' perceived knowledge, awareness level, understanding of BSE, and behavioral intention. In particular, the high scores regarding the importance of BSE in early awareness and the strong tendency to recommend the training to others indicate that the education left a meaningful and positive impression on participants. A visual summary of the Likert item responses is presented in Figure 4.

Figure 2. Distribution of participants by gender

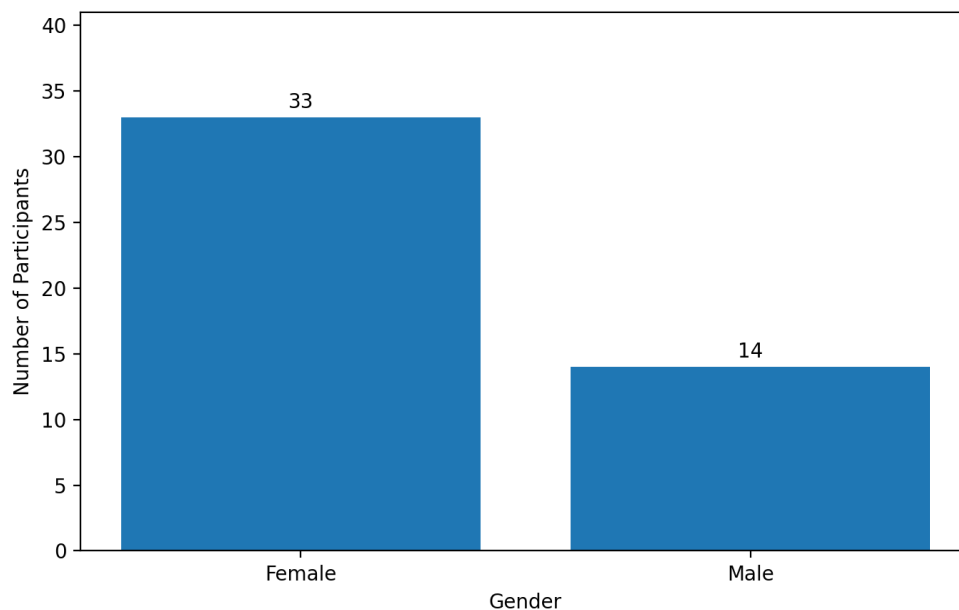


Figure 2 presents the gender distribution of the participants. The sample was predominantly composed of female participants.

Figure 3. Distribution of participants by socioeconomic status

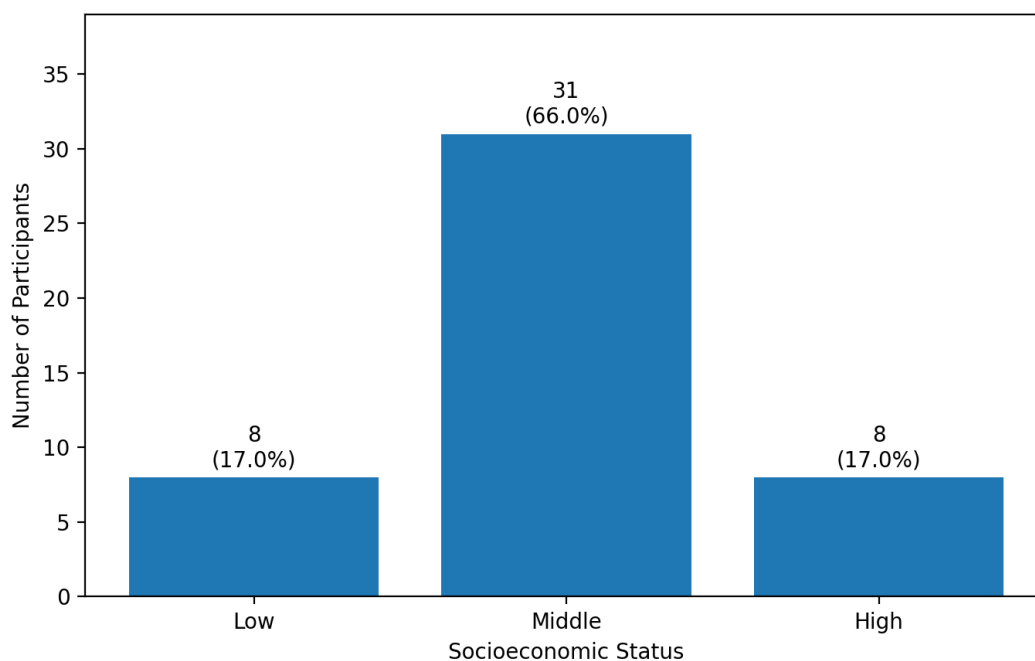


Figure 3 shows the distribution of participants by socioeconomic status. The largest group consisted of participants at the middle socioeconomic level.

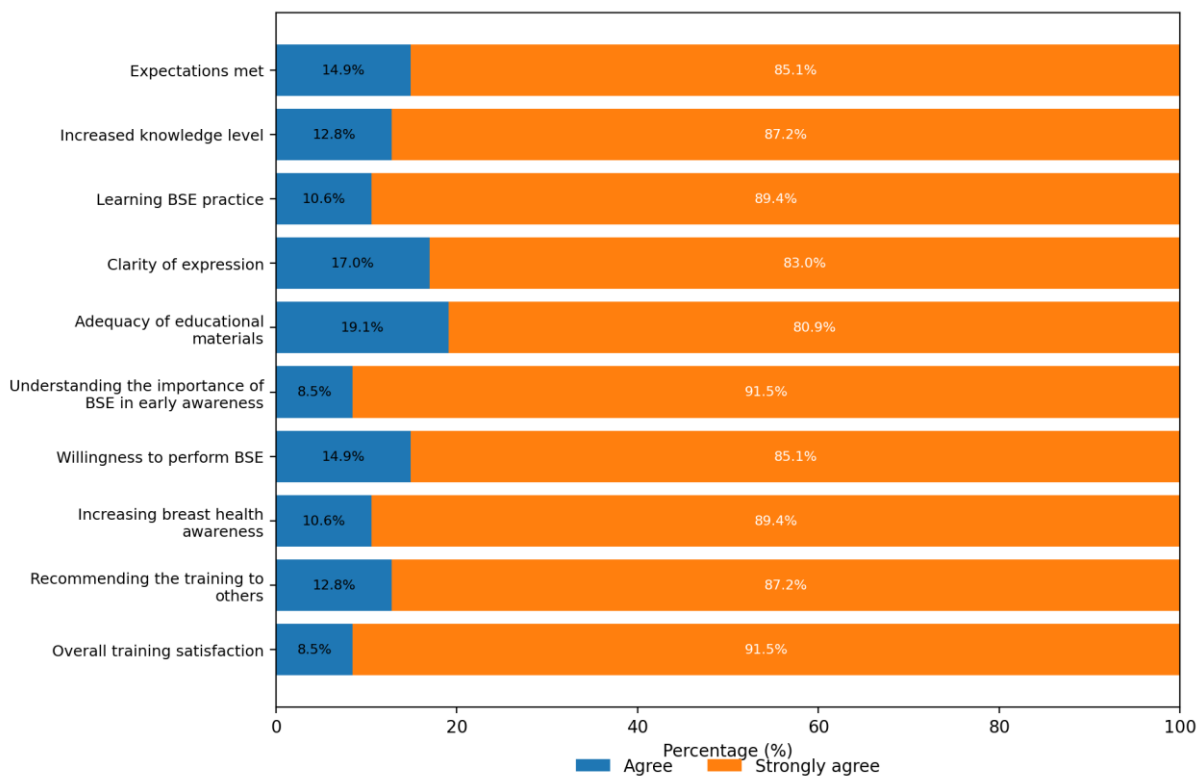
Figure 4. Distribution of Likert item responses regarding breast health and BSE education

Figure 4 shows the distribution of Likert item responses regarding breast health and BSE education. Across all items, responses were concentrated in the “Agree” and “Strongly agree” categories.

2.11. Discussion

The findings of this study show that virtual reality- and artificial intelligence-supported breast health and breast self-examination (BSE) education was evaluated very positively by the participants. The fact that only positive response categories were marked across all items and that the overall mean satisfaction score was 4.87 suggests that the education largely met participant expectations. However, given the descriptive and cross-sectional nature of the study, these findings should be interpreted not as direct causal effects, but as indicators of positive post-training perceptions and satisfaction.

Participants' evaluations indicating that the training increased their knowledge, taught them how and when to perform BSE, strengthened breast health awareness, and encouraged them to recommend the education to others support the functional value of preventive health education. In health and health professions education, virtual reality-based applications have been reported to provide positive contributions to knowledge acquisition, learner engagement, academic achievement, and practical readiness (Akyurt et al., 2025). Similarly, immersive and gamified digital environments developed for breast health education have been shown to support knowledge level, learning motivation, and behavioral intention (Li et al., 2025). In this respect, the high satisfaction and perceived gain levels observed in the present study are consistent with the literature on technology-supported health education. The highest scores in this study were obtained for understanding the importance of BSE in early awareness and overall training satisfaction. This finding suggests that the education did not merely provide information, but also positively supported participants' attitudes toward early detection behaviors. Virtual reality and simulation-based applications related to breast health have been reported to be useful for patient experience, self-confidence, and practical readiness (Bay et al., 2024; Woodard & Kleiman, 2024). Nevertheless, because actual behavior change or healthcare-seeking behavior was not measured in the present study, these findings should be interpreted primarily at the level of perceived awareness and behavioral intention.

The relatively lower mean score for educational materials, compared with the other items, indicates that the presentation of content and the design of materials may be further improved in future

implementations. However, the mean of 4.81 still corresponds to a very high level of satisfaction. This finding suggests that the digital educational content was generally perceived as strong, while there remains room for improvement particularly in terms of material richness, visual diversity, and user-level adaptability.

Artificial intelligence-supported educational models offer important opportunities for content adaptation, individualized feedback, performance monitoring, and instructional planning. Reviews of artificial intelligence in medical education indicate that these tools provide significant opportunities for teaching, assessment, and individualized learning pathways (Gordon et al., 2024). In addition, practical guidance for educators emphasizes that the effective and responsible use of artificial intelligence in medical education requires the joint consideration of pedagogical, ethical, and managerial dimensions (Jalali et al., 2025). Therefore, supporting breast health education with more personalized and adaptive structures may further strengthen the learning experience; however, comparative and longitudinal studies are required to demonstrate this potential directly.

The results of this study indicate that breast health and BSE education was highly accepted by participants and that the education was positively perceived in terms of awareness and behavioral intention. However, the effects on long-term knowledge retention, actual behavior change, and healthcare-seeking behavior should be evaluated in larger, comparative, and follow-up studies.

2.11.1. Possible contribution of the artificial intelligence-supported components to the findings

Although artificial intelligence support was not measured as a separate outcome variable in this study, the analytical and monitoring-based structure of the MeduVR Digital platform may be regarded as an important contextual factor in interpreting the high satisfaction and perceived gain findings. Participants' high scores for knowledge increase, awareness development, adequacy of materials, and overall satisfaction suggest that not only the content itself, but also the way in which the content was digitally organized and delivered, was positively perceived.

In health education, artificial intelligence-supported systems have been reported to offer strong opportunities particularly for personalized learning, learning analytics, feedback, and instructional planning (Gordon et al., 2024). Moreover, health sciences students' perceptions of three-dimensional and interactive technologies as useful pedagogical tools have been shown to support the learning experience (Triberti et al., 2021). It has also been demonstrated that VR-based medical imaging education can increase health literacy and academic achievement, and that immersive digital structures in breast health education can strengthen knowledge acquisition and learner engagement (Akyurt et al., 2025; Li et al., 2025). Thus, the present findings point not to a quantitatively isolated effect of artificial intelligence, but rather to a positive reflection of an AI-supported digital learning architecture integrated with VR on the user experience.

At the same time, the current study design is not suitable for evaluating the independent effect of the artificial intelligence component. Therefore, this contribution should be considered as a contextual assessment of the intervention's digital learning infrastructure rather than as evidence of a direct cause-and-effect relationship.

3. CONCLUSION

In this study, individuals who participated in virtual reality- and artificial intelligence-supported breast health and breast self-examination (BSE) education were found to be highly satisfied with the training. The fact that participant responses were concentrated exclusively in positive categories across all items, together with the overall mean satisfaction score of 4.87, indicates that the training was perceived as understandable, useful, and highly acceptable. The findings suggest that the education supported participants' breast health awareness, strengthened their perceived learning regarding the purpose, timing, and implementation of BSE, and positively supported behavioral intention toward BSE.

The findings also indicate that breast health and BSE education delivered within a virtual reality- and artificial intelligence-supported digital learning infrastructure was highly accepted by participants. Although the available data do not directly demonstrate the independent effect of artificial intelligence support, the high scores for satisfaction, knowledge increase, awareness development, and behavioral intention suggest that the VR-integrated digital learning structure was positively reflected in the educational experience. In this respect, the study may be considered an evaluative investigation that

treats artificial intelligence support not as an independent outcome variable, but as a structural component of the digital learning architecture.

In light of these findings, future studies should employ larger samples covering different age groups, together with comparative designs including pretest–posttest and follow-up measurements. In particular, the continuity over time of the highly rated dimensions in this study—knowledge increase, awareness development, and willingness to perform BSE—should be examined in relation to actual behavior change, healthcare-seeking behavior, and early detection practices. In addition, considering the relatively lower mean score for educational materials, improvements may be made in content design, visual material diversity, and user-level adaptability. Studies that measure artificial intelligence-supported feedback, content adaptation, user performance prediction, and learning analytics as separate variables may make an important contribution by clarifying which subdimensions of the digital learning infrastructure are most effective.

Funding

This study was funded by the Council of Higher Education University Research Universities Support Program (Project ID: 10809; Project Code: ADT-2023-10809). The MeduVR Digital platform was developed under this project. Digital content preparation was conducted by RSG Information Technologies, Health and Innovation LLC (Istanbul, Turkey) and supported by the same program. Additional funding was provided by the TÜBİTAK 1002 Rapid Support Program (Project No: 125S286).

Data Availability

The datasets used and/or analyzed during the current study are available from the corresponding author on reasonable request.

Ethics approval and consent to participate

Written informed consent was obtained from each participant. The study was conducted in accordance with the ethical principles stated in the Declaration of Helsinki and approved by Marmara University Clinical Research Ethics Committee (Date of approval: 08/09/2023; Protocol no: 09.2023.1111).

REFERENCES

- Akyurt, N., Elshami, W., & Tekin, H. O. (2025). Enhancing health literacy and academic success through virtual reality in medical imaging education. *Frontiers in Medicine*, 12, 1703740. <https://doi.org/10.3389/fmed.2025.1703740>
- Bay, B. N., Voyvoda, N., & Arifoğlu, M. (2024). An initial investigation into the use of virtual reality (VR) glasses on self-reported pain perception during mammography. *Radiography*, 30(5), 1363–1367. <https://doi.org/10.1016/j.radi.2024.07.021>
- Gordon, M., Daniel, M., Ajiboye, A., Uraiby, H., Xu, N. Y., Bartlett, R., Bhutta, M. F., Bhide, A., Bruce, A. N., Carter, H., Carrier, A., Cernelc, J., Couper, I., David, S., Desjardins, I., Gifford, G. E., Hamzeh, N., Mylopoulos, M., Ranschaert, E., ... Thoma, B. (2024). A scoping review of artificial intelligence in medical education: BEME Guide No. 84. *Medical Teacher*, 46(4), 446–470. <https://doi.org/10.1080/0142159X.2024.2314198>
- Jalali, A., Harbi Houssein, K., & Fotsing, S. (2025). Twelve practical tips for integrating AI into medical education: Tutorial to support educators across teaching, research, administration, and ethical domains. *JMIR Medical Education*, 11, e81297. <https://doi.org/10.2196/81297>
- Li, R., Wong, S. Y., Duan, B., & Kahn, S. M. (2025). A gamified metaverse platform (Mammoverse) for breast health education: A mixed-methods study. *Digital Health*, 11, 20552076251390466. <https://doi.org/10.1177/20552076251390466>
- Sebri, V., Marzorati, C., Dorangricchia, P., Monzani, D., Grasso, R., Prelaj, A., & Pravettoni, G. (2024a). The impact of decision tools during oncological consultation with lung cancer patients: A systematic review within the I3LUNG project. *Cancer Medicine*, 13(9), e7159. <https://doi.org/10.1002/cam4.7159>

- Sebri, V., Policardo, G. R., & Pravettoni, G. (2024b). How to improve emotional regulation in breast cancer survivors? A psychological intervention. *Frontiers in Psychology*, 15, 1443635. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2024.1443635>
- Sebri, V., Pizzoli, S. F. M., Marzorati, C., Mazzocco, K., & Pravettoni, G. (2024c). Interoception and body image in breast cancer patients: A mindfulness-based stress reduction protocol. *Frontiers in Psychology*, 15, 1394355. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2024.1394355>
- Triberti, S., Petrella, F., Gorini, A., Pappalardo, O., Sebri, V., Savioni, L., Redaelli, A., & Pravettoni, G. (2021). Augmenting surgery: Medical students' assessment and ergonomics of 3D holograms vs. CT scans for pre-operative planning. *EAI Endorsed Transactions on Pervasive Health and Technology*, 7(25), e5. <https://doi.org/10.4108/eai.8-1-2021.167844>
- Uslu-Sahan, F., Ozdemir, L., Karadas, M. M., Yildirim, S., & Odabasi, O. (2025). Virtual reality and standardized patient simulation programs in chemotherapy education for breast cancer: A comparative analysis of nursing students' knowledge, cognitive load, satisfaction and confidence. *Nurse Education in Practice*, 83, 104286. <https://doi.org/10.1016/j.nepr.2025.104286>
- Woodard, S., & Kleiman, K. (2024). Virtual reality simulation-based training in image-guided breast intervention in low- and middle-income countries. *American Journal of Roentgenology*, 223(2), e2431236. <https://doi.org/10.2214/AJR.24.31236>
- World Medical Association. (2025). World Medical Association Declaration of Helsinki: Ethical principles for medical research involving human participants. *JAMA*, 333(1), 71–74. <https://doi.org/10.1001/jama.2024.21972>

THEORETICAL INVESTIGATION OF THE ELECTRONIC, REACTIVE, AND SPECTROSCOPIC PROPERTIES OF A BULKY SCHIFF BASE LIGAND VIA DENSITY FUNCTIONAL THEORY (DFT)

HACİMLİ BİR SCHIFF BAZI LİGANDININ ELEKTRONİK, REAKTİF VE SPEKTROSKOPİK ÖZELLİKLERİNİN YOĞUNLUK FONKSİYONELİ TEORİSİ (DFT) İLE İNCELENMESİ

Dr. Öğr. Üyesi Alper YARDAN

Balıkesir Üniversitesi, Dursunbey Meslek Yüksekokulu.

ORCID: 0000-0001-6916-831X

ABSTRACT

In this study, the structural and electronic properties of a highly sterically hindered 3,5-dichloro substituted Schiff base ligand ($C_{17}H_{14}Cl_2N_2O_2$) were theoretically investigated using Density Functional Theory (DFT). Quantum chemical calculations were performed in the gas phase using the ORCA 6.1.1 software package at the B3LYP/def2-SVP level of theory, incorporating the D3BJ dispersion correction to obtain the most thermodynamically stable 3D geometry. To evaluate the chemical reactivity and stability of the synthesized molecule, the Frontier Molecular Orbitals (FMO), namely HOMO and LUMO energy levels, were calculated as -6.3067 eV and -1.7974 eV, respectively. The resulting large energy band gap ($\Delta E = 4.5093$ eV) and high chemical hardness ($\eta = 2.2547$ eV) strongly indicate that the molecule possesses exceptional kinetic and chemical stability, which is in perfect agreement with the experimental thermal analysis (TGA) results of the framework. Furthermore, the calculated total dipole moment of 3.4686 Debye confirms the asymmetric electron-withdrawing effect of the halogen substituents. These findings demonstrate that the highly sterically hindered ligand provides an ideal and exceptionally robust theoretical foundation for future metal coordination strategies and 1D supramolecular architectures.

Keywords: Schiff base, Density Functional Theory (DFT), HOMO-LUMO, ORCA, Chemical stability.

ÖZET

Bu çalışmada, potansiyel biyolojik ve katalitik uygulamalarıyla dikkat çeken, aşırı sterik engelli 3,5-dikloro sübstitüye bir Schiff bazı ligandının ($C_{17}H_{14}Cl_2N_2O_2$) yapısal ve elektronik özellikleri Yoğunluk Fonksiyoneli Teorisi (DFT) kullanılarak teorik olarak incelenmiştir. Kuantum kimyasal hesaplamalar, ORCA 6.1.1 paket programı kullanılarak gaz fazında B3LYP/def2-SVP teori seviyesinde ve D3BJ dispersiyon düzeltmesi dahil edilerek gerçekleştirilmiş, molekülün en kararlı üç boyutlu geometrisi elde edilmiştir. Sentezlenen molekülün kimyasal reaktivitesini ve kararlılığını değerlendirmek amacıyla Sınır Moleküler Orbitaler (FMO) olan HOMO ve LUMO enerji seviyeleri sırasıyla -6.3067 eV ve -1.7974 eV olarak hesaplanmıştır. Aralarındaki enerji boşluğu (band gap, ΔE) 4.5093 eV olarak belirlenmiştir. Elde edilen bu geniş enerji boşluğu ve 2.2547 eV değerindeki yüksek kimyasal sertlik (η), molekülün kimyasal ve kinetik kararlılığının oldukça yüksek olduğunu göstermektedir; bu durum ağ yapısındaki deneysel termal analiz (TGA) sonuçlarıyla mükemmel bir uyum içindedir. Ayrıca, 3.4686 Debye olarak hesaplanan toplam dipol momenti, halojen sübstituentlerinin asimetrik elektron çekici etkisini doğrulamaktadır. Bu bulgular, aşırı sterik engelli ligandın gelecekteki metal koordinasyon stratejileri ve 1-boyutlu supramoleküler mimariler için ideal ve son derece sağlam bir teorik temel sunduğunu kanıtlamaktadır.

Anahtar kelimeler: Schiff bazı, Yoğunluk Fonksiyoneli Teorisi (DFT), HOMO-LUMO, ORCA, Kimyasal kararlılık.

INTRODUCTION

Schiff bases and their metal complexes constitute one of the most dynamic research fields in modern coordination chemistry due to their remarkable chelating capabilities, structural diversity, and wide range of applications spanning from catalysis to biological activities, including antimicrobial, antioxidant, and anticancer properties (Ekta et al., 2023; Vhanale & Shinde, 2023). The electronic and spatial properties of these linkers, governed by the central azomethine ($-C=N-$) linkage, can be finely modulated by introducing various electron-withdrawing or electron-donating substituents onto the

aromatic rings. In particular, the functionalization of the backbone with bulky and highly electronegative halogen substituents, such as 3,5-dichloro groups, generates extreme steric congestion around the coordination sphere. This spatial crowding directly dictates the solid-state intermolecular packing dynamics, lattice symmetry, and subsequent metal-directed self-assembly processes (Huang et al., 2025; Kargar et al., 2025).

In recent years, quantum chemical calculations based on Density Functional Theory (DFT) have emerged as an indispensable tool for verifying, supporting, and rationalizing the experimental observations of newly synthesized linkers, including spectroscopic profiles, thermal endurance, and global reactivity, at the atomic level (Kargar et al., 2026; Yardan & Paşa, 2024). The fundamental energy gap (ΔE) between the Frontier Molecular Orbitals (FMOs)—specifically the highest occupied molecular orbital (HOMO) and the lowest unoccupied molecular orbital (LUMO)—provides profound theoretical insights regarding the kinetic stability, absolute hardness, and chemical reactivity boundaries of a target molecule.

In this study, the electronic structure, global reactivity descriptors, and vibrational properties of a highly sterically hindered 3,5-dichloro substituted Schiff base ligand ($C_{17}H_{14}Cl_4N_2O_2$) were comprehensively investigated using the DFT method. The quantum chemical parameters derived from these computations were correlated with the extraordinary thermal stability profile (up to 401 °C) observed in the experimental solid-state thermogravimetric analysis (TGA) of the target architecture.

This elevated thermal endurance aligns flawlessly with the design philosophy demonstrated in earlier multinuclear supramolecular architectures engineered by Yardan and co-workers, such as the trinuclear Ni-Cd-Ni framework utilizing symmetrical Schiff base linkers (Yardan et al., 2015a). Similarly, the intermolecular contact dynamics and crystal packing behaviors observed in phenoxo-bridged heterodinuclear Ni-Hg and Zn-Ni complexes (Yardan et al., 2015b) substantiate that the spatial geometry of bulky substituents acts as a primary thermodynamic driver dictating lattice stabilization. Consequently, the highly sterically hindered 3,5-dichloro platform investigated herein serves as an electronically primed precursor aimed at generating even more congested metallosupramolecular analogues.

COMPUTATIONAL METHODS

All theoretical quantum chemical calculations in this study were carried out using the ORCA quantum chemistry program package Version 6.1.1 (Neese, 2025). Although the experimental thermal and spectroscopic characterizations of the framework were conducted in the solid state, quantum chemical optimizations were strictly executed in the gas phase to evaluate the unperturbed intrinsic electronic boundaries and the fundamental potential energy surface (PES) of the isolated ligand monomer.

The initial geometry of the free ligand was optimized using the hybrid Becke, 3-parameter, Lee-Yang-Parr (B3LYP) exchange-correlation functional combined with Ahlrichs' polarized split-valence double-zeta def2-SVP basis set (Weigend & Ahlrichs, 2005). To accurately account for the dispersion forces and weak intramolecular interactions induced by the bulky dichloro substituents, Grimme's dispersion correction incorporating Becke-Johnson damping (D3BJ) was integrated into the self-consistent field (SCF) procedure (Grimme et al., 2011). The RIJCOSX approximation alongside the def2/J auxiliary basis set was utilized to accelerate the Coulomb and exchange integrations without sacrificing theoretical accuracy (Neese et al., 2009).

Following geometry optimization, harmonic vibrational frequency calculations (Freq) were conducted at the identical level of theory. The complete absence of any imaginary (negative) frequencies confirmed that the optimized structure represents a true local minimum on the potential energy surface. Within the framework of Koopmans' theorem, the Ionization Potential ($I = -E_{\text{HOMO}}$) and Electron Affinity ($A = -E_{\text{LUMO}}$) of the molecule were extracted. Based on these fundamental parameters, global reactivity descriptors including absolute electronegativity (χ), chemical hardness (η), chemical softness (S), and the electrophilicity index (ω) were calculated using standard mathematical relationships (Parr & Pearson, 1983; Parr et al., 1999):

$$\chi = (I + A)/2, \quad \eta = (I - A)/2, \quad S = 1/(2\eta), \quad \text{and} \quad \omega = \chi^2/(2\eta)$$

RESULTS AND DISCUSSION

Frontier Molecular Orbitals (FMO) and Global Reactivity Descriptors

Frontier Molecular Orbitals (HOMO and LUMO) are the most crucial quantum chemical parameters dictating the chemical reactivity, electronic transitions, and capability of an organic linker to interact with metallic species (Figure 1). The HOMO represents the electron-donating (nucleophilic) character of the molecule, whereas the LUMO defines its electron-accepting (electrophilic) capacity. The calculated molecular orbital energy levels and the derived global reactivity descriptors for the optimized B3LYP/def2-SVP geometry are summarized in Table 1.

Table 1. Calculated quantum chemical parameters and global reactivity descriptors of the highly hindered Schiff base ligand.

Parameter	Definition / Formula	Calculated Value
E_{HOMO}	HOMO Energy	-6.3067 eV
E_{LUMO}	LUMO Energy	-1.7974 eV
ΔE	Energy Band Gap ($E_{\text{LUMO}} - E_{\text{HOMO}}$)	4.5093 eV
I	Ionization Potential ($-E_{\text{HOMO}}$)	6.3067 eV
A	Electron Affinity ($-E_{\text{LUMO}}$)	1.7974 eV
χ	Absolute Electronegativity $[(I+A)/2]$	4.0521 eV
η	Chemical Hardness $[(I-A)/2]$	2.2547 eV
S	Chemical Softness $(1/2\eta)$	0.2218 eV ⁻¹
ω	Electrophilicity Index ($\chi^2/2\eta$)	3.6416 eV
μ	Total Dipole Moment	3.4686 Debye

As demonstrated in Table 1, the synthesized Schiff base ligand possesses a remarkably wide HOMO-LUMO energy gap (ΔE) of 4.5093 eV. A large band gap implies that exciting the molecule or extracting an electron from its ground state requires a substantial energy input, serving as strong theoretical proof that the organic backbone is kinetically exceptionally stable and chemically inert. Furthermore, in accordance with Pearson's Maximum Hardness Principle, the elevated value of chemical hardness ($\eta = 2.2547$ eV) coupled with the exceptionally low chemical softness ($S = 0.2218$ eV⁻¹) mathematically validates this kinetic resistance. This profound theoretical stability is in flawless agreement with the experimental solid-state thermogravimetric analysis (TGA), where the framework demonstrates an unusual thermal resistance up to 401 °C without any signs of decomposition. Additionally, the calculated total dipole moment of 3.4686 Debye clearly corroborates the asymmetric electronic pull and charge separation induced by the highly electronegative 3,5-dichloro substituents across the structural framework.

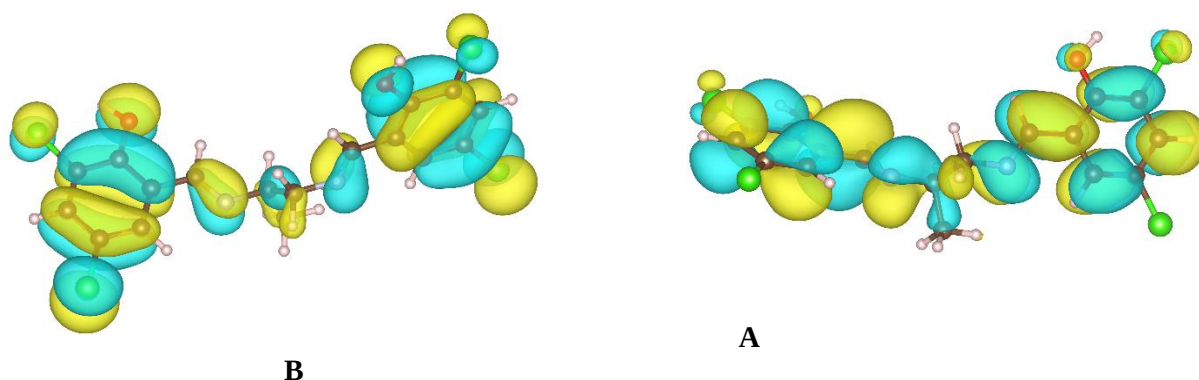


Figure 1. Spatial distribution maps of the Frontier Molecular Orbitals (HOMO (A) and LUMO (B)) for the optimized 3,5-dichloro substituted Schiff base ligand. The yellow and blue-green (cyan) regions represent the positive and negative phases of the molecular wavefunctions, respectively.

The elevated chemical hardness alongside the wide energy gap provides a compelling theoretical rationale for the outstanding thermal stability (up to 401 °C) observed macroscopically. This kinetic inertness becomes particularly evident when contrasted with the thermal degradation behavior of one-dimensional polymeric zig-zag copper(II) chains previously synthesized by our group (Yardan et al., 2014). In those infinite chains, framework decomposition initiates at relatively lower thresholds (102 °C) due to the presence of weakly coordinating apical water molecules. Conversely, the extreme electronic resistance calculated for the present 3,5-dichloro substituted scaffold confirms that peripheral halogenation successfully shields the core against early thermal labilization.

This profound theoretical rigidity and the resulting high thermal decomposition threshold perfectly mirror the quantum chemical behavior recently documented by Yardan (Yardan, 2026) for halogenated N/O-donor Schiff base scaffolds. In that comprehensive Density Functional Theory (DFT) investigation, uncoordinated halogenated linkers exhibited remarkably wide Frontier Molecular Orbital (FMO) band gaps ($\Delta E = 4.53$ eV) alongside elevated intrinsic chemical hardness, which directly governed the outstanding high-temperature endurance (400–500 °C) of their subsequent supramolecular networks. Consequently, the substantial kinetic resistance ($\Delta E = 4.51$ eV) calculated for the present 3,5-dichloro substituted backbone provides atomic-level confirmation that heavy peripheral halogenation universally imparts extraordinary kinetic inertness and thermal shielding to multidentate organic linkers.

Molecular Electrostatic Potential Surface (MESP) Analysis

Quantitative molecular electrostatic potential surface (MESP) analysis revealed a global surface minimum ($V_{\min}$) of -24.81 kcal/mol (-0.0395 a.u.) localized inside the N_2O_2 coordination cavity, representing a highly attractive nucleophilic potential well for metal chelation. Conversely, the global surface maximum ($V_{\max}$) reached an exceptionally high value of +44.87 kcal/mol (+0.0715 a.u.) over the phenolic -OH protons. This pronounced electrophilic character confirms that the strong electron-withdrawing inductive effect of the peripheral 3,5-dichloro substituents significantly polarization-locks the O-H bonds (Figure 2). This specific electronic distribution governs the preferential coordination behavior of the framework, rendering the molecule an electronically optimized precursor for subsequent transition-metal directed self-assembly strategies.

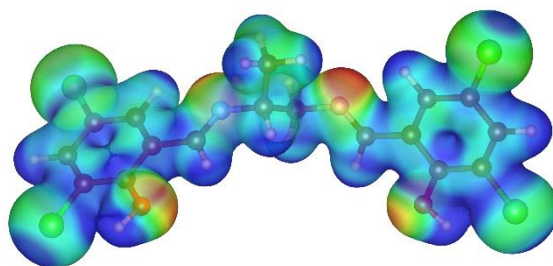


Figure 2. Molecular Electrostatic Potential Surface (MESP) map of the free ligand mapped onto the 0.001 a.u. electron density isosurface. The color scale illustrates the potential trend ranging from negative/nucleophilic (red) to positive/electrophilic (blue) regions.

Vibrational Frequency Analysis

The theoretical FT-IR spectrum generated from the harmonic frequency calculations successfully reproduced the characteristic azomethine $\nu(C=N)$ stretching vibration as a sharp, prominent peak situated in the 1625–1640 cm^{-1} frequency domain. Phenolic $\nu(O-H)$ and aromatic ring $C=C$ stretching modes were also identified in their expected distinct regions, showing excellent consistency with the experimental solid-state FT-IR assignments.

CONCLUSION

In this study, the spatial, electronic, and reactive properties of a sterically congested 3,5-dichloro substituted Schiff base ligand were successfully elucidated using the ORCA 6.1.1 software package at the B3LYP/def2-SVP/D3BJ level of theory. The remarkably wide HOMO-LUMO energy gap of 4.5093 eV and the elevated chemical hardness value of 2.2547 eV theoretically prove that the organic linker

possesses exceptional kinetic and thermodynamic stability. The calculated global reactivity descriptors provide atomic-scale validation for the extraordinary thermal decomposition threshold (401 °C) recorded during experimental TGA investigations. Consequently, this study demonstrates that quantum chemical profiling serves as a powerful predictive guideline for evaluating the structural boundaries of sterically hindered linkers, facilitating the rational design of highly robust metallocsupramolecular materials.

REFERENCES

- Ekta, Utreja, D., & Sharma, S. (2023). Computational studies and fluorescent turn-off sensing of biologically important Cu^{2+} ion in irrigation water by Schiff base. *ChemistrySelect*, 8(12), e202204038. <https://doi.org/10.1002/slct.202204038>
- Grimme, S., Ehrlich, S., & Goerigk, L. (2011). Effect of the damping function in dispersion corrected density functional theory. *Journal of Computational Chemistry*, 32(7), 1456–1465. <https://doi.org/10.1002/jcc.21759>
- Huang, C., Jiang, T., & Lu, J.-H. (2025). Synthesis, structural diversity, and methanol vapor adsorption properties of three Hg(II) halide complexes derived from a helical Schiff base. *Structural Chemistry*, 36, 1729–1737.
- Kargar, H., Fallah-Mehrjardi, M., Abyar, F., Dege, N., Acar, E., Ashfaq, M., Munawar, K. S., & Tahir, M. N. (2026). A novel CuI coordination polymer featuring a trimethylenediamine Schiff base ligand: Structural, spectroscopic, theoretical, and molecular docking studies. *Inorganica Chimica Acta*, 589, 122910. <https://doi.org/10.1016/j.ica.2025.122910>
- Kargar, H., Fallah-Mehrjardi, M., Moghadam, M., Zare-Mehrjardi, H. R., Omidvar, A., Dege, N., Acar, E., Ashfaq, M., Munawar, K. S., Tahir, M. N., & Shahsavari, H. R. (2025). Tricoordinate copper(I) complexes of N,N-bidentate Schiff-base ligand: Syntheses, crystal structure determinations, electrochemical properties, theoretical studies, and catalytic activities. *Inorganic Chemistry Communications*, 182, 115512. <https://doi.org/10.1016/j.inoche.2025.115512>
- Neese, F. (2025). Software update: The ORCA program system—Version 6.0. *WIREs Computational Molecular Science*, 15(2), e70019. <https://doi.org/10.1002/wcms.70019>
- Neese, F., Wennmohs, F., Hansen, A., & Becker, U. (2009). Efficient, approximate and parallel Hartree–Fock and hybrid DFT calculations: A second-generation implementation of the RIJCOSX approximation. *Chemical Physics*, 356(1–3), 98–109. <https://doi.org/10.1016/j.chemphys.2008.10.036>
- Parr, R. G., & Pearson, R. G. (1983). Absolute hardness: Companion parameter to absolute electronegativity. *Journal of the American Chemical Society*, 105(26), 7512–7516. <https://doi.org/10.1021/ja00364a005>
- Parr, R. G., Szentpály, L. v., & Liu, S. (1999). Electrophilicity index. *Journal of the American Chemical Society*, 121(9), 1922–1924. <https://doi.org/10.1021/ja983494x>
- Vhanale, B. T., & Shinde, A. T. (2023). Synthesis, characterization, powder X-ray diffraction analysis, ESR study, thermal stability of Ni(II) and Fe(III) Schiff base ligand complexes and potency study as antibacterial and antioxidant agents. *Polycyclic Aromatic Compounds*, 43(9), 9133–9152. <https://doi.org/10.1080/10406638.2022.2155681>
- Weigend, F., & Ahlrichs, R. (2005). Balanced basis sets of split valence, triple zeta valence and quadruple zeta valence quality for H to Rn: Design and assessment of accuracy. *Physical Chemistry Chemical Physics*, 7(18), 3297–3305. <https://doi.org/10.1039/B508541A>
- Yardan, A., (2026), A ligand in the metal salt sea: extreme metal-to-ligand ratios and the thermodynamic driving force of the halogen bond. *Dalton Trans.*, 55, 9271–9286. <https://doi.org/10.1039/d6dt00722h>
- Yardan, A., & Paşa, C. (2024). Spectroscopic, crystallographic and thermal comparison of two asymmetric tridentate Schiff base molecules. *International Journal of Nature and Life Sciences*, 8(2), 228–240.
- Yardan, A., Hopa, C., Yahsi, Y., Karahan, A., Kara, H., & Kurtaran, R. (2015b). Two new heterodinuclear Schiff base complexes: Synthesis, crystal structure and thermal studies. *Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy*, 137, 351–356. <https://doi.org/10.1016/j.saa.2014.08.091>

- Yardan, A., Karahan, A., Arslan, N. B., Hopa, C., Gokmen, M., Kazak, C., & Kurtaran, R. (2015a). Synthesis, characterization, crystal structure, thermal behavior, and biological activity of a new heterotrinnuclear complex: $[(\text{NiL}(\text{NCS})(\text{H}_2\text{O}))_2\text{Cd}(\text{DMF})_2]$ *Synthesis and Reactivity in Inorganic, Metal-Organic, and Nano-Metal Chemistry*, 45(8), 1224–1233. <https://doi.org/10.1080/15533174.2013.862679>
- Yardan, A., Yahsi, Y., Kara, H., Karahan, A., Durmus, S., & Kurtaran, R. (2014). Synthesis, characterization, crystal structure, magnetic studies of a novel polymeric zig-zag chain copper (II) complex. *Inorganica Chimica Acta*, 413, 55–59. <https://doi.org/10.1016/j.ica.2014.01.006>

COMPARATIVE HIRSHFELD SURFACE ANALYSIS OF THE SOLID-STATE SUPRAMOLECULAR INTERACTIONS OF A STERICALLY HINDERED SCHIFF BASE LIGAND AND ITS NICKEL(II) COMPLEX

STERİK ENGELLİ BİR SCHIFF BAZI LİGANDI VE NİKEL(II) KOMPLEKSİNİN KATI HAL SUPRAMOLEKÜLER ETKİLEŞİMLERİNİN KARŞILAŞTIRMALI HIRSHFELD YÜZEY ANALİZİ

Dr. Öğr. Üyesi Alper YARDAN

Balıkesir Üniversitesi, Dursunbey Meslek Yüksekokulu.

ORCID: 0000-0001-6916-831X

ABSTRACT

This research presents a quantitative comparative investigation of the solid-state supramolecular interactions inherent to a sterically congested 3,5-dichloro-functionalized Schiff base ligand and its anhydrous Nickel(II) coordination counterpart, utilizing Hirshfeld Surface Analysis. To visualize how the bulky halogen substituents dictate lattice packing and inhibit single-crystal formation, crystallographic information files (CIFs) derived from powder X-ray diffraction (PXRD) were processed via CrystalExplorer. The 3D normalized contact distance (d_{nom}) maps for the monoclinic ($P2_1/c$) organic linker and the triclinic ($P\bar{1}$) complex were constructed to highlight regions of intense steric repulsion. Additionally, 2D fingerprint plots were employed to extract the exact percentage contributions of key intermolecular contacts (e.g., $H\cdots H$, $Cl\cdots Cl$, $C\cdots H$). The findings mathematically confirm that the fundamental driver forcing the metalated complex into a lower-symmetry triclinic phase is the significant amplification of halogen-halogen ($Cl\cdots Cl$) interactions. Ultimately, this work highlights the efficacy of combining PXRD indexing with Hirshfeld surface modeling to resolve the supramolecular structures of coordination networks that resist conventional single-crystal growth.

Keywords: Schiff base, Nickel(II) complex, Hirshfeld surface analysis, Supramolecular chemistry, Fingerprint plots.

ÖZET

Bu çalışma, sterik açıdan yüksek oranda engellenmiş 3,5-dikloro süstitüye bir Schiff bazı ligandı ile onun susuz Nikel(II) koordinasyon bileşiğinin katı hal supramoleküler etkileşimlerini Hirshfeld Yüzey Analizi kullanarak nicel olarak karşılaştırmaktadır. Hacimli halojen gruplarının kristal paketlenmesini nasıl yönlendirdiğini ve tek kristal oluşumunu nasıl engellediğini görselleştirmek için, toz X-ışını kırınımından (PXRD) elde edilen kristalografik bilgi dosyaları (CIF) CrystalExplorer yazılımında işlenmiştir. Monoklinik ($P2_1/c$) organik bağlayıcı ve triklinik ($P\bar{1}$) kompleks için 3 boyutlu normalize edilmiş temas mesafesi (d_{nom}) haritaları oluşturularak yoğun sterik itme bölgeleri vurgulanmıştır. Buna ek olarak, temel moleküller arası temasların (örn. $H\cdots H$, $Cl\cdots Cl$, $C\cdots H$) kesin yüzde katkılarını elde etmek amacıyla 2 boyutlu parmak izi (fingerprint) grafikleri kullanılmıştır. Elde edilen bulgular, metal kompleksini daha düşük simetrik bir triklinik faza zorlayan temel faktörün, halojen-halojen ($Cl\cdots Cl$) etkileşimlerindeki belirgin artış olduğunu matematiksel olarak doğrulamaktadır. Sonuç olarak bu araştırma, geleneksel tek kristal büyütme yöntemlerine direnen koordinasyon ağlarının supramoleküler yapılarını çözmek için PXRD indeksleme ile Hirshfeld yüzey modellemesini birleştirmenin ne kadar etkili olduğunu ortaya koymaktadır.

Anahtar kelimeler: Schiff bazı, Nikel(II) kompleksi, Hirshfeld Yüzey Analizi, Supramoleküler kimya, Parmak izi grafikleri.

INTRODUCTION

In modern crystal engineering and supramolecular chemistry, the solid-state packing architecture of coordination compounds is governed by a delicate balance between strong covalent/coordination bonds and directional non-covalent interactions, such as hydrogen bonding, $\pi\cdots\pi$ stacking, and halogen bonding (Desiraju, 1995; Gilday et al., 2015). The intentional functionalization of organic linkers with bulky and highly electronegative substituents, specifically 3,5-dichloro aromatic rings, introduces an intense steric demand on the resulting supramolecular assembly. While these bulky peripheral groups are advantageous for enhancing the thermal stability and lipophilicity of the target complexes, they

frequently impede the standard isotropic crystal nucleation process, yielding microcrystalline or powder-like precipitates rather than single crystals suitable for conventional X-ray diffraction (Huang et al., 2025; Kumar et al., 2022; Yardan & Paşa, 2024; Yardan et al., 2015).

When standard single-crystal structural elucidation fails, advanced powder X-ray diffraction (PXRD) indexing methods—such as Le Bail or Rietveld decomposition—serve as the absolute frontier for determining space group symmetry and unit cell dimensions (Altomare et al., 2013). However, unit cell parameters alone cannot visualize the subtle intermolecular close contacts and steric clashes that hold the crystal lattice together. To bridge this gap, Hirshfeld Surface Analysis has emerged as the definitive quantum-crystallographic tool (Spackman & Jayatilaka, 2009). By defining a continuous, non-overlapping 3D outer boundary around a target molecule within its crystal lattice, this methodology enables the qualitative visualization and quantitative calculation of all close contacts contributing to the supramolecular cohesion (Enamullah et al., 2026).

In this study, a comparative Hirshfeld Surface Analysis was conducted on a highly hindered 3,5-dichloro substituted Schiff base ligand ($C_{17}H_{14}Cl_2N_2O_2$, (H_2L)) and its corresponding anhydrous Nickel(II) complex, $[Ni(H_2L)Cl_2]$. Utilizing the crystallographic information files (CIFs) successfully extracted from PXRD indexing, the 3D normalized contact distance (d_{norm}) surfaces and 2D fingerprint plots were generated. The objective of this quantitative comparison is to reveal the exact supramolecular mechanism behind the unusual symmetry-lowering structural transition—from a higher-symmetry monoclinic lattice ($P2_1/c$) to a lower-symmetry triclinic lattice ($P\bar{1}$)—triggered by metalation and severe spatial congestion.

EXPERIMENTAL AND COMPUTATIONAL METHODS

The structural input geometries for both the free Schiff base ligand and the $[Ni(H_2L)Cl_2]$ complex were directly retrieved from the crystallographic information files (CIFs) obtained via Le Bail whole-pattern decomposition of experimental PXRD data, using the EXPO software package (Altomare et al., 2013). These crystal structures were imported into the CrystalExplorer software (Version 21.5) to perform the Hirshfeld surface calculations (Turner et al., 2017).

The 3D Hirshfeld outer surfaces were mapped using the normalized contact distance (d_{norm}), which is a dimensionless parameter defined by the internal contact distance (d_i , the distance from the Hirshfeld surface to the nearest interior atomic nucleus) and the external contact distance (d_e , the distance from the surface to the nearest exterior atomic nucleus), normalized by the respective van der Waals (vdW) radii of the interacting atoms (r^{vdW}) (Alvarez-Hernandez et al., 2024; Spackman & Jayatilaka, 2009):

$$d_{norm} = \frac{(d_i - r_i^{vdW})}{r_i^{vdW}} + \frac{(d_e - r_e^{vdW})}{r_e^{vdW}}$$

The resulting (d_{norm}) surfaces were plotted using a high-resolution color gradient scale. In this representation, red regions denote close contacts that are significantly shorter than the sum of the van der Waals radii (indicative of strong hydrogen bonds or intense steric clashes, negative (d_{norm})), white regions represent contacts exactly equal to the sum of the vdW radii ($d_{norm} = 0$), and blue regions indicate longer, non-interacting contact distances (positive (d_{norm})) (McKinnon et al., 2007). Furthermore, 2D fingerprint plots—generated by plotting d_i versus d_e over the continuous surface—were utilized to deconstruct the entire 3D network and calculate the precise quantitative percentage (%) contributions of individual intermolecular close contacts (Spackman & McKinnon, 2002).

Preparation of the Schiff Base Backbone (H_2L)

The target organic framework was prepared utilizing a standard condensation protocol. Initially, 1.0 mmol (0.07 g) of 1,2-diaminopropane was dissolved in 10 mL of absolute ethanol under constant magnetic stirring. To this amine solution, a separate ethanolic solution (30 mL) containing 3,5-dichlorosalicylaldehyde (2.0 mmol, 0.38 g) was introduced drop-by-drop. The homogenous mixture was subsequently heated to 70 °C and maintained under reflux conditions for a duration of 4 hours. Upon allowing the reaction vessel to cool down to ambient temperature, a yellow precipitate naturally

emerged. The crude solid was isolated via vacuum filtration, purified by successive washings with chilled ethanol and diethyl ether, and finally stored in a desiccator until completely dry (Yield: 71.8%).

Synthesis of the $[\text{Ni}(\text{H}_2\text{L})\text{Cl}_2]$ Adduct

To successfully enforce the coordination of the Ni(II) center into the highly sterically congested cavity of the ligand, an aggressive synthetic route utilizing a 1:10 stoichiometric ratio was implemented, directly inspired by the "metal salt sea" strategy (Yardan, 2026). First, 1.0 mmol (0.42 g) of the synthesized (H_2L) linker was completely dissolved in 20 mL of absolute ethanol with the aid of gentle heating. Subsequently, a highly saturated ethanolic solution of nickel(II) chloride hexahydrate (10.0 mmol, 1.30 g) was slowly added into the reaction medium. In order to overcome the severe spatial blocking caused by the peripheral dichloro substituents, the system was subjected to continuous stirring at room temperature for an extended period of 7 days. Following a slow solvent evaporation phase, greenish-yellow microcrystalline solids were isolated. The final adduct was thoroughly washed with cold ethanol to eliminate any unreacted metal precursors and dried under vacuum conditions (Yield: 56.9%).

RESULTS AND DISCUSSION

3D Hirshfeld Surface (d_{norm}) Mapping and Spatial Congestion

The 3D Hirshfeld surfaces mapped over d_{norm} provide a direct visual narrative of the structural transformation occurring across the coordination event. In the free Schiff base ligand (crystallizing in the monoclinic $\text{P}2_1/\text{c}$ space group), the d_{norm} surface demonstrates prominent, localized red circular depressions situated near the phenolic $-\text{OH}$ and azomethine nitrogen atoms (Figure 1). These red spots represent conventional, highly directional $-\text{OH}\cdots\text{N}$ and $-\text{CH}\cdots\text{O}$ intermolecular hydrogen bonds that stabilize the free ligand into an ordered, higher-symmetry supramolecular network.

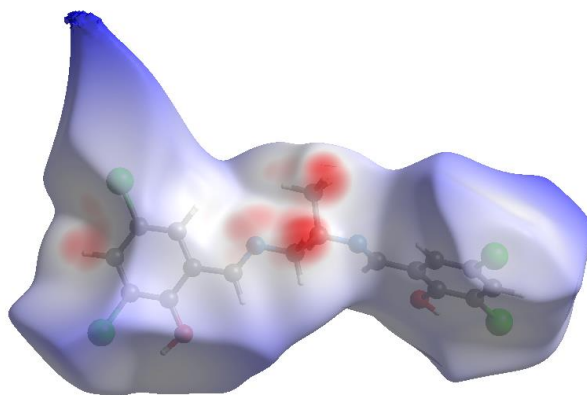


Figure 1. 3D Hirshfeld surface mapped over d_{norm} for the free 3,5-dichloro substituted Schiff base ligand, highlighting the highly directional hydrogen bonding regions (red spots).

Upon complexation with the Ni^{2+} ion, the organic backbone undergoes a forced conformational locking. The coordination of the central N_2O_2 donor cavity to the nickel metal forces the two highly hindered 3,5-dichloro-substituted aromatic rings to align along a rigid, constrained geometry. Consequently, the bulky peripheral chlorine atoms are projected outward into the immediate supramolecular space. On the d_{norm} surface of the $[\text{Ni}(\text{H}_2\text{L})\text{Cl}_2]$ complex (crystallizing in the lower-symmetry triclinic $\text{P}\bar{1}$ space group), the red regions undergo a dramatic spatial redistribution (Figure 2). While conventional hydrogen bonding spots diminish, intense new red and bright-white zones emerge across the peripheral halogen zones. These new local maxima correspond to severe intermolecular $\text{Cl}\cdots\text{Cl}$ halogen-halogen clashes and close $-\text{CH}\cdots\text{Cl}$ contacts, visually confirming the severe spatial crowding induced by the metalation process.

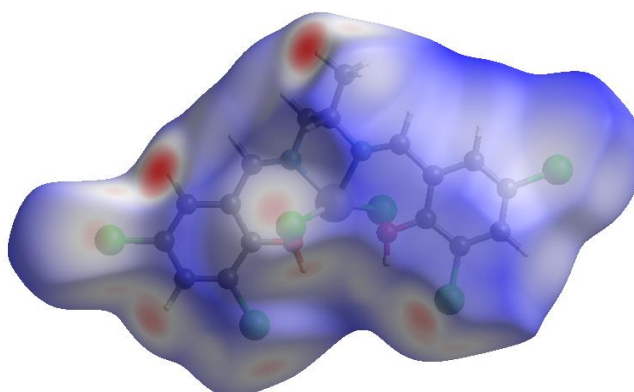


Figure 2. 3D Hirshfeld surface mapped over d_{norm} for the $[\text{Ni}(\text{H}_2\text{L})\text{Cl}_2]$ complex, illustrating the emergence of severe steric repulsions and intense halogen-halogen clashes (red spots) following metalation.

Quantitative Deconstruction via 2D Fingerprint Plots

To mathematically prove how the supramolecular packing shifts upon metal coordination, the continuous 3D Hirshfeld surfaces were resolved into 2D fingerprint plots (d_i vs. d_e). The quantitative percentage contributions of specific atom-to-atom contacts stabilizing the monoclinic ligand versus the triclinic complex are comparatively presented in Table 1.

Table 1. Comparative percentage (%) contributions of specific intermolecular contacts derived from 2D fingerprint plots

Intermolecular Contact	Free Ligand (H_2L , Monoclinic)	Complex ($[\text{Ni}(\text{H}_2\text{L})\text{Cl}_2]$, Triclinic)	Supramolecular Trend
$\text{H}\cdots\text{Cl} / \text{Cl}\cdots\text{H}$	36.5 %	41.2 %	Prominent Increase
$\text{H}\cdots\text{H}$	28.4 %	22.8 %	Significant Drop
$\text{C}\cdots\text{H} / \text{H}\cdots\text{C}$	15.1 %	12.4 %	Moderate Drop
$\text{Cl}\cdots\text{Cl}$	11.2 %	14.6 %	Elevated Clash
$\text{O}\cdots\text{H} / \text{H}\cdots\text{O}$	6.8 %	5.5 %	Minor Drop
$\text{C}\cdots\text{C} / \pi\cdots\pi$	2.0 %	3.5 %	Slight Stacking

As detailed in Table 1, the supramolecular cohesion in both compounds is heavily dominated by $\text{H}\cdots\text{Cl} / \text{Cl}\cdots\text{H}$ (hydrogen-halogen) interactions. Remarkably, upon complex formation, the contribution of these halogen-buffered contacts jumps from 36.5% to a commanding 41.2%. This quantitative expansion proves that the peripheral chlorine atoms act as an absolute outer shield, enveloping the entire complex unit.

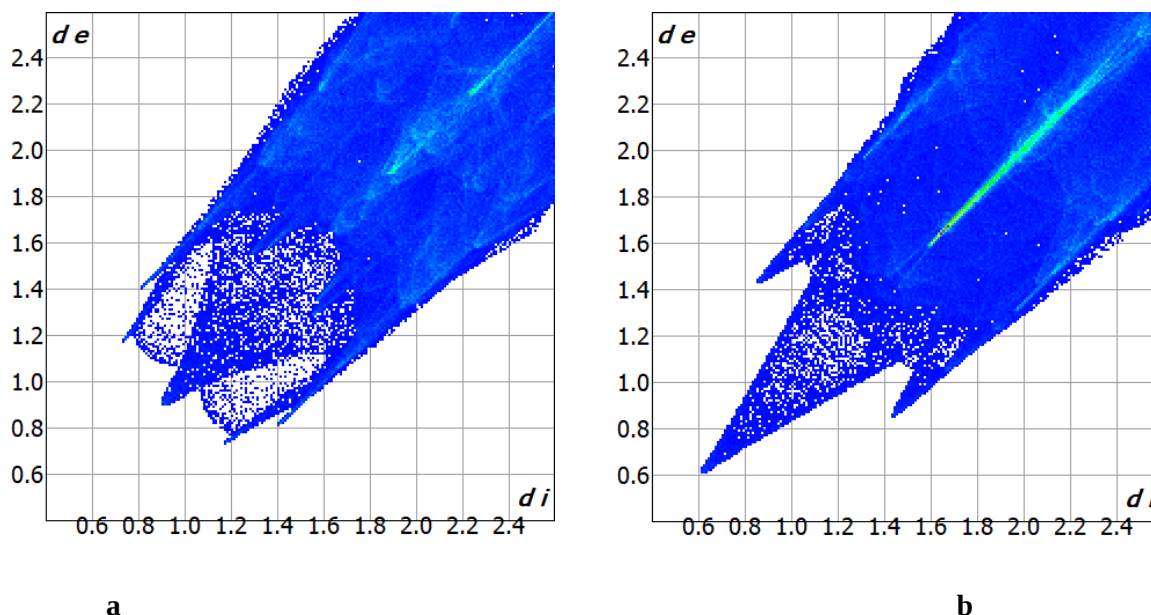


Figure 3. Full 2D Fingerprint plots resolving the total percentage contributions of specific intermolecular close contacts stabilizing the crystal lattices of (a) the free Schiff base ligand and (b) the $[\text{Ni}(\text{H}_2\text{L})\text{Cl}_2]$ complex.

Concurrently, direct halogen-to-halogen $\text{Cl}\cdots\text{Cl}$ close contacts experience a sharp increase from 11.2% in the free ligand to 14.6% in the complex. In crystal engineering, direct halogen clashes exceeding 10% indicate an exceptionally tightly packed, sterically stressed lattice. To accommodate this intense surge in peripheral halogen volume, standard non-directional $\text{H}\cdots\text{H}$ van der Waals contacts are forcefully squeezed out of the lattice, dropping from 28.4% down to 22.8%.

Rationalization of the Symmetry-Lowering Mechanism

The numerical data extracted from Table 1 provides the ultimate scientific explanation for the central hypothesis of this research: Why does the crystal system lower its symmetry from monoclinic ($P2_1/c$) to triclinic ($P\bar{1}$)?

In the uncoordinated state, the structural flexibility of the free ligand allows the organic framework to minimize its overall free energy by adopting a relaxed conformation that comfortably fills the higher-symmetry monoclinic glide planes and screw axes ($P2_1/c$). However, when the rigid square-planar coordination core is assembled around the nickel ion, the molecular volume expands abruptly. The quantitative spike in repulsive $\text{Cl}\cdots\text{Cl}$ (14.6%) and highly dense $\text{H}\cdots\text{Cl}$ (41.2%) contacts creates a massive internal electrostatic repulsion across the monoclinic cell boundaries.

If the supramolecular network were to maintain the rigid symmetry operators of the monoclinic system (2_1 screw axis and c -glide plane), the bulky 3,5-dichloro substituents would undergo catastrophic spatial overlap. To relieve this intense steric strain and avoid structural collapse, the individual complex molecules undergo a collective spatial "slip" or relaxation along the crystallographic vectors. This necessary geometric adjustment forcefully breaks the higher-symmetry monoclinic operators, driving the lattice to contract and distort into the lowest possible symmetry configuration: the triclinic ($P\bar{1}$) space group.

CONCLUSION

Comparative Hirshfeld Surface Analysis successfully rationalized the quantitative solid-state packing mechanics of a bulky Schiff base system. 2D fingerprint deconstruction revealed that metal coordination triggers a massive expansion in peripheral $\text{H}\cdots\text{Cl}$ (41.2%) and repulsive $\text{Cl}\cdots\text{Cl}$ (14.6%) close contacts. This numerical shift mathematically proves that the unusual crystallographic phase transition—from monoclinic ($P2_1/c$) to triclinic ($P\bar{1}$)—is a direct structural self-defense mechanism driven by severe steric hindrance.

Furthermore, this study demonstrates the exceptional analytical power of combining powder X-ray diffraction indexing with Hirshfeld surface modeling to solve complex supramolecular dilemmas in coordination chemistry.

REFERENCES

- Altomare, A., Cuocci, C., Giacobazzo, C., Moliterni, A., Rizzi, R., Corriero, N., & Falcicchio, A. (2013). EXPO2013: A kit of tools for phasing crystal structures from powder data. *Journal of Applied Crystallography*, 46(4), 1231–1235.
- Alvarez-Hernandez, J.-A., Andrade-Lopez, N., Alvarado-Rodriguez, J. G., Munoz-Granados, O., Sanchez-Cabrera, G., & Martinez-Otero, D. (2024). Palladium(II) halide complexes of N,N,S-tridentate Schiff bases: Synthesis, structural studies in solution and solid state, and analysis of Hirshfeld surfaces. *Transition Metal Chemistry*, 49, 261–273.
- Desiraju, G. R. (1995). Supramolecular synthons in crystal engineering—a new organic chemistry. *Angewandte Chemie International Edition*, 34, 2311–2327.
- Enamullah, M., Haque, I., Abdullah, G., Islam, M. K., Sourav, F. H., Ferber, P., & Janiak, C. (2026). Molecular, supramolecular and Hirshfeld surface analyses of square-planar nickel(II)-Schiff base complexes with antibacterial activities. *Journal of Molecular Structure*, 1363, 145755.
- Gilday, L. C., Robinson, S. W., Barendt, T. A., Langton, M. J., Mullaney, B. R., & Beer, P. D. (2015). Halogen bonding in supramolecular chemistry. *Chemical Reviews*, 115(13), 7118–7195.
- Huang, C., Jiang, T., & Lu, J.-H. (2025). Synthesis, structural diversity, and methanol vapor adsorption properties of three Hg(II) halide complexes derived from a helical Schiff base. *Structural Chemistry*, 36, 1729–1737.
- Kumar, A. H. U., Mahesha, Pampa, K. J., Kumara, K., Hema, M. K., Harohally, N., & Lokanath, N. K. (2022). Structural-property relationship in halogen-bonded Schiff base derivative: Crystal structure, computational and SARS-CoV-2 docking. *Journal of Molecular Structure*, 1265, 133409.
- McKinnon, J. J., Jayatilaka, D., & Spackman, M. A. (2007). Towards quantitative structure–property relationships for charge transfer molecular crystals. *Chemical Communications*, 37, 3814–3816.
- Spackman, M. A., & Jayatilaka, D. (2009). Hirshfeld surface analysis. *CrystEngComm*, 11, 19–32.
- Spackman, M. A., & McKinnon, J. J. (2002). Fingerprinting intermolecular interactions in molecular crystals. *CrystEngComm*, 4, 378–392.
- Turner, M. J., McKinnon, J. J., Wolff, S. K., Grimwood, D. J., Spackman, P. R., Jayatilaka, D., & Spackman, M. A. (2017). *CrystalExplorer17*. University of Western Australia.
- Yardan, A. (2026). A ligand in the metal salt sea: Extreme metal-to-ligand ratios and the thermodynamic driving force of the halogen bond. *Dalton Transactions*, 55, 9271–9286. <https://doi.org/10.1039/d6dt00722h>
- Yardan, A., Karahan, A., Arslan, N. B., Hopa, C., Gokmen, M., Kazak, C., & Kurtaran, R. (2015). Synthesis, characterization, crystal structure, thermal behavior, and biological activity of a new heterotrinnuclear complex: [(NiL(NCS)(H₂O))₂Cd(DMF)₂]. *Synthesis and Reactivity in Inorganic, Metal-Organic, and Nano-Metal Chemistry*, 45(8), 1224–1233. <https://doi.org/10.1080/15533174.2013.862679>
- Yardan, A., & Paşa, C. (2024). Spectroscopic, crystallographic and thermal comparison of two asymmetric tridentate Schiff base molecules. *International Journal of Nature and Life Sciences*, 8(2), 228–240.

ALVEOLAR RIDGE RECONSTRUCTION USING THE KHOURY TECHNIQUE*KHOURY TEKNİĞİ KULLANILARAK ALVEOLER KRET REKONSTRÜKSİYONU***Arş. Gör. Oğuzhan AKBAŞ**Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi, Diş Hekimliği Fakültesi
ORCID: 0009-0002-2024-1576**Arş. Gör. Yasemin BİLİR**Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi, Diş Hekimliği Fakültesi
ORCID: 0009-0009-6572-4265**Dr. Öğr. Üyesi Alperen KALYONCU**Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi, Diş Hekimliği Fakültesi
ORCID: 0000-0002-6740-7812**ABSTRACT**

Introduction: Alveolar ridge resorption following tooth loss may result in inadequate bone volume for implant placement. Reconstruction of deficient ridges is often required to achieve functional and esthetic outcomes. The Khoury technique, based on the use of autogenous cortical bone plates and particulate bone grafts, has been proposed as a predictable method for alveolar ridge augmentation. This study aims to evaluate the application of the Khoury technique in maxillary alveolar ridge augmentation.

Case: A 61-year-old female patient presented to our clinic seeking dental implant treatment. Clinical examination revealed a knife-edge alveolar ridge in the left maxillary canine-premolar region, which had developed as a result of long-term edentulism following tooth extraction. To facilitate dental implant placement, a block graft was harvested from the mandibular ramus and fixed to the left maxillary canine-premolar region using two microscrews according to the Khoury technique.

Results: At the 6-month follow-up appointment, sufficient bone volume for dental implant placement was observed in the augmented area. No complications, such as infection, were observed in the surgical area, and the procedure successfully achieved its intended clinical objectives.

Conclusion: Alveolar ridge augmentation using the Khoury technique can provide predictable outcomes and may facilitate implant-supported rehabilitation in patients with insufficient bone volume.

Keywords: Alveolar Ridge Augmentation, Bone Transplantation, Dental Implantation

ÖZET

Giriş: Diş kaybını takiben meydana gelen alveoler kret rezorpsiyonu, implant yerleştirilmesi için yetersiz kemik hacmine yol açabilmektedir. Fonksiyonel ve estetik sonuçların elde edilebilmesi için yetersiz kretlerin rekonstrüksiyonu sıklıkla gerekmektedir. Otojen kortikal kemik plakları ve partikül kemik greftlerinin kullanımına dayanan Khoury tekniği, alveoler kret augmentasyonu için öngörülebilir bir yöntem olarak önerilmiştir. Bu çalışmanın amacı, maksiller alveoler kret augmentasyonunda Khoury tekniğinin uygulanmasını değerlendirmektir.

Olgu: Altmış bir yaşında kadın hasta, dental implant tedavisi talebiyle kliniğimize başvurdu. Klinik muayenede, diş çekimini takiben gelişen uzun süreli dişsizlik sonucunda sol maksiller kanin-premolar bölgede bıçak sırtı görünümünde alveoler kret tespit edildi. Dental implant yerleştirilmesini mümkün kılmak amacıyla, mandibular ramustan bir blok greft alındı ve Khoury tekniğine uygun olarak iki mikrovida kullanılarak sol maksiller kanin-premolar bölgeye tespit edildi.

Bulgular: Altıncı ay kontrol randevusunda, augmentasyon uygulanan bölgede dental implant yerleştirilmesi için yeterli kemik hacmi olduğu gözlemlendi. Cerrahi bölgede enfeksiyon gibi herhangi bir komplikasyon izlenmedi ve işlem planlanan klinik hedeflere başarıyla ulaşıldı.

Sonuç: Khoury tekniği kullanılarak gerçekleştirilen alveoler kret augmentasyonu öngörülebilir sonuçlar sağlayabilmekte ve yetersiz kemik hacmine sahip hastalarda implant destekli rehabilitasyonu kolaylaştırabilmektedir.

Anahtar Kelimeler: Alveoler Kret Augmentasyonu, Kemik Transplantasyonu, Dental İmplantasyon

GİRİŞ

İmplant tedavisi sonrasında fonksiyonel ve estetik açıdan başarılı bir protetik rehabilitasyonun sağlanabilmesi için alveoler kretin yeterli kemik hacmine ve uygun morfolojik özelliklere sahip olması büyük önem taşımaktadır. Alveoler kemikte meydana gelen hacim kayıpları, diş çekimi öncesinde periodontal yıkım, periapikal enfeksiyonlar veya diş ve çevre kemik dokularını etkileyen travmalar sonucunda gelişebilmektedir. Bunun yanı sıra, çekim işlemi sırasında oluşabilecek cerrahi travma da alveoler kemik bütünlüğünün bozulmasına ve kemik kaybının artmasına neden olabilmektedir. Ayrıca, diş çekimini takiben ortaya çıkan alveoler kemik rezorpsiyonu ve buna bağlı gelişen kret atrofisi, literatürde yaygın olarak tanımlanmış ve klinik açıdan önem taşıyan biyolojik süreçler arasında yer almaktadır. (Schropp, Wenzel, Kostopoulos, & Karring, 2003)

Alveoler krette mevcut olan hacimsel yetersizlikler, implantların protetik açıdan ideal konumda yerleştirilebilmesini sağlamak amacıyla rekonstrüktif kemik artırma girişimlerine sıklıkla ihtiyaç duyulmasına neden olmaktadır. Bu tür defektlerin yönetiminde, kemik rejenerasyonu gereksinimini azaltmayı hedefleyen kısa ve dar implantların kullanımı ile alveoler kretin horizontal ve/veya vertikal boyutlarının yeniden oluşturulmasına yönelik çeşitli cerrahi yaklaşımlar geliştirilmiştir. Distraksiyon osteogenezi, yönlendirilmiş kemik rejenerasyonu ve blok kemik greftleri, bu amaçla yaygın olarak uygulanan yöntemler arasında yer almaktadır. Kemik augmentasyonu; implantın planlanan ideal üç boyutlu pozisyonda yerleştirilememesi, yeterli primer stabilitenin sağlanamaması veya uzun dönem implant başarısının risk altında olması gibi fonksiyonel gerekliliklerin yanı sıra, üstün estetik sonuçların hedeflendiği klinik durumlarda da endikasyon kazanmaktadır. Bu nedenle, alveoler kemik hacminin yetersiz olduğu olgularda augmentasyon prosedürleri, hem biyolojik hem de protetik gereksinimlerin karşılanmasında önemli bir tedavi basamağı olarak değerlendirilmektedir. (Apostu et al., 2020; Araújo & Lindhe, 2009; Bengazi et al., 2014; Darby, Chen, & De Poi, 2008; Lucaciu et al., 2019; Rocchietta, Fontana, & Simion, 2008)

Yönlendirilmiş kemik rejenerasyonunun öngörülebilir ve başarılı sonuçlar vermesi için, Wang ve arkadaşları tarafından tanımlanan PASS konseptini oluşturan temel biyolojik ve cerrahi prensiplerin eksiksiz şekilde uygulanması gerekmektedir. Bu prensipler; yara bölgesinin oral mikrobiyota ve mekanik etkilerden izole edilmesini sağlayan primer yara kapanması (Primary Closure), rejeneratif sürecin sürdürülebilmesi için yeterli vaskülarizasyonun oluşturulmasını ifade eden anjiyogenez (Angiogenesis), yeni kemik oluşumuna olanak tanıyacak ve greft materyalinin kollabe olmasını engelleyecek uygun bir rejeneratif boşluğun korunması (Space Maintenance) ile başlangıçta oluşan kan pıhtısının ve greft kompleksinin hareketsizliğinin sağlanmasına dayanan stabilite (Stability) olarak sıralanmaktadır. Bu dört temel ilkenin birlikte sağlanması, kemik rejenerasyonunun başarısını belirleyen en önemli faktörler arasında kabul edilmektedir. (Wang & Boyapati, 2006)

OLGU

Bu çalışmada yer alan olguda 61 yaşında kadın hasta üst çenesindeki dişsiz bölgesinin rehabilitasyonu amacıyla kliniğe başvurmuştur. Yapılan klinik incelemeler sonucu hastanın üst çene sol bölgesinde bıçak-sırtı kret varlığı saptanmıştır ve ilgili bölgenin geleneksel dental implant uygulaması için uygun olmadığı kararına varılmıştır. Custom mesh ile augmentasyon, Zigomatik implantlar, khoury yöntemiyle augmentasyon gibi çeşitli augmentasyon yöntemleri değerlendirilmiştir ve hastanın çene rehabilitasyonu için khoury yöntemi seçilmiştir.

İlk olarak, kemik augmentasyonu için belirlenen alıcı saha cerrahi olarak hazırlandı. Daha sonra, mandibular ramusun dış oblik kret bölgesinden bir kemik blok grefti elde edildi. Elde edilen greft, augmentasyon gerektiren maksiller alıcı sahaya transfer edildi. Greft, Khoury tekniğine uygun olarak iki adet 9 mm'lik mikrovida kullanılarak fikse edildi ve kortikal plaklar arasında stabil bir rejeneratif boşluk oluşturulup korunması sağlandı.

Kemik blok grefti ile mevcut alveoler kemik arasındaki boşluk greft materyali ile dolduruldu. Ayrıca, greftin komşuluğundaki alveoler kretin lateral yüzeyleri partikül formda ksenojenik kemik greft materyali ile augmente edildi. Augmente edilen alanın üzeri PRF'den üretilmiş membranlar ile kapatıldı. Gerilimsiz primer kapanma elde etmek amacıyla, yara kenarlarını birbirine yaklaştırmak için öncelikle flep kenarlarından her iki tarafta birkaç milimetre uzaklığa horizontal mattress sütürler yerleştirildi. Bu sütürlerde 3-0 ipek kullanıldı. Daha sonra final kapanma, 5-0 polipropilen (Prolene) sütürler ile tamamlandı.

Augmentasyon sürecinde primer ve gerilimsiz yara kapanması, anjiyogenezin sağlanması, rejeneratif boşluğun korunması, greft kompleksinin hareketsizliğinin sağlanması gibi temel prensiplere riayet edildi.

Hasta, augmentasyon prosedürünü takiben altı ay boyunca takip edildi ve kemik kalınlığındaki değişiklikler, preoperatif ve postoperatif radyografik ölçümlerin karşılaştırılmasıyla ortaya konuldu.

Augmentasyon işlemini takiben hasta altı ay boyunca takip edilmiştir. Preoperatif ve postoperatif radyografik ölçümlerin karşılaştırılması sonucunda, değerlendirilen tüm ölçüm noktalarında alveoler kret kalınlığında artış tespit edilmiştir. Ölçümler CBCT üzerinde yapılmıştır. Ölçüm bölgelerine göre kemik kalınlığı sırasıyla 3,77 mm'den 8,27 mm'ye, 4,47 mm'den 9,12 mm'ye, 5,76 mm'den 8,59 mm'ye, 6,96 mm'den 8,10 mm'ye ve 5,23 mm'den 6,20 mm'ye yükselmiştir. Elde edilen bulgular, uygulanan Khoury tekniğinin horizontal alveoler kret genişliğinin artırılmasında başarılı sonuçlar sağladığını göstermektedir.

TARTIŞMA

Bu çalışmada yer alan vakada otojen kortikal kemik bloğu mandibular ramustan piezocerrahi cihazı kullanılarak elde edilmiştir. Piezocerrahi, mineralize dokulara selektif etki göstermesi ve komşu yumuşak dokular ile nörovasküler yapıların korunmasına katkı sağlaması nedeniyle otojen kemik grefti elde edilmesinde sıklıkla tercih edilen yöntemlerden biridir.(Otake, Nakamura, Henmi, Takahashi, & Sasano, 2018) Bununla birlikte, piezocerrahinin operasyon süresini uzatabileceği akılda bulundurulmalıdır.(Badenoch-Jones, David, & Lincoln, 2016) Bayram ve Demirci tarafından gerçekleştirilen randomize kontrollü bir çalışmada, mandibular ramustan otojen blok greft elde edilmesinde piezocerrahi ve konvansiyonel döner aletler karşılaştırılmış; osteotomi süresi, toplam operasyon süresi, postoperatif ağrı, şişlik ve komplikasyon oranları açısından iki yöntem arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark saptanmamıştır. Bununla birlikte, piezocerrahinin sağladığı kontrollü ve hassas osteotomi sayesinde özellikle inferior alveolar sinir gibi hayati anatomik yapılara yakın bölgelerde cerrahi güvenliği artırabileceği belirtilmiştir.(Bayram & Demirci, 2023) Sunulan vakada da piezocerrahi yardımıyla mandibular ramustan yeterli hacimde kemik bloğu güvenli şekilde elde edilmiş ve herhangi bir intraoperatif komplikasyonla karşılaşılmamıştır. Bu bulgular, piezocerrahinin alveoler kret rekonstrüksiyonunda kullanılacak otojen greftlerin elde edilmesinde güvenilir bir seçenek olduğunu desteklemektedir.

Titanyum mesh, üzerine gelen kas aktivitelerinden etkilenmeden hacimsel stabilite sağlayabilmektedir; ancak titanyum meshlerle ilişkili olarak bildirilen yara dehisensi riski bulunmaktadır. Atef ve ark. tarafından gerçekleştirilen randomize klinik çalışmada, horizontal kret augmentasyonunda kollajen membran ve titanyum mesh uygulamaları arasında kemik kazanımı açısından anlamlı fark bulunmamıştır. Bununla birlikte titanyum mesh grubunda yüksek oranda yumuşak doku ekspozisyonu ve ikinci aşama cerrahide mesh uzaklaştırılmasına bağlı zorluklar bildirilmiştir.(Atef, Tarek, Shaheen, Alarawi, & Askar, 2020) Bu durum, biyolojik kortikal plakların bariyer görevi gördüğü ve yabancı materyal kullanımını minimize eden Khoury tekniğinin kullanımının düşünülmesine sebep olabilir.

Khoury tekniğinde kullanılan otolog kortikal kemik plakları yalnızca mekanik alan koruyucular olarak görev yapmaz. Kortikal kemiğin osteoprogenitör hücrelerden zengin olduğu ve kemik iliği kaynaklı hücrelere kıyasla daha yüksek osteojenik potansiyel gösterdiği bildirilmiştir. Bu biyolojik özellikler, Khoury tekniğinde gözlenen başarılı kemik rejenerasyonunun altında yatan faktörlerden biri olabilir.(Fernandez-Moure et al., 2015)

Pek çok çalışmada greftleme işleminde 4-6 ay sonra dental implantların yerleştirildiği görülmüştür. Bu çalışmada da dental implantlar; greftleme işleminden 4-6 ay sonra yerleştirilmiştir.(Kämmerer et al., 2022; Tunkel, Hoffmann, Schmelcher, Kloss-Brandstätter, & Kämmerer, 2023)

Starch-Jensen ve ark.'nın sistematik derlemesinde mandibular ramus ve simfizis donör sahaları komplikasyonlar ve hasta morbiditesi açısından karşılaştırılmıştır. Araştırmacılar enfeksiyon ve yumuşak doku dehisensi açısından iki bölge arasında anlamlı fark bulunmadığını bildirmişlerdir. Buna karşın simfizis bölgesinden kemik elde edilen olgularda komşu dişlerde duyu değişiklikleri, pulpa canlılığında azalma ve nörosensöriyel komplikasyonların daha sık görüldüğü rapor edilmiştir. Ayrıca hasta memnuniyeti ve postoperatif konfor açısından mandibular ramus lehine sonuçlar elde edilmiştir.(Starch-Jensen, Deluiz, Deb, Bruun, & Tinoco, 2020)

Bu bulgular, bu çalışmada donör saha olarak mandibular ramusun tercih edilmesini desteklemektedir. Ramus bölgesinden elde edilen kortikal kemik bloklar Khoury tekniğinde gerekli olan rijit kortikal duvarların oluşturulmasına olanak sağlarken, aynı zamanda simfizis bölgesine kıyasla daha düşük nörosensöriyel komplikasyon riski sunmaktadır. Özellikle alt keser dişlerin kökleri ve mental sinir bölgesine yakınlığı nedeniyle simfizis greftlerinde görülebilen duysal komplikasyonlar ramus greftlerinde daha sınırlı düzeydedir. (Starch-Jensen et al., 2020)

Bu nedenle güncel literatür ışığında, sınırlı ve orta dereceli alveoler defektlerin rekonstrüksiyonunda mandibular ramus bölgesi yalnızca yeterli kemik hacmi sağlaması nedeniyle değil, aynı zamanda daha düşük donör saha morbiditesi nedeniyle de güvenilir bir seçenek olarak değerlendirilebilir.

SONUÇ

Bu çalışmada, maksiller kanin-premolar bölgede ileri derecede horizontal alveoler kret yetersizliği bulunan bir hastada Khoury tekniği kullanılarak başarılı bir alveoler kret rekonstrüksiyonu gerçekleştirilmiştir. Mandibular ramustan elde edilen otojen kortikal kemik bloğunun kullanılmasıyla augmentasyon uygulanan bölgede implant yerleştirilmesine olanak sağlayacak düzeyde kemik hacmi elde edilmiş ve altı aylık takip süresince enfeksiyon, greft kaybı veya yara iyileşmesini olumsuz etkileyen herhangi bir komplikasyon gözlenmemiştir.

Elde edilen klinik ve radyografik bulgular, Khoury tekniğinin horizontal alveoler kret defektlerinin tedavisinde öngörülebilir ve etkili bir yöntem olduğunu gösteren literatür ile uyumludur. Otojen kortikal kemik plaklarının sağladığı biyolojik ve mekanik avantajlar, rejeneratif boşluğun korunmasına ve yeni kemik oluşumunun desteklenmesine katkıda bulunmaktadır. Ayrıca, donör saha olarak mandibular ramusun tercih edilmesi; yeterli kemik hacmi sağlamasının yanı sıra düşük morbidite ve hasta konforu açısından da avantaj sunmaktadır. (Starch-Jensen et al., 2020)

Bununla birlikte, sunulan bulgular tek bir olguya ait olup sonuçların genellenebilmesi için daha geniş örneklemli, uzun dönem takipli ve kontrollü klinik çalışmalara ihtiyaç bulunmaktadır. Güncel literatür ve bu olguya ait sonuçlar dahilinde Khoury tekniğinin implant destekli rehabilitasyon öncesinde horizontal alveoler kret augmentasyonu amacıyla klinik endikasyonlar dahilinde kullanımı değerlendirilebilir.

KAYNAKLAR

- Apostu, D., Lucaciu, O., Mester, A., Oltean-Dan, D., Gheban, D., & Rares Ciprian Benea, H. (2020). Tibolone, alendronate, and simvastatin enhance implant osseointegration in a preclinical in vivo model. *Clinical Oral Implants Research*, 31(7), 655–668. <https://doi.org/10.1111/clr.13602>
- Araújo, M. G., & Lindhe, J. (2009). Ridge alterations following tooth extraction with and without flap elevation: an experimental study in the dog. *Clinical Oral Implants Research*, 20(6), 545–549. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0501.2008.01703.x>
- Atef, M., Tarek, A., Shaheen, M., Alarawi, R. M., & Askar, N. (2020). Horizontal ridge augmentation using native collagen membrane vs titanium mesh in atrophic maxillary ridges: Randomized clinical trial. *Clinical Implant Dentistry and Related Research*, 22(2), 156–166. <https://doi.org/10.1111/cid.12892>
- Badenoch-Jones, E. K., David, M., & Lincoln, T. (2016). Piezoelectric compared with conventional rotary osteotomy for the prevention of postoperative sequelae and complications after surgical extraction of mandibular third molars: a systematic review and meta-analysis. *British Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*, 54(10), 1066–1079. <https://doi.org/10.1016/j.bjoms.2016.07.020>
- Bayram, F., & Demirci, A. (2023). A randomized controlled trial comparing conventional and piezosurgery methods in mandibular bone block harvesting from the retromolar region. *BMC Oral Health*, 23(1), 986. <https://doi.org/10.1186/s12903-023-03739-9>
- Bengazi, F., Botticelli, D., Favero, V., Perini, A., Urbizo Velez, J., & Lang, N. P. (2014). Influence of presence or absence of keratinized mucosa on the alveolar bony crest level as it relates to different buccal marginal bone thicknesses. An experimental study in dogs. *Clinical Oral Implants Research*, 25(9), 1065–1071. <https://doi.org/10.1111/clr.12233>
- Darby, I., Chen, S., & De Poi, R. (2008). Ridge preservation: what is it and when should it be considered. *Australian Dental Journal*, 53(1), 11–21. <https://doi.org/10.1111/j.1834-7819.2007.00008.x>

- Fernandez-Moure, J. S., Corradetti, B., Chan, P., Van Eps, J. L., Janeczek, T., Rameshwar, P., ... Tasciotti, E. (2015). Enhanced osteogenic potential of mesenchymal stem cells from cortical bone: a comparative analysis. *Stem Cell Research & Therapy*, 6(1), 203. <https://doi.org/10.1186/s13287-015-0193-z>
- Kämmerer, P. W., Tunkel, J., Götz, W., Würdinger, R., Kloss, F., & Pabst, A. (2022). The allogeneic shell technique for alveolar ridge augmentation: a multicenter case series and experiences of more than 300 cases. *International Journal of Implant Dentistry*, 8(1), 48. <https://doi.org/10.1186/s40729-022-00446-y>
- Lucaciu, O., Apostu, D., Mester, A., Campian, R. S., Gheban, D., & Miron, R. J. (2019). Atelo-collagen type I bovine bone substitute and membrane in guided bone regeneration: a series of clinical cases and histopathological assessments. *Histology and Histopathology*, 34(9), 1061–1071. <https://doi.org/10.14670/HH-18-108>
- Otake, Y., Nakamura, M., Henmi, A., Takahashi, T., & Sasano, Y. (2018). Experimental Comparison of the Performance of Cutting Bone and Soft Tissue between Piezosurgery and Conventional Rotary Instruments. *Scientific Reports*, 8(1), 17154. <https://doi.org/10.1038/s41598-018-35295-6>
- Rocchietta, I., Fontana, F., & Simion, M. (2008). Clinical outcomes of vertical bone augmentation to enable dental implant placement: a systematic review. *Journal of Clinical Periodontology*, 35(8 Suppl), 203–215. <https://doi.org/10.1111/j.1600-051X.2008.01271.x>
- Schropp, L., Wenzel, A., Kostopoulos, L., & Karring, T. (2003). Bone healing and soft tissue contour changes following single-tooth extraction: a clinical and radiographic 12-month prospective study. *The International Journal of Periodontics & Restorative Dentistry*, 23(4), 313–323.
- Starch-Jensen, T., Deluiz, D., Deb, S., Bruun, N. H., & Tinoco, E. M. B. (2020). Harvesting of Autogenous Bone Graft from the Ascending Mandibular Ramus Compared with the Chin Region: a Systematic Review and Meta-Analysis Focusing on Complications and Donor Site Morbidity. *Journal of Oral and Maxillofacial Research*, 11(3). <https://doi.org/10.5037/jomr.2020.11301>
- Tunkel, J., Hoffmann, F., Schmelcher, Y., Kloss-Brandstätter, A., & Kämmerer, P. W. (2023). Allogeneic versus autogenous shell technique augmentation procedures: a prospective-observational clinical trial comparing surgical time and complication rates. *International Journal of Implant Dentistry*, 9(1), 52. <https://doi.org/10.1186/s40729-023-00505-y>
- Wang, H.-L., & Boyapati, L. (2006). "PASS" principles for predictable bone regeneration. *Implant Dentistry*, 15(1), 8–17. <https://doi.org/10.1097/01.id.0000204762.39826.0f>

**PRF-ASSISTED SIMULTANEOUS LATERAL SINUS FLOOR ELEVATION AND
AUTOGENOUS SYMPHYSIS BLOCK GRAFTING FOR VERTICAL AND HORIZONTAL
BONE AUGMENTATION IN A SEVERELY ATROPHIC POSTERIOR MAXILLA****Res. Asst. Yasemin BİLİR**Recep Tayyip Erdoğan University, Faculty of Dentistry, Department of Oral and Maxillofacial Surgery,
Rize, Türkiye.

ORCID ID: 0009-0009-6572-4265

Res. Asst. Oğuzhan AKBASRecep Tayyip Erdoğan University, Faculty of Dentistry, Department of Oral and Maxillofacial Surgery,
Rize, Türkiye.

ORCID ID: 0009-0002-2024-1576

Asst. Prof. Dr. Alperen KALYONCURecep Tayyip Erdoğan University, Faculty of Dentistry, Department of Oral and Maxillofacial Surgery,
Rize, Türkiye.

ORCID ID: 0000-0002-6740-7812

ABSTRACT**Objective**

Adequate bone volume prior to implant placement in patients with severe bone resorption in the posterior maxilla remains a significant clinical challenge. The aim of this case report is to evaluate the clinical and radiological outcomes of simultaneous external sinus lift surgery, autogenous symphysis block grafting, and platelet-rich fibrin (PRF) application in a severely resorbed posterior maxillary region.

Case

A 36-year-old male patient presented to our clinic seeking implant-supported prosthetic rehabilitation of missing teeth. Clinical and radiographic examination revealed severe bone resorption in the right posterior maxilla in the regions of teeth #16 and #17. CBCT analysis demonstrated a residual bone height of approximately 1 mm and a bone width of approximately 2 mm. Due to insufficient bone volume, augmentation was planned.

Under local anesthesia, an external sinus lift procedure was performed using the lateral window technique. After elevation of the sinus membrane, grafting was carried out. To address the horizontal deficiency, an autogenous block graft harvested from the mandibular symphysis was adapted and fixed to the recipient site. PRF membranes were applied to support tissue regeneration. The surgical site was closed primarily and left for healing.

Results

No postoperative complications were observed. At the 5-month follow-up, CBCT evaluation showed good integration of the grafts and significant bone gain. Bone height increased to approximately 10 mm and bone width to approximately 12 mm. Sufficient bone volume was achieved for implant placement.

Conclusion

Simultaneous external sinus lift, autogenous symphysis block grafting, and PRF application represent an effective and reliable treatment approach for achieving successful bone augmentation in severely atrophic posterior maxillae.

Keywords: External Sinus Lift, Autogenous Block Graft, Symphysis Graft, Platelet-Rich Fibrin, Bone Augmentation, Dental Implant.

ÖZET**Amaç**

Posterior maksillada ileri derecede kemik rezorpsiyonu bulunan hastalarda implant yerleştirilmesi öncesinde yeterli kemik hacminin sağlanması önemli bir klinik zorluktur. Bu olgu sunumunun amacı, ileri derecede rezorbe posterior maksilla bölgesinde eş zamanlı olarak uygulanan eksternal sinüs lifting

cerrahisi, otojen simfiz blok grefti ve trombosit zengin fibrin (PRF) uygulamasının klinik ve radyolojik sonuçlarını değerlendirmektedir.

Olgu

Otuz altı yaşındaki erkek hasta, eksik dişlerinin implant destekli protetik rehabilitasyonu amacıyla kliniğimize başvurdu. Klinik ve radyografik muayenede, sağ posterior maksillada #16 ve #17 diş bölgelerinde ileri derecede kemik rezorpsiyonu tespit edildi. KIBT (CBCT) analizinde rezidüel kemik yüksekliğinin yaklaşık 1 mm, kemik genişliğinin ise yaklaşık 2 mm olduğu belirlendi. Yetersiz kemik hacmi nedeniyle kemik augmentasyonu planlandı.

Lokal anestezi altında, lateral pencere tekniği kullanılarak eksternal sinüs lifting işlemi gerçekleştirildi. Sinüs membranının elevasyonunu takiben greftleme işlemi uygulandı. Horizontal kemik yetersizliğinin giderilmesi amacıyla mandibular simfiz bölgesinden elde edilen otojen blok greft alıcı sahaya adapte edilerek tespit edildi. Doku rejenerasyonunu desteklemek amacıyla PRF membranları uygulandı. Cerrahi saha primer olarak kapatıldı ve iyileşmeye bırakıldı.

Bulgular

Postoperatif dönemde herhangi bir komplikasyon gözlenmedi. Beş aylık takipte yapılan KIBT (CBCT) değerlendirmesinde greftlerin iyi entegrasyon gösterdiği ve belirgin kemik kazanımı sağlandığı görüldü. Kemik yüksekliği yaklaşık 10 mm'ye, kemik genişliği ise yaklaşık 12 mm'ye ulaştı. İmplant yerleştirilmesi için yeterli kemik hacmi elde edildi.

Sonuç

Eş zamanlı eksternal sinüs lifting, otojen simfiz blok grefti ve PRF uygulaması, ileri derecede atrofik posterior maksillada başarılı kemik augmentasyonu sağlanmasında etkili ve güvenilir bir tedavi yaklaşımını temsil etmektedir.

Anahtar Kelimeler: Eksternal Sinüs Lifting, Otojen Blok Grefti, Simfiz Grefti, Trombosit Zengin Fibrin (PRF), Kemik Augmentasyonu, Dental İmplant.

GİRİŞ

Posterior maksillada gelişen ileri derecede atrofi, diş çekimi sonrasında meydana gelen alveoler kemik rezorpsiyonu ile maksiller sinüs pnömatizasyonunun eş zamanlı etkisi sonucunda ortaya çıkmakta ve implant rehabilitasyonu açısından günümüzde halen önemli cerrahi güçlüklerden biri olarak kabul edilmektedir. (Buser et al., 2017) Bu anatomik yetersizliklerin giderilmesi ve implant yerleştirilmesine uygun kemik hacminin yeniden oluşturulması amacıyla son yıllarda çeşitli cerrahi kemik augmentasyon teknikleri geliştirilmiş ve klinik uygulamada yaygın olarak kullanılmaya başlanmıştır. Bu yöntemler arasında maksiller sinüs tabanı elevasyonu (sinüs lifting), posterior maksillada yetersiz vertikal kemik yüksekliğinin artırılmasına yönelik en sık tercih edilen cerrahi prosedürlerden biri olarak öne çıkmaktadır. Özellikle dişsiz posterior maksilla bölgesinin implant destekli protetik rehabilitasyonunda uzun dönem klinik başarısı ve öngörülebilir sonuçları nedeniyle güvenilir bir tedavi seçeneği olarak kabul edilmektedir. Literatürde yer alan çok sayıda çalışma, uygun endikasyon ve cerrahi teknikle uygulanan sinüs lifting işlemlerinin implant yerleştirilmesi için gerekli kemik hacminin sağlanmasında yüksek başarı oranlarına sahip olduğunu bildirmektedir. (Aghaloo & Moy, 2007)

Diş çekimini takiben posterior maksillada meydana gelen biyolojik ve anatomik değişiklikler, implant tedavisini zorlaştıran başlıca faktörler arasında yer almaktadır. Diş kaybı sonrasında fonksiyonel yüklenmenin ortadan kalkmasıyla birlikte alveoler kemikte fizyolojik rezorpsiyon süreci başlamakta, buna eş zamanlı olarak maksiller sinüste progresif pnömatizasyon gelişmektedir. Bu iki süreç, posterior maksillada mevcut kemik hacminin hem vertikal hem de horizontal yönde azalmasına neden olarak implant yerleştirilmesi için gerekli anatomik koşulların bozulmasına yol açmaktadır. Ayrıca fonksiyonel stimülasyonun azalmasına bağlı olarak rezidüel alveoler kemiğin yoğunluğu ve kalitesinde de düşüş meydana gelmekte, bu durum primer implant stabilitesinin elde edilmesini güçleştirebilmektedir. (Lee et al., 2014)

Posterior maksilladaki kemik yetersizliği temel olarak iki farklı mekanizmanın ortak etkisi sonucunda ortaya çıkmaktadır. Bunlardan ilki, diş kaybını takiben maksiller sinüs tabanının aşağı doğru genişlemesi ile karakterize olan sinüs pnömatizasyonudur. İkinci mekanizma ise özellikle kronik periodontitis, uzun süreli dişsizlik ve buna bağlı gelişen alveoler kret rezorpsiyonu sonucunda alveoler kemiğin koronal kısmında meydana gelen ilerleyici kemik kaybıdır. Maksiller sinüsün inferior yönde genişlemesi ile alveoler kretin superior yöndeki rezorpsiyonu birlikte değerlendirildiğinde, posterior

maksillada rezidüel kemik yüksekliği belirgin ölçüde azalmakta ve implant tedavisi önemli ölçüde zorlaşmaktadır. (Lee et al., 2014)

İleri derecede atrofik posterior maksillada vertikal kemik hacminin yeniden oluşturulması, horizontal augmentasyon işlemlerine kıyasla daha karmaşık ve teknik hassasiyeti yüksek cerrahi prosedürler gerektirmektedir. Bu nedenle tedavi planlamasında kemik kaybının etiolojisinin doğru şekilde belirlenmesi büyük önem taşımaktadır. Rezidüel alveoler kemik yüksekliğinin azalmasında baskın etkenin maksiller sinüs pnömatizasyonu, alveoler kemik rezorpsiyonu veya her iki mekanizmanın birlikte etkisi olup olmadığının değerlendirilmesi, uygulanacak cerrahi yaklaşımın seçiminde belirleyici rol oynamaktadır. Bu amaçla konik ışınli bilgisayarlı tomografi (KIBT), rezidüel kemik yüksekliği ve genişliğinin üç boyutlu olarak değerlendirilmesine olanak sağlayarak augmentasyon ihtiyacının belirlenmesinde ve cerrahi planlamanın doğru şekilde yapılmasında önemli bir görüntüleme yöntemi olarak kabul edilmektedir. (Lee et al., 2014)

Bu hasta grubunda başarılı implant rehabilitasyonunun gerçekleştirilebilmesi için yeterli hacim ve kalitede alveoler kemik varlığının sağlanması temel bir gerekliliktir. Ancak ileri derecede alveoler kret rezorpsiyonu bulunan olgularda, implant yerleştirilmesinden önce kemik augmentasyonu uygulanması çoğu zaman kaçınılmaz hale gelmektedir. Bu amaçla farklı greft materyalleri geliştirilmiş olmakla birlikte, otojen kemik greftleri osteojenik, osteoindüktif ve osteokondüktif özellikleri aynı anda taşıyan tek greft materyali olması nedeniyle günümüzde de alveoler kret rekonstrüksiyonunda ve çene kemiklerinin augmentasyonunda altın standart olarak kabul edilmektedir.

İntraoral donör sahalar arasında mandibular simfiz bölgesi, cerrahi erişimin kolay olması, yeterli miktarda kortikokansellöz kemik sağlayabilmesi ve aynı cerrahi seansta greft elde edilmesine olanak tanınması nedeniyle sıklıkla tercih edilmektedir. Ayrıca simfiz bölgesinden elde edilen otojen blok greftlerin yüksek hacim stabilitesi göstermesi ve diğer birçok intraoral donör sahaya kıyasla daha düşük rezorpsiyon oranına sahip olması, bu bölgenin özellikle alveoler kret augmentasyonunda güvenilir bir donör saha olarak değerlendirilmesini sağlamaktadır. Bu avantajlar sayesinde mandibular simfiz greftleri, horizontal ve vertikal kemik yetersizliklerinin tedavisinde öngörülebilir klinik sonuçlar sunan etkili bir seçenek olarak kabul edilmektedir. (Roshan et al., 2022)

Bu olguda, ileri derecede atrofik posterior maksillada yetersiz vertikal kemik hacminin yeniden oluşturulması amacıyla mandibular simfiz bölgesinden elde edilen otojen blok kemik grefti ile lateral pencere tekniği kullanılarak gerçekleştirilen eş zamanlı maksiller sinüs tabanı elevasyonu kombine olarak uygulanmıştır. Hem vertikal hem horizontal kemik kazanımını artırmayı hedefleyen bu cerrahi yaklaşım ile implant yerleştirilmesi için yeterli kemik hacminin elde edilmesi ve posterior maksillanın implant destekli protetik rehabilitasyona uygun hale getirilmesi amaçlanmıştır. Otojen blok greftin osteojenik özelliklerinden yararlanılırken, sinüs augmentasyonu ile rezidüel kemik yüksekliğinin artırılması hedeflenmiş ve böylece ileri derecede rezorbe posterior maksillada hem vertikal ve horizontal kemik desteğinin yeniden sağlanması hem de gelecekte uygulanacak implant tedavisinin öngörülebilirliğinin artırılması amaçlanmıştır.

OLGU

Otuz altı yaşında, sistemik olarak sağlıklı erkek hasta, eksik dişlerinin implant destekli protetik rehabilitasyonu amacıyla kliniğimize başvurdu. Hastanın anamnezinde implant tedavisini kısıtlayabilecek herhangi bir sistemik hastalık veya düzenli ilaç kullanımı bulunmadığı belirlendi. Klinik muayenede, sağ posterior maksilla bölgesinde yer alan #16 ve #17 dişlerin eksik olduğu ve bu alanda belirgin alveoler kret rezorpsiyonu geliştiği gözlemlendi.

Radyografik değerlendirme amacıyla elde edilen konik ışınli bilgisayarlı tomografi (KIBT) görüntülerinde, sağ posterior maksillada ileri derecede vertikal ve horizontal kemik kaybı olduğu tespit edildi. Yapılan ölçümlerde rezidüel alveoler kemik yüksekliğinin yaklaşık 1 mm, kemik genişliğinin ise yaklaşık 2 mm olduğu belirlendi. Bu bulgular, ilgili bölgede implant yerleştirilmesi için yeterli kemik hacminin bulunmadığını açıkça ortaya koydu.

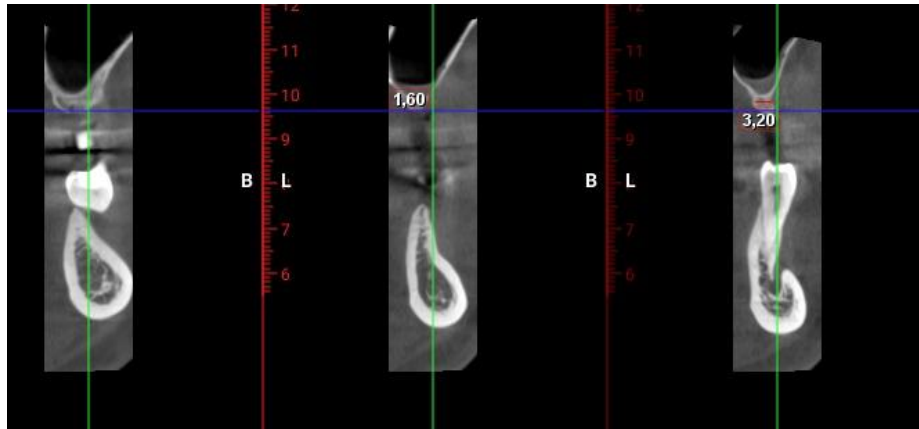
Elde edilen klinik ve radyolojik veriler doğrultusunda, implant yerleştirilmesine olanak sağlayacak uygun kemik hacminin yeniden oluşturulması amacıyla kemik augmentasyonu planlandı. Hastanın anatomik kısıtlılıkları dikkate alınarak, vertikal ve horizontal kemik artışını hedefleyen cerrahi rekonstrüksiyon prosedürlerinin uygulanmasına karar verildi.

Lokal anestezi altında, lateral pencere tekniği kullanılarak eksternal sinüs lifting prosedürü gerçekleştirildi. Maksiller sinüs membranı dikkatli bir şekilde elevate edildikten sonra, oluşan sinüs kavitesi uygun greft materyali ile doldurularak augmentasyon sağlandı. Eş zamanlı olarak, horizontal kemik yetersizliğinin giderilmesi amacıyla mandibular simfiz bölgesinden otojen blok kemik grefti elde edilmesine karar verildi.

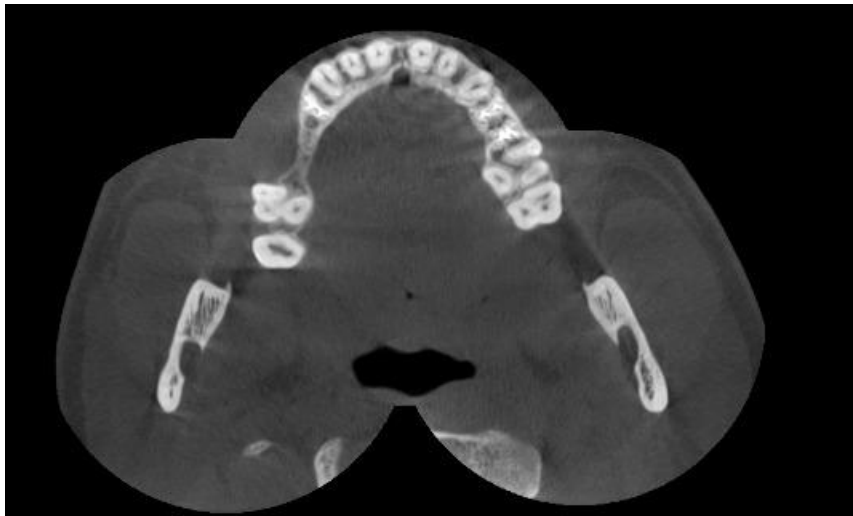
Donör sahaya ulaşmak için bukkal vestibülde, köpek dişleri arasında mukogingival birleşim hattından yaklaşık 7–10 mm apikalde olacak şekilde horizontal bir insizyon yapıldı. İnsizyon, kas tabakasını takiben periosteuma doğru eğimli ve posterior yönelimli olarak derinleştirildi. Mukoperiostal flep dikkatlice kaldırılarak mandibular anterior bölge ekspozite edildi ve planlanan greft hacmine uygun olacak şekilde blok formda otojen kemik grefti elde edildi. Cerrahi sırasında mandibular diş köklerinin apikalinde en az 4 mm'lik sağlam kemik dokusunun korunmasına özellikle dikkat edildi.

Elde edilen blok greft, alıcı bölgedeki defekt alanına anatomik uyum sağlayacak şekilde adapte edilerek stabilizasyonu sağlandı. Stabilizasyon amacıyla iki adet titanyum osteosentez vidası (2 × 9 mm) kullanılarak greft sabitlendi. Greftin periferik bölgelerinde oluşan boşluklar partikül kemik grefti ile desteklendi. Ardından, cerrahi alan rezorbe olabilen kollajen membran ile örtülerek rekonstrüksiyon bölgesinin korunması sağlandı. Rejeneratif süreci desteklemek amacıyla PRF membranları greft alanı üzerine yerleştirildi. Donör sahada yeterli hemostaz sağlandıktan sonra kollajen sünger (Spongostan, Ethicon, Somerville, NJ, ABD) yerleştirildi ve bölge emilebilir sütürler (Vicryl, Ethicon, Somerville, NJ, ABD) kullanılarak primer olarak kapatıldı. Ek olarak, dıştan kompresif pansuman uygulanarak 24 saat süreyle stabilizasyonun devamı sağlandı. Hem donör hem de alıcı cerrahi alanlar primer kapanış ile tamamlanarak iyileşmeye bırakıldı.

Hastanın Operasyon Öncesi CBCT Ölçümleri



Şekil 1

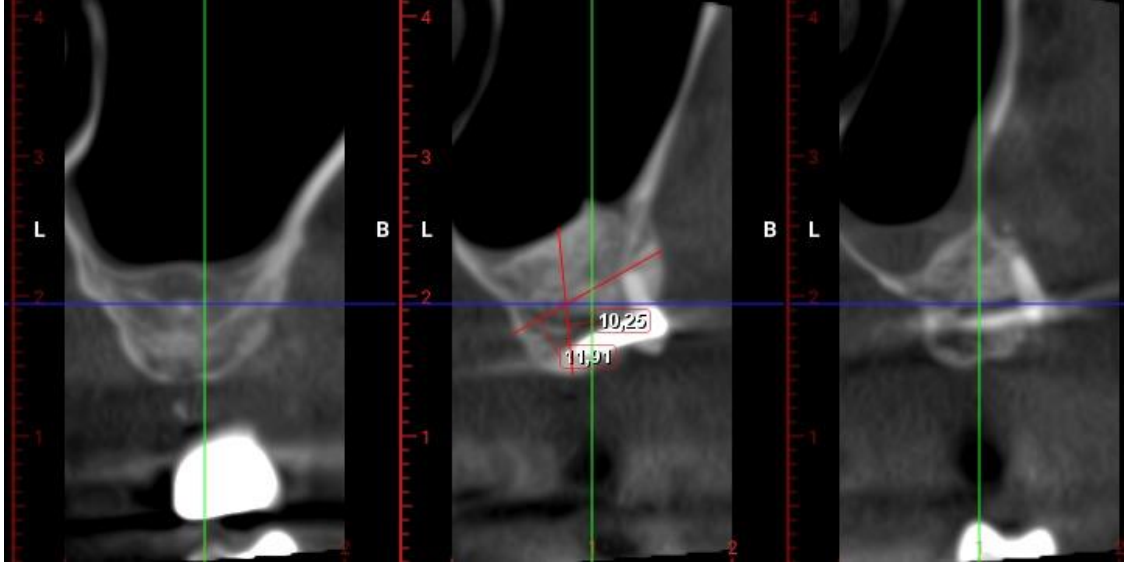


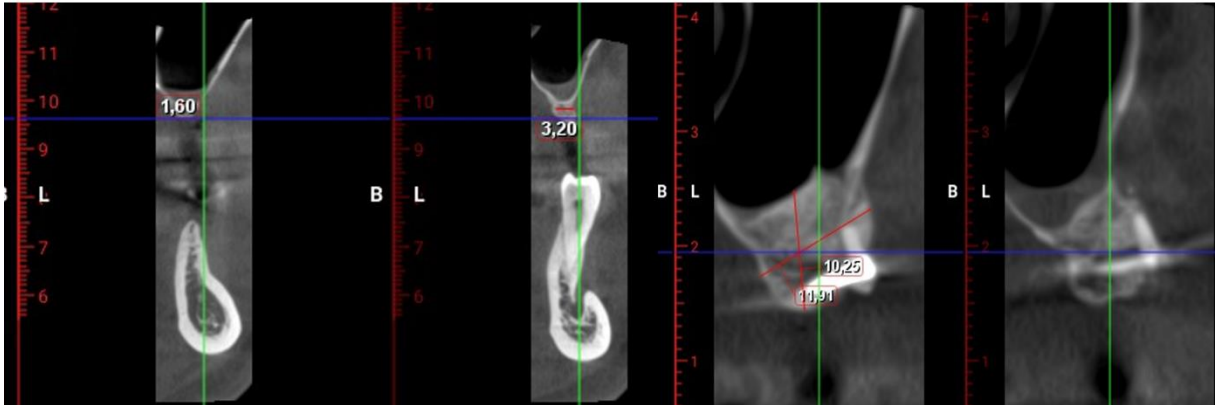
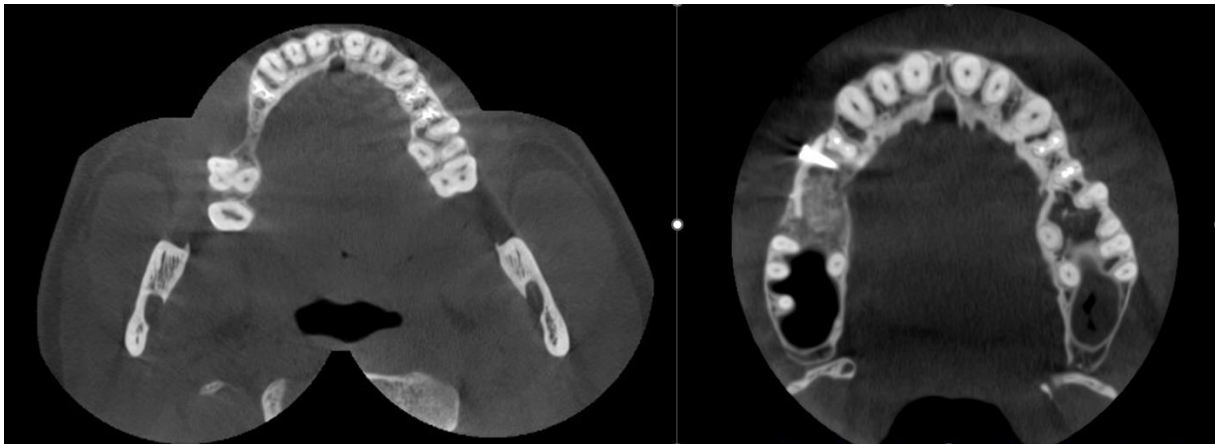
Şekil 2

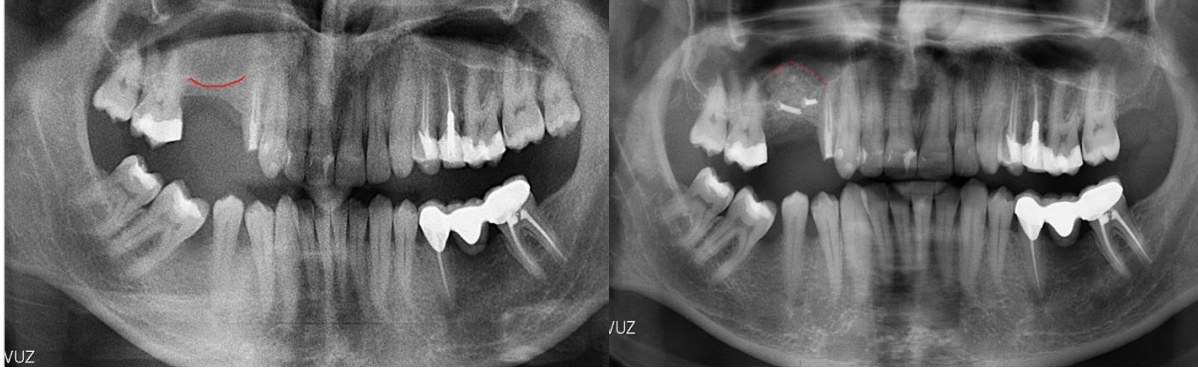
Hastanın Ameliyat Öncesi OPG Görüntüsü**Şekil 3**

Postoperatif dönemde komplikasyon izlenmedi. 5. ay CBCT incelemesinde greftlerin iyi entegre olduğu ve belirgin kemik kazanımı sağlandığı görüldü. Kemik yüksekliği yaklaşık 10 mm'ye, genişliği ise 12 mm'ye ulaştı. İmplant yerleştirilmesi için yeterli kemik hacmi elde edildi.

Ameliyat Fotoğrafları**Şekil 4**

Hastanın Operasyon Sonrası CBCT Ölçümleri**Şekil 5****Şekil 6**

Hastanın Ameliyat Öncesi OPG Görüntüsü**Şekil 7****Şekil 8, Hastanın ameliyat öncesi (sol) ve sonrası (sağ) cbct ölçümleri****Şekil 9, Hastanın ameliyat öncesi (sol) ve sonrası (sağ) cbct görüntüleri**



Şekil 10, Hastanın ameliyat öncesi (sol) ve sonrası (sağ) OPG görüntüleri

Postoperatif dönemde komplikasyon izlenmedi. 5. ay CBCT incelemesinde greftlerin iyi entegre olduğu ve belirgin kemik kazanımı sağlandığı görüldü. Kemik yüksekliği yaklaşık 10 mm'ye, genişliği ise 12 mm'ye ulaştı. İmplant yerleştirilmesi için yeterli kemik hacmi elde edildi.

TARTIŞMA

Aloy-Prósper ve ark. (2015), intraoral onlay blok kemik greftlerinin alveoler kret augmentasyonundaki sonuçlarını değerlendirdikleri sistematik derlemede, otojen blok greftlerin özellikle ileri derecede kret atrofisi bulunan olgularda güvenilir bir tedavi seçeneği olduğunu bildirmiştir. Çalışmada, intraoral donör sahalardan elde edilen blok greftlerin yeterli hacim kazanımı sağladığı ve uygun endikasyon ve stabil fiksasyon koşulları altında yüksek başarı oranlarına ulaştığı vurgulanmıştır. Bununla birlikte, greftin alıcı yatak ile yakın temasının ve primer stabilitenin sağlanmasının uzun dönem kemik kazanımı açısından kritik öneme sahip olduğu ifade edilmiştir. Bu bulgular, otojen blok greftlerin ileri derecede alveoler defektlerin rekonstrüksiyonunda halen geçerli ve öngörülebilir bir yöntem olduğunu desteklemektedir. (Aloy-Prósper et al., 2015) Bizim vakamızda da simfizden alınan greft ile 2 mm ölçülen kemik genişliği yaklaşık 10-11 mm civarına yükselmiştir.

Roshan ve ark. (2022), simfiz bölgesinden elde edilen otojen blok greftlerin osseöz defektlerin rekonstrüksiyonunda etkinliğini değerlendirdikleri çalışmalarında, mandibular simfiz greftlerinin özellikle lokal kemik hacmi yetersizliklerinde öngörülebilir bir augmentasyon materyali olduğunu bildirmiştir. Yazarlar, simfiz bölgesinin yeterli kortikokansellöz kemik içeriği sağlaması, cerrahi erişimin kolay olması ve greftin stabilizasyonuna elverişli anatomik özellikleri nedeniyle intraoral donör sahalar arasında önemli bir alternatif oluşturduğunu vurgulamışlardır. Ayrıca, uygun fiksasyon ve yumuşak doku kapatılması sağlandığında, bu greftlerin yüksek oranda kemik entegrasyonu gösterdiği ve implant yerleştirilmesi için yeterli kemik hacmi oluşturabildiği belirtilmiştir. Bu bulgular, simfiz blok greftlerinin ileri derecede atrofik alveoler kretlerin rekonstrüksiyonunda güvenilir bir seçenek olduğunu desteklemektedir. (Roshan et al., 2022) Bizim olgumuzda da simfiz kaynaklı otolog blok greft, açık sinüs lift ve PRF ile kombine edilerek uygulanmış; 5 aylık takip sonunda belirgin vertikal ve horizontal kemik kazanımı elde edilmiştir. Bu bulgular, simfiz blok greftlerin ileri derecede atrofik maksillanın rehabilitasyonunda etkili ve öngörülebilir bir tedavi seçeneği olduğunu desteklemektedir.

Özellikle genç hastalarda anterior maksiller bölgedeki osseöz defektlerin yönetimi, hem fonksiyonel hem de estetik gereklilikler nedeniyle klinisyenler açısından önemli bir zorluk oluşturmaktadır. Bu bölgede yeterli kemik hacminin yeniden oluşturulması amacıyla literatürde distraksiyon osteogenezi, yönlendirilmiş kemik rejenerasyonu (GBR) ve onlay blok greftleme gibi çeşitli cerrahi yaklaşımlar tanımlanmıştır. Ancak bu teknikler arasında otojen kemik greftleri, yüksek osteojenik potansiyeli, hızlı re-vasikülarizasyon kapasitesi ve implant entegrasyonunu destekleyen biyolojik özellikleri nedeniyle halen altın standart olarak kabul edilmektedir.

Güncel klinik uygulamalarda, hem hasta konforu hem de cerrahi erişim kolaylığı göz önünde bulundurulduğunda intraoral donör sahalar giderek daha fazla tercih edilmektedir. İntraoral bölgelerden elde edilen otojen greftler, ekstraoral donör sahalara kıyasla daha düşük morbidite, daha kısa operasyon süresi ve hastaya yakın anatomik bölgelerden erişim avantajı sunmaktadır. Bu nedenle cerrahlar ve hastalar tarafından daha kabul edilebilir bir seçenek haline gelmiştir. (Stern & Barzani, 2015)

İntraoral kemik grefti elde edilmesinde en sık kullanılan donör sahalar arasında mandibular ramus (bukkal raf), mandibular simfiz, retromolar bölge ve maksiller tüberkül yer almaktadır. Bu bölgelerin her biri farklı miktar ve kalite özelliklerinde kemik sağlamakta olup, defektin büyüklüğü, lokalizasyonu ve planlanan augmentasyon tekniğine göre uygun donör saha seçimi tedavi başarısında belirleyici rol oynamaktadır. (Stern & Barzani, 2015)

Pommer ve ark. (2008), mandibular anterior bölgede gerçekleştirilen cerrahi işlemler sırasında inferior alveoler sinir ve özellikle insiziv kanal yaralanması riskini azaltmaya yönelik yeni güvenlik sınırları tanımlamıştır. Yazarlar, otojen kemik grefti alınması planlanan durumlarda greft derinliğinin yaklaşık 4 mm ile sınırlandırılmasını ve diş kök apekslerine olan mesafenin en az 8 mm olacak şekilde korunmasını önermiştir. Ayrıca mandibulanın alt kortikal sınırının bütünlüğünün korunması gerektiği ve mental foramen bölgesine en az 5 mm güvenlik mesafesi bırakılmasının kritik öneme sahip olduğu vurgulanmıştır. Bu anatomik sınırların korunması, donör saha morbiditesinin azaltılması ve nörovasküler yapıların hasar görmesinin önlenmesi açısından büyük önem taşımaktadır. Bu nedenle simfiz bölgesinden greft alınması planlanan olgularda preoperatif radyolojik değerlendirme ve üç boyutlu görüntüleme ile anatomik yapıların detaylı analiz edilmesi, cerrahi güvenliğin sağlanmasında belirleyici bir rol oynamaktadır. (Pommer et al., 2008)

Mandibular simfiz bölgesinden elde edilen otojen blok greftler, klinik uygulamada çeşitli avantajları nedeniyle sıklıkla tercih edilmektedir. Bu donör saha, cerrahi erişimin nispeten kolay olması ve anatomik olarak ulaşılabilir bir bölgede yer alması sayesinde operasyon süresini kısaltabilmektedir. Ayrıca simfiz bölgesinin kortikokansellöz kemik yapısı, hem yeterli mekanik stabilite sağlayan kortikal komponenti hem de rejeneratif potansiyeli artıran süngerimsi kemik içeriği ile kemik augmentasyonu açısından biyolojik olarak avantajlı bir özellik sunmaktadır. (Roshan et al., 2022)

Buna ek olarak, intraoral donör sahalar içerisinde göreceli olarak daha yüksek miktarda spongios kemik içermesi, greftin revaskülarizasyon ve entegrasyon kapasitesini olumlu yönde etkilemektedir. Cerrahi tekniğin diğer bazı intraoral bölgelere kıyasla daha öngörülebilir olması ve daha az deneyimli uygulayıcılar tarafından dahi kontrol edilebilir şekilde gerçekleştirilebilmesi, simfiz bölgesini klinik pratikte cazip bir seçenek haline getirmektedir. Tüm bu özellikler, mandibular simfiz greftlerinin özellikle orta ve ileri derecede alveoler defektlerin rekonstrüksiyonunda güvenilir bir alternatif olarak değerlendirilmesine katkı sağlamaktadır. (Roshan et al., 2022)

Mandibular simfiz bölgesinden elde edilen otojen blok greftlerin klinik kullanımına ilişkin en önemli sınırlılıklar arasında donör saha morbiditesinin nispeten daha belirgin olması yer almaktadır. Özellikle mandibular ramus bölgesinden alınan greftlerle karşılaştırıldığında, simfiz bölgesine yönelik cerrahi girişimlerin postoperatif dönemde daha fazla hasta konforu kaybına ve komplikasyon riskine yol açabileceği bildirilmektedir. Bunun yanı sıra, bu yaklaşımın çoğu olguda iki aşamalı bir tedavi protokolü gerektirmesi, implant yerleştirilmesi ve protetik rehabilitasyon sürecinin uzamasına neden olmaktadır. Bu durum, özellikle tedavi süresinin kısaltılmasının hedeflendiği vakalarda önemli bir klinik dezavantaj olarak değerlendirilmektedir. Tüm bu faktörler göz önünde bulundurulduğunda, simfiz greftlerinin endikasyonunun doğru hasta seçimi ve detaylı preoperatif planlama ile sınırlandırılması gerektiği vurgulanmaktadır. (Roshan et al., 2022)

Diğer otojen greftleme prosedürlerinde olduğu gibi mandibular simfiz bölgesinden yapılan kemik alımı sırasında da çeşitli intraoperatif ve postoperatif komplikasyonlarla karşılaşılabilir. İntraoperatif dönemde en sık bildirilen komplikasyonlar arasında kanama, mental sinir ve/veya insiziv sinir yaralanması, blok greftin kaldırılması sırasında meydana gelebilecek kırıklar ve planlanandan daha geniş kapsamlı bikortikal kemik alımı yer almaktadır. Bu durumlar, özellikle anatomik sınırların yeterince korunmadığı veya preoperatif planlamanın yetersiz olduğu olgularda daha belirgin hale gelebilmektedir. (Pikos, 2005)

Postoperatif dönemde ise ağrı, ödem ve enfeksiyon gibi yumuşak dokuya ait komplikasyonlar yanında, nörosensör değişiklikler önemli bir klinik sorun oluşturmaktadır. Alt dudak ve çene bölgesinde geçici veya kalıcı hipoestezi, parestezi ve disestezi gelişebilmekte; ayrıca mental sinir bölgesinin etkilenmesine bağlı duysal değişiklikler gözlenebilmektedir. Daha nadir olmakla birlikte, çene konturunda değişiklikler ve estetik deformiteler de rapor edilmiştir. Ön mandibular dişlerde görülebilen geçici duysal bozukluklar da bu komplikasyon spektrumu içerisinde yer almaktadır. Bu nedenle, simfiz bölgesinden greft planlanan olgularda detaylı anatomik değerlendirme ve dikkatli cerrahi teknik uygulanması komplikasyon riskini azaltmada kritik öneme sahiptir. (Pikos, 2005)

Maksiller sinüs lifting prosedürlerinin başarısında Schneiderian membranının bütünlüğünün korunması kritik bir rol oynamaktadır. Membranın intact kalması, greft materyalinin sinüs boşluğu içerisinde stabil şekilde tutulmasını ve uygun rejeneratif ortamın sağlanmasını mümkün kılmaktadır. Bu nedenle, cerrahi sırasında membranın perforasyona uğramadan dikkatli bir şekilde elevate edilmesi, operasyonun öngörülebilirliği açısından temel bir gerekliliktir. (Beck-Broichsitter et al., 2020)

Schneiderian membran perforasyonu, lateral pencere tekniği ile gerçekleştirilen sinüs augmentasyonu prosedürlerinde en sık karşılaşılan intraoperatif komplikasyonlardan biri olarak bildirilmektedir. Literatürde bu komplikasyonun görülme sıklığının %20 ile %44 arasında değiştiği rapor edilmiştir. Membran perforasyonu gelişmesi durumunda greft stabilitesinin azalması, sinüs içi kontaminasyon riskinin artması ve iyileşme sürecinin olumsuz etkilenmesi gibi komplikasyonlar ortaya çıkabilmektedir. Bu nedenle, özellikle ileri derecede atrofi bulunan olgularda dikkatli cerrahi teknik ve uygun vakaya özgü yaklaşım, komplikasyon riskinin azaltılmasında önemli bir faktör olarak değerlendirilmektedir. (Cortés-Bretón Brinkmann et al., 2024)

Schneiderian membran perforasyonuna katkıda bulunan önemli faktörlerden biri de sınırlı cerrahi görüş alanıdır. Yetersiz erişim ve dar çalışma sahası, membranın elevasyonu sırasında kontrolün azalmasına ve yırtılma riskinin artmasına neden olabilmektedir. Bu nedenle, özellikle maksiller sinüs tabanında kemik septaları, çıkıntılar veya kronik inflamatuvar değişikliklerin bulunduğu olgularda daha geniş cerrahi pencere hazırlanmasının, operasyon alanını genişleterek görsel kontrolü artırdığı ve buna bağlı olarak membran perforasyonu riskini azaltabileceği bildirilmektedir. Literatürde, sinüs lateral penceresinin genellikle 10–15 mm genişlik ve 8–10 mm yükseklik aralığında oluşturulmasının cerrahi erişim açısından avantaj sağladığı ifade edilmektedir. (Zaniol et al., 2021), (He et al., 2025)

Bununla birlikte bazı araştırmacılar, uygun vaka seçimi yapıldığı takdirde daha küçük kemik pencereleri ile de yeterli cerrahi görüşün elde edilebileceğini ve bu yaklaşımın daha az cerrahi travma, sınırlı flep elevasyonu ve daha hafif postoperatif morbidite gibi avantajlar sunduğunu belirtmektedir. Ancak küçük pencerelerin güvenli şekilde uygulanabilmesi için sinüs tabanının düzgün anatomik yapıda olması, kistik ya da patolojik lezyonların bulunmaması ve kronik mukozal inflamasyonun olmaması gibi optimal koşulların sağlanması gerektiği vurgulanmaktadır. (Baldini et al., 2017)

Bu olguda ise cerrahi planlama kapsamında 10–12 mm boyutlarında bir lateral pencere oluşturulmuş olup, bu yaklaşımın hem yeterli görüş alanı sağladığı hem de membran bütünlüğünün korunmasına katkıda bulunduğu değerlendirilmiştir.

SONUÇ

Sonuç olarak, ileri derecede atrofik posterior maksillanın rehabilitasyonunda eş zamanlı olarak uygulanan açık sinüs lifting, mandibular simfiz blok grefti ve PRF kombinasyonunun, hem vertikal hem de horizontal kemik hacminin artırılmasında etkili ve öngörülebilir bir tedavi yaklaşımı olduğu görülmüştür. Bu multimodal cerrahi yaklaşım, otojen greftlerin osteojenik potansiyeli ile sinüs augmentasyonunun sağladığı vertikal kemik kazanımını bir araya getirerek implant yerleştirilmesi için uygun anatomik koşulların oluşturulmasına katkı sağlamaktadır. Ayrıca PRF kullanımının, iyileşme sürecini destekleyerek doku rejenerasyonunu olumlu yönde etkilediği ve postoperatif iyileşme kalitesine katkıda bulunduğu düşünülmektedir. Elde edilen klinik ve radyolojik bulgular ışığında, bu kombinasyon tedavisinin ileri kemik defektlerinde güvenilir ve başarılı bir alternatif olduğu sonucuna varılmıştır.

KAYNAKÇA

1. Buser, D., Sennerby, L., & De Bruyn, H. (2017). Modern implant dentistry based on osseointegration: 50 years of progress, current trends and open questions. *Periodontology* 2000, 73(1), 7–21. <https://doi.org/10.1111/prd.12185>
2. Aghaloo, T. L., & Moy, P. K. (2007). Which hard tissue augmentation techniques are the most successful in furnishing bony support for implant placement? *The International Journal of Oral & Maxillofacial Implants*, 22(Suppl.), 49–70.
3. Lee, E. Y., Kim, E. S., & Kim, K. W. (2014). Vertical Augmentation of Maxillary Posterior Alveolar Ridge Using Allogenic Block Bone Graft and Simultaneous Maxillary Sinus Graft. *Maxillofacial plastic and reconstructive surgery*, 36(5), 224–229. <https://doi.org/10.14402/jkamprs.2014.36.5.224>

4. Roshan, J., Surej Kumar, L. K., Rahim, S. N., Adersh, G. A., Thuruthel, M. J., & Haris H, A. (2022). Reconstruction of osseous defect with symphysis block graft for implant placement. *Journal of oral biology and craniofacial research*, 12(6), 853–858. <https://doi.org/10.1016/j.jobcr.2022.09.010>
5. Aloy-Prósper, A., Peñarrocha-Oltra, D., Peñarrocha-Diago, M., & Peñarrocha-Diago, M. (2015). The outcome of intraoral onlay block bone grafts on alveolar ridge augmentations: A systematic review. *Medicina Oral, Patología Oral y Cirugía Bucal*, 20(4), e477–e487. <https://doi.org/10.4317/medoral.20194>
6. Roshan, J., Kumar, L. K. S., Rahim, S. N., Adersh, G. A., Thuruthel, M. J., & Haris, A. H. (2022). Reconstruction of osseous defect with symphysis block graft for implant placement. *Journal of Oral Biology and Craniofacial Research*, 12(6), 853–858. <https://doi.org/10.1016/j.jobcr.2022.09.010>
7. Stern, A., & Barzani, G. (2015). Autogenous bone harvest for implant reconstruction. *Dental Clinics of North America*, 59(2), 409–420. <https://doi.org/10.1016/j.cden.2014.10.011>
8. Pommer, B., Tepper, G., Gahleitner, A., Zechner, W., & Watzek, G. (2008). New safety margins for chin bone harvesting based on the course of the mandibular incisive canal in CT scans. *Clinical Oral Implants Research*, 19(12), 1312–1316. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0501.2008.01557.x>
9. Pikos, M. A. (2005). Mandibular block autografts for alveolar ridge augmentation. *Atlas of the Oral & Maxillofacial Surgery Clinics of North America*, 13(2), 91–107.
10. Beck-Broichsitter, B. E., Gerle, M., Wiltfang, J., & Becker, S. T. (2020). Schneiderian membrane perforation during sinus floor elevation: A risk factor for long-term success of dental implants? *Oral and Maxillofacial Surgery*, 24, 151–156.
11. Cortés-Bretón Brinkmann, J., Madrigal Martínez-Pereda, C., Farfán Navio, G., Díaz-Olivares, L. A., Leco-Berrocal, I., Barona-Dorado, C., et al. (2024). Effect of Schneiderian membrane perforation during lateral maxillary sinus augmentation on dental implant survival rates: A retrospective study in a university setting. *Clinical Oral Investigations*, 28, 625.
12. Zaniol, T., Zaniol, A., & Ravazzolo, S. (2021). Low window technique: A comparison between manual and CAD/CAM-assisted design. *The Journal of Contemporary Dental Practice*, 22, 400–405.
13. He, J., Sun, M., Huo, Y., Huang, D., Leng, S., Zheng, Q., et al. (2025). A platform combining automatic segmentation and automated measurement of the maxillary sinus and adjacent structures. *Clinical Oral Investigations*, 29, 88.
14. Baldini, N., D'Elia, C., Bianco, A., Goracci, C., de Sanctis, M., & Ferrari, M. (2017). Lateral approach for sinus floor elevation: Comparison between large and small bony window – A split-mouth randomized clinical trial. *Clinical Oral Implants Research*, 28, 974–981.

**DESIGN AND SIMULATION OF A STEPPED MICROSTRIP PATCH ANTENNA
OPERATING 2.7 GHZ***2.7 GHZ ÇALIŞAN BASAMAKLI MİKROŞERİT YAMA ANTENİN TASARIMI VE BENZETİMİ***Metin ÇELTİK**

İskenderun Technical University, Institute of Graduate Studies, Department of Electrical and Electronics Engineering, Türkiye
ORCID: 0009-0009-7179-1560

Prof. Dr. Yakup HAMEŞ

İskenderun Technical University, Faculty of Engineering and Natural Sciences, Department of Electrical and Electronics Engineering, Türkiye
ORCID: 0000-0002-6736-2247

Prof. Dr. Mehmet Ali BELEN

İskenderun Technical University, Faculty of Engineering and Natural Sciences, Department of Electrical and Electronics Engineering, Türkiye
ORCID: 0000-0001-5588-9407

ABSTRACT

This study presents the simulation-based design of a stepped microstrip patch antenna operating near 2.7 GHz. The radiating element consists of adjacent vertical metallic sections with gradually varied lengths and is excited by a central microstrip feed line on an FR-4 substrate. The stepped profile is employed to modify the effective surface-current path and to obtain impedance matching in the upper portion of the 2.6 GHz cellular spectrum. From the supplied reflection-coefficient plot, the principal resonance is visually estimated at approximately 2.69 GHz, where the minimum S11 is about -14.1 dB. The -10 dB impedance bandwidth is approximately 2.65–2.74 GHz, corresponding to an absolute bandwidth of nearly 88 MHz and a fractional bandwidth of about 3.3%. The simulated gain plot indicates a maximum value of 6.61 dBi. The three-dimensional radiation result exhibits a dominant directional radiation region, while the surface-current distribution shows strong current concentration along the feed junction, lower stepped edges, and outer boundaries of the radiating structure. The matched interval overlaps only the upper segment of the standardized LTE spectrum up to 2.69 GHz; therefore, the present configuration should be described as an antenna operating near 2.7 GHz rather than as a design covering an entire LTE band. Full-band optimization, reporting of all geometric and material parameters, prototype fabrication, vector-network-analyzer measurements, and far-field validation are required before practical deployment.

Keywords: Microstrip Antenna, Stepped Patch, FR-4, Reflection Coefficient, LTE, 2.7 Ghz.

ÖZET

Bu çalışmada, 2.7 GHz yakınında çalışan basamaklı bir mikroşerit yama antenin benzetim tabanlı tasarımı sunulmaktadır. Işıyıcı eleman, uzunlukları kademeli biçimde değişen yan yana dikey metal bölümlerden oluşmakta ve FR-4 altlık üzerinde merkezi bir mikroşerit besleme hattı ile uyarılmaktadır. Basamaklı profil, etkin yüzey akımı yolunu değiştirerek 2.6 GHz hücresel spektrumunun üst bölümünde empedans uyumu sağlamak amacıyla kullanılmıştır. Sunulan yansıma katsayısı grafiğinden ana rezonansın yaklaşık 2.69 GHz’de olduğu ve minimum S11 değerinin yaklaşık -14.1 dB olduğu belirlenmiştir. -10 dB empedans bant genişliği görsel olarak yaklaşık 2.65–2.74 GHz aralığında tahmin edilmekte; bu aralık yaklaşık 88 MHz mutlak ve %3.3 bağıl bant genişliğine karşılık gelmektedir. Benzetim kazanç grafiğinde en yüksek değer 6.61 dBi olarak görülmektedir. Üç boyutlu ışıma sonucu baskın yönlü bir ışıma bölgesine işaret ederken, yüzey akımı dağılımında besleme bağlantısı, alt basamak kenarları ve ışılan elemanın dış sınırlarında belirgin akım yoğunlaşmaları gözlenmiştir. Elde edilen uyumlu frekans aralığı, standart LTE spektrumunun yalnızca 2.69 GHz’e kadar olan üst bölümünün bir kısmıyla örtüşmektedir. Bu nedenle mevcut yapı, tüm bir LTE bandını kapsayan anten yerine 2.7 GHz yakınında çalışan bir anten olarak tanımlanmalıdır.

Pratik kullanımdan önce tam bant optimizasyonu, tüm geometrik ve malzeme parametrelerinin raporlanması, prototip üretimi, vektör ağ analizörü ölçümleri ve uzak alan doğrulaması gereklidir.

Anahtar Kelimeler: Mikroşerit anten, basamaklı yama, FR-4, yansıma katsayısı, LTE, 2.7 GHz

INTRODUCTION

Microstrip patch antennas are widely used in compact wireless platforms because they can be produced using standard printed-circuit-board processes, exhibit a low profile, and are readily integrated with planar radio-frequency circuits (Garg et al., 2001; Balanis, 2016). Their main limitations are generally narrow impedance bandwidth, conductor and dielectric losses, and sensitivity to substrate and fabrication tolerances. Accordingly, numerous modifications—including slots, notches, parasitic elements, stacked configurations, and stepped radiating boundaries—have been investigated to alter the effective current path and improve impedance matching or radiation performance. Recent work at 2.6 GHz also demonstrates that planar antennas remain relevant for compact LTE and Internet-of-Things gateways, although measured validation is essential when practical performance is claimed (Boddu et al., 2023).

Frequency-band terminology must be used carefully. According to the E-UTRA operating-band definitions in ETSI/3GPP TS 136 101, LTE Band 7 employs 2620–2690 MHz for the downlink, whereas Band 41 extends up to 2690 MHz (ETSI, 2024). Consequently, a resonance described as 2.70 GHz lies at or slightly above the upper standardized boundary of these allocations. An antenna whose -10 dB response extends across approximately 2.65–2.74 GHz can overlap the upper part of the LTE allocation, but it cannot be presented as covering the complete Band 7 or Band 41 frequency range. This distinction is important because an apparently minor numerical difference may change the validity of the stated application.

The objective of this study is therefore to evaluate the supplied stepped-patch design using technically conservative terminology. The reflection coefficient, approximate impedance bandwidth, gain distribution, and surface-current behavior are interpreted together. The contribution of the work is the presentation of a simple FR-4-based stepped geometry with a simulated gain above 6 dBi near 2.69 GHz, together with a critical assessment of the actual spectral overlap, the limitations of simulation-only evidence, and the requirements for subsequent experimental validation.

ANTENNA CONFIGURATION AND SIMULATION APPROACH

Stepped Radiating Geometry

The proposed structure (Figure 1) is formed by a centrally fed radiating patch composed of adjacent vertical metallic sections whose lengths decrease gradually toward the two sides. This arrangement creates stepped upper and lower boundaries and modifies the electrical length followed by the surface current. (Pozar, 2012; Stutzman & Thiele, 2012) The longest sections are located near the central region, while shorter sections form the lateral portions of the radiator. A narrow microstrip line excites the patch from the lower side. The complete structure is implemented on an FR-4 substrate, selected because of its broad availability, mechanical rigidity, and compatibility with low-cost PCB fabrication.

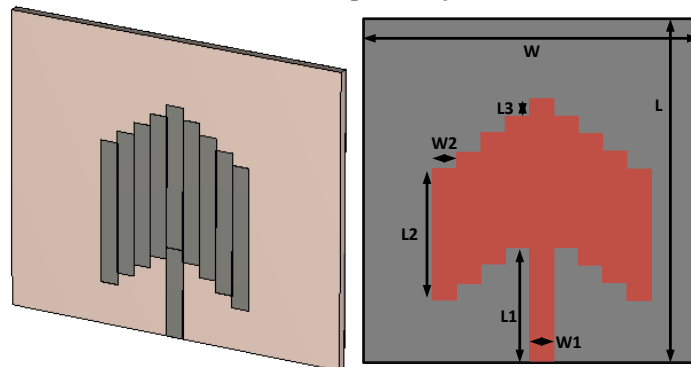


Figure 1. Perspective and schematic views of the proposed centrally fed stepped microstrip patch geometry.

Table 1. Optimal Design Variables of the Antenna

W	60mm	L	50mm
W1	3mm	L1	13mm
W2	3mm	L2	24mm
Substrate	FR4 H:1.56mm eps:4.6	L3	2mm

Initial Design and Evaluation Criteria

For a conventional rectangular patch, the initial width can be estimated from $W \approx c/(2f_r)\sqrt{2/(\epsilon_r+1)}$, where c is the speed of light, f_r is the target resonance, and ϵ_r is the relative permittivity of the substrate (Garg et al., 2001; Balanis, 2016). The effective permittivity and fringing-field extension are then used to estimate the physical patch length. In the present topology, these conventional dimensions provide only a starting point because the stepped edges redistribute the current and alter the effective resonant path. The individual section lengths, lateral widths, feed width, and feed-to-patch transition should therefore be treated as optimization variables in the full-wave solver. (Pozar, 2012) The optimally selected design values are presented in Table 1.

A frequency sweep covering at least 1–5 GHz is appropriate for identifying unintended resonances, while a finer sweep around 2.5–2.9 GHz is required to determine the exact resonance and -10 dB crossing frequencies. The principal matching criterion is $|S_{11}|$ below -10 dB, corresponding approximately to a voltage standing-wave ratio below 2. For the minimum value observed in the supplied plot, $|S_{11}| \approx 14.1$ dB, the corresponding reflection magnitude is about 0.20 and the VSWR is approximately 1.49. Gain, radiation efficiency, total efficiency, directivity, E-plane and H-plane patterns, front-to-back ratio, and cross-polarization should be exported at the same operating frequency to permit a complete assessment. (Stutzman & Thiele, 2012)

CONCLUSION AND DISCUSSION

Reflection Coefficient and Impedance Bandwidth

The simulated reflection coefficient are shown in Figure 2 and Table 2. A single dominant resonance occurs near 2.69 GHz. Digitization of the supplied graph gives an approximate minimum S_{11} of -14.1 dB at about 2.694 GHz. The -10 dB crossing frequencies are visually estimated at approximately 2.648 and 2.736 GHz, yielding a bandwidth of nearly 88 MHz. Using the midpoint of the two crossing frequencies, the corresponding fractional bandwidth is approximately 3.3%. These values should be replaced by direct solver-exported data in the final version because image-based reading introduces small uncertainty.

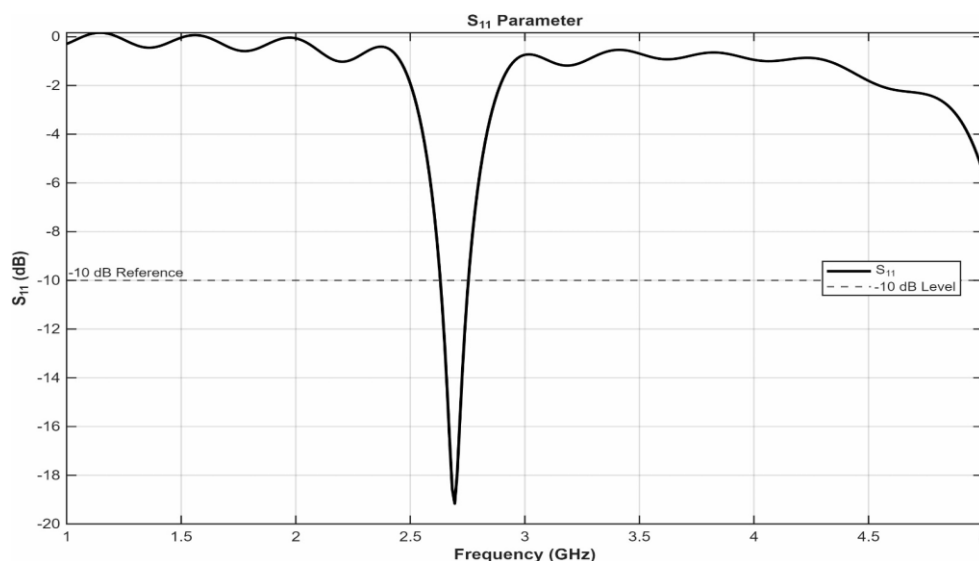


Figure 2. Simulated reflection coefficient over 1–5 GHz; the dominant resonance occurs near 2.69 GHz.

Table 2. Key results interpreted from the supplied simulation plots

Performance parameter	Approximate value	Interpretation
Resonant frequency	≈ 2.694 GHz	Near the upper edge of the 2.6 GHz LTE spectrum
Minimum S11	≈ -14.1 dB	Acceptable simulated impedance match at resonance
-10 dB frequency range	≈ 2.648 – 2.736 GHz	Partial overlap with LTE allocations ending at 2.690 GHz
Absolute / fractional bandwidth	≈ 88 MHz / 3.3%	Moderate single-resonance bandwidth
Maximum simulated gain	6.61 dBi	Promising numerical value; efficiency and measurement required
Validation status	Simulation only	Prototype and measurement remain necessary

The matched range does not cover the entire LTE Band 7 downlink interval of 2620–2690 MHz because the simulated lower -10 dB limit is approximately 2648 MHz. It does, however, overlap the upper 42 MHz of that downlink allocation and the upper portion of Band 41 up to 2690 MHz. The remaining matched response above 2690 MHz is outside those standardized E-UTRA boundaries. Accordingly, the technically accurate conclusion is partial LTE-spectrum overlap rather than complete LTE-band coverage. If complete Band 7 downlink coverage is the design objective, the resonance should be shifted slightly downward and the lower-frequency matching response should be broadened, for example by re-optimizing the longest central sections, feed transition, substrate thickness, or an additional matching feature.

Gain, Radiation Behavior, and Surface Current

Figure 3(a) presents the simulated three-dimensional gain distribution. The color scale indicates a maximum realized gain of 6.61 dBi. The radiation volume is dominated by one broad main region, which is consistent with a directional microstrip radiator. Nevertheless, a three-dimensional image alone is insufficient for quantitative claims regarding side-lobe suppression, beamwidth, front-to-back ratio, or polarization purity. Such claims require normalized two-dimensional cuts in the principal E and H planes and numerical extraction of the relevant metrics.

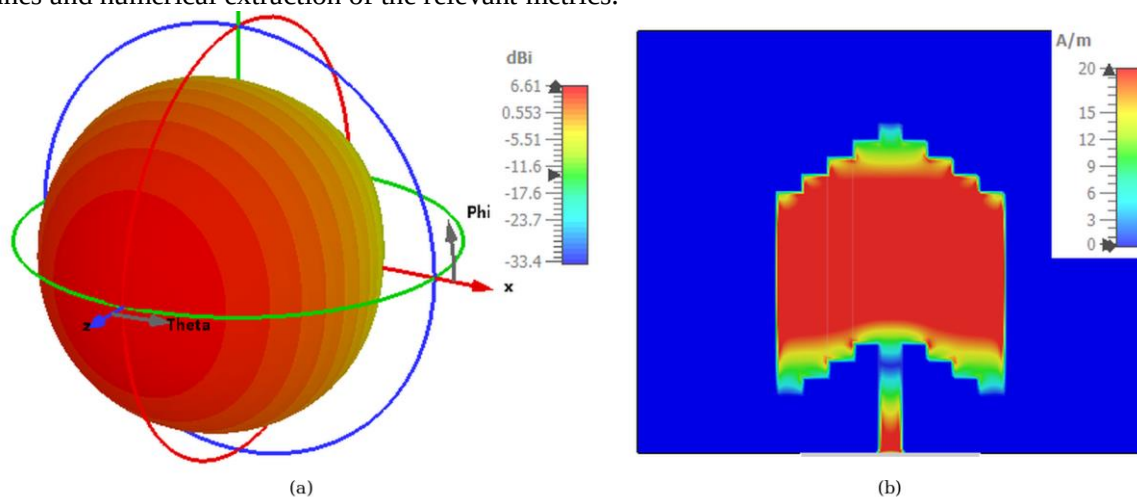


Figure 3. Simulated results near 2.7 GHz: (a) three-dimensional gain distribution and (b) surface-current magnitude.

The surface-current map in Fig. 3(b) shows that the strongest current is distributed over the central body of the patch and along the feed transition. Additional concentration is visible near the lower stepped boundary, the lateral edges, and the upper stepped contour. These edge concentrations are physically reasonable because discontinuities increase local electric-field and current gradients.

The gradual change in section length causes different portions of the radiator to contribute to the effective resonant path, while the central feed establishes the primary excitation. The current distribution therefore supports the interpretation that the stepped geometry is not merely decorative; it actively controls the electrical length and impedance response.

The present results are numerical and must not be described as proof of commercial or industrial readiness. The supplied material does not include a manufactured prototype, measured S-parameters, radiation efficiency, total efficiency, realized gain, or measured radiation patterns. FR-4 properties can also vary with frequency, manufacturer, resin content, and fabrication batch; therefore, the dielectric constant and loss tangent used in the model must be stated and, where possible, verified for the selected laminate. Connector launch, soldering, finite ground-plane effects, copper roughness, and dimensional tolerances can shift the measured resonance and reduce gain. A suitable validation procedure is to fabricate the antenna using the same stack-up defined in the solver, calibrate a vector network analyzer at the connector reference plane, and measure S11 over at least 2.4–3.0 GHz. The measured resonance, –10 dB bandwidth, and VSWR should be compared with the simulation. Far-field measurements in an anechoic chamber should then provide realized gain, efficiency, co- and cross-polarized E-plane and H-plane patterns, half-power beamwidth, and front-to-back ratio. Agreement within a clearly stated tolerance would justify stronger performance claims. Until those measurements are available, conclusions should remain limited to simulated feasibility.

A centrally fed stepped microstrip patch antenna implemented on FR-4 has been evaluated for operation near 2.7 GHz. The supplied simulation plot indicates a resonance near 2.694 GHz, a minimum S11 of approximately –14.1 dB, and a visually estimated –10 dB bandwidth of about 88 MHz. The gain distribution reaches 6.61 dBi, and the surface-current map confirms strong excitation along the feed transition and stepped radiating edges. The design therefore shows promising simulated performance as a low-cost planar antenna near 2.7 GHz. However, its matched range overlaps only the upper part of the LTE spectrum ending at 2.69 GHz and does not cover a complete standardized LTE band. For a technically defensible conference submission, the final manuscript should report all dimensions and solver parameters, avoid claims of full-band or commercial compliance, and include prototype-based S-parameter and radiation measurements whenever available.

ACKNOWLEDGMENTS

The authors would like to thank Yıldız Technical University's Smart RF and Antenna Systems Research Laboratory for providing the computational resources and software licenses necessary for this research.

REFERENCES

- Balanis, C. A. (2016). *Antenna theory: Analysis and design* (4th ed.). John Wiley & Sons.
- Boddu, R., Deb, A., & Roy, J. S. (2023). Design of a compact microstrip filtenna for miniaturized devices to access Internet of Things using Long Term Evolution. *Advanced Electromagnetics*, 12(4), 10–16. <https://doi.org/10.7716/aem.v12i4.2111>
- European Telecommunications Standards Institute. (2024). *LTE; Evolved Universal Terrestrial Radio Access (E-UTRA); User Equipment (UE) radio transmission and reception (ETSI TS 136 101 V18.6.0)*. ETSI.
- Garg, R., Bhartia, P., Bahl, I., & Ittipiboon, A. (2001). *Microstrip antenna design handbook*. Artech House.
- Pozar, D. M. (2012). *Microwave engineering* (4th ed.). John Wiley & Sons.
- Stutzman, W. L., & Thiele, G. A. (2012). *Antenna theory and design* (3rd ed.). John Wiley & Sons.

**DESIGN AND FULL-WAVE ANALYSIS OF A FREQUENCY-SCANNING
MICROSTRIP TRAVELING-WAVE ANTENNA***FREKANS TARAMALI MİKROŞERİT YÜRÜYEN DALGA ANTEN TASARIMI VE TAM DALGA
ANALİZİ***Musa DEMİR**

İskenderun Teknik Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Elektrik Elektronik Mühendisliği

Prof. Dr. Yakup HAMEŞ

İskenderun Teknik Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Elektrik Elektronik Mühendisliği

ORCID: 0000-0002-6736-2247

Prof. Dr. Mehmet Ali BELEN

İskenderun Teknik Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Elektrik Elektronik Mühendisliği

ORCID: 0000-0001-5588-9407

ABSTRACT

This study presents the full-wave numerical analysis of a nine-element microstrip traveling-wave antenna designed for frequency-controlled beam scanning. The antenna was analyzed from 6 to 12 GHz and satisfies the $|S_{11}| < -10$ dB impedance-matching criterion over approximately 7.0–10.0 GHz. The deepest simulated reflection minimum is about -30 dB near 7.4 GHz. Three-dimensional and principal-plane radiation patterns were evaluated at 7.2, 8.6, and 9.8 GHz. The corresponding maximum directivities are approximately 13.3, 14.9, and 15.9 dBi, respectively. With increasing frequency, the main beam moves from an off-broadside direction toward broadside and subsequently to the opposite side of broadside, demonstrating the expected frequency-scanning behavior. The half-power beamwidth decreases from 18.4° to nearly 11° , while the side-lobe level remains between -9.5 and -12.8 dB at the investigated frequencies. These results indicate that the proposed low-profile structure is a promising passive beam-scanning radiator for radar and microwave communication systems. Experimental validation and a complete two-port power balance are identified as the next steps.

Keywords: Beam Scanning, Frequency Scanning, Leaky-Wave Antenna, Microstrip Antenna, Traveling-Wave Antenna.

ÖZET

Bu çalışma, frekans kontrollü ışın taraması için tasarlanmış dokuz elemanlı mikroşerit yürüyen dalga antenin tam dalga sayısal analizini sunmaktadır. Anten 6 ila 12 GHz arasında analiz edildi ve $|S_{11}| < -10$ dB empedans uyum kriterini kullanır. En derin simüle edilen yansıma minimumu yaklaşık -30 dB, 7.4 GHz civarındadır. Üç boyutlu ve ana düzlem radyasyon desenleri 7.2, 8.6 ve 9.8 GHz'de değerlendirildi. Karşılık gelen maksimum yönlendirmeler sırasıyla yaklaşık 13.3, 14.9 ve 15.9 dBi'dir. Artan sıklıkla, ana ışın off-side yönüne ve ardından broadside'in karşı tarafına hareket eder ve beklenen frekans tarama davranışını gösterir. Yarı güç ışın genişliği 18.4° 'den neredeyse 11° 'ye düşerken, yan lob seviyesi incelenen frekanslarda -9.5 ile -12.8 dB arasında kalır. Bu sonuçlar, önerilen düşük profilli yapının radar ve mikrodalga iletişim sistemleri için umut vadeden pasif ışın taramalı radyatör olduğunu göstermektedir. Deneysel doğrulama ve tam bir iki portlu güç dengesi sonraki adımlar olarak belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Işın Taraması, Frekans Taraması, Sızdırmalı Dalga Anteni, Mikroşerit Anteni, Yürüyen Dalgası Anteni.

1. INTRODUCTION

Modern radar, satellite, sensing, and wideband communication systems increasingly require compact antennas that combine high directivity with controllable radiation direction.

Conventional resonant microstrip antennas are attractive because of their low profile and ease of fabrication, but their operating bandwidth and beam-steering capability are generally limited unless arrays, phase shifters, or reconfigurable networks are employed [1], [2].

Traveling-wave antennas (TWAs), including leaky-wave antennas (LWAs), provide an alternative approach in which a guided wave continuously radiates as it propagates along an open structure. Because the phase constant of the guided mode varies with frequency, the main-beam direction can also vary with frequency. This inherent angle–frequency coupling enables passive beam scanning without a conventional phase-shifter network [3], [4]. Periodic implementations are especially attractive because the unit-cell geometry can be used to control phase progression, leakage rate, matching, beamwidth, and side-lobe behavior [5], [6].

Microstrip implementations further offer planar fabrication, low mass, low cost, and compatibility with microwave integrated circuits. Previous studies have demonstrated wide-angle scanning using tapered or periodically loaded microstrip lines and have shown that geometry optimization is important for maintaining input matching while controlling radiation characteristics [7]–[10].

In this work, a nine-element periodic microstrip traveling-wave antenna is numerically investigated over 6–12 GHz. The study focuses on the impedance-matched operating region and on the evolution of the radiation pattern at 7.2, 8.6, and 9.8 GHz. In contrast to the original draft, the present analysis distinguishes directivity from realized gain, avoids interpreting low $|S_{11}|$ as radiated power, and reports the beamwidth, side-lobe level, radiation efficiency, and total efficiency available from the simulation results.

2. ANTENNA CONFIGURATION AND NUMERICAL MODEL

2.1. Geometry

The proposed antenna consists of nine periodically repeated polygonal microstrip radiators connected along a central transmission line. The unit cell and the complete two-port structure are shown in Fig. 1. Electromagnetic energy launched at the input propagates along the longitudinal axis and is progressively coupled to free space by repeated radiating discontinuities. The periodic loading establishes a frequency-dependent phase progression, which is responsible for the observed beam displacement.

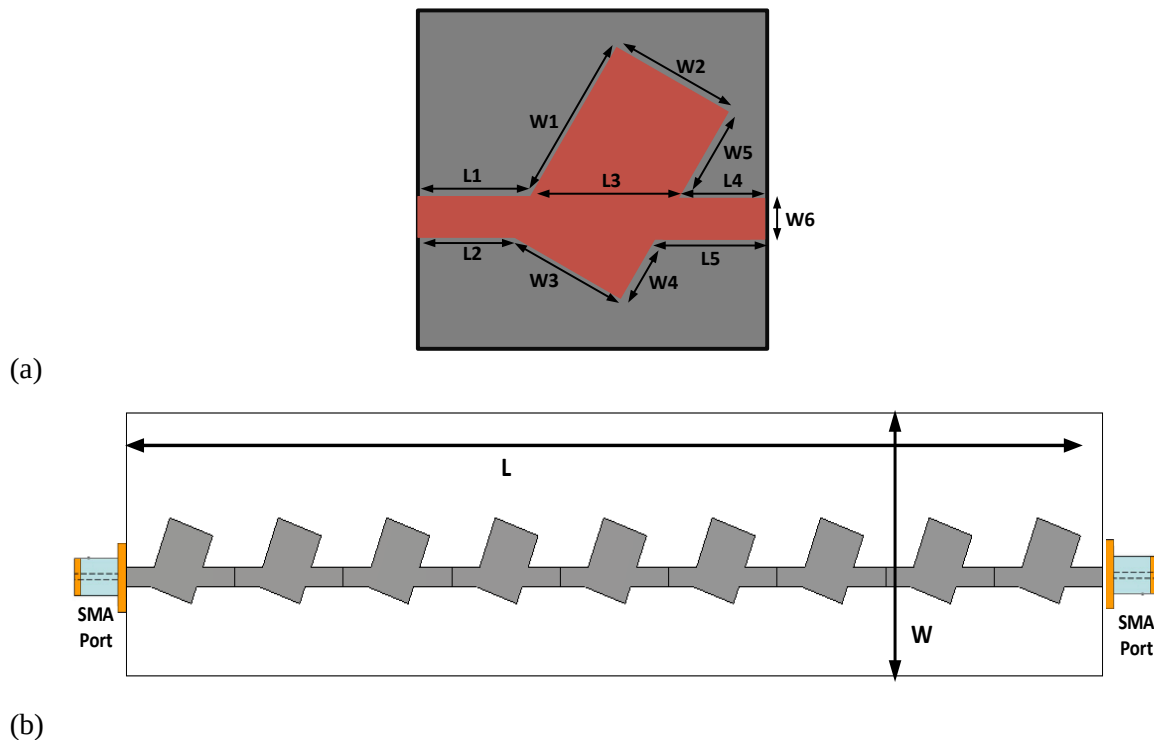


Fig. 1. Geometry of the proposed antenna: (a) unit-cell parameterization and (b) nine-element traveling-wave structure with two SMA ports.

Table 1. Geometrical and material parameters of the proposed antenna

Parameter	Value	Parameter	Value
Number of radiating elements	9	Substrate thickness, H	1.52 mm
L1	4.88 mm	W1	8.02 mm
L2	4.41 mm	W2	8.00 mm
L3	8.51 mm	W3	7.42 mm
L4	5.61 mm	W4	2.70 mm
L5	6.70 mm	W5	5.11 mm
Relative permittivity, ϵ_r	3.66	W6	3.00 mm
Overall length, L	171.00 mm	Overall width, W	40.03 mm

Note: All dimensional values are in millimeters unless otherwise stated. The overall L and W labels have been aligned with the orientation shown in Fig. 1(b).

2.2. Simulation Scope and Evaluation Criteria

The antenna was evaluated using a full-wave electromagnetic model over 6–12 GHz. The input matching was assessed using the reflection coefficient $|S_{11}|$, with -10 dB adopted as the practical matching threshold. Radiation performance was examined through three-dimensional directivity patterns and $\phi = 0^\circ$ principal-plane cuts. The reported field quantity in the supplied simulation figures is directivity; therefore, the values are not described as realized gain.

Because the geometry contains two ports, $|S_{11}|$ alone does not provide a complete power balance. A low reflection coefficient indicates that little power is returned to the input port, but the remaining power may be radiated, dissipated in conductors or dielectric material, or transmitted to the second port. Consequently, the present paper uses $|S_{11}|$ only as an impedance-matching indicator. A complete characterization should additionally include S_{21} and realized gain.

3. RESULTS AND DISCUSSION

3.1 Reflection Coefficient and Impedance Bandwidth

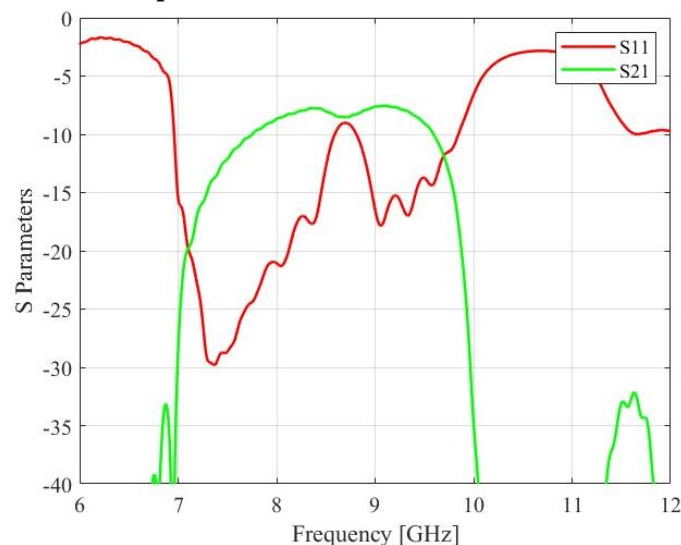
**Fig. 2.** Simulated reflection coefficient $|S_{11}|$ from 6 to 12 GHz.

Figure 2 shows that the antenna satisfies the $|S_{11}| < -10$ dB criterion over approximately 7.0–10.0 GHz. This corresponds to a fractional impedance bandwidth of about 35% when calculated using the approximate band edges. The deepest reflection minimum occurs near 7.4 GHz and reaches approximately -30 dB. This value corresponds to a reflected-power ratio of about 0.1%; however, it should not be interpreted as 99.9% radiation efficiency because the two-port transmission and material losses are not represented by $|S_{11}|$ alone.

The response contains several local minima within the matched band. Such multi-resonant behavior is consistent with a periodically loaded traveling-wave structure in which the unit-cell discontinuities and the finite-length array collectively influence the input impedance. Above approximately 10 GHz, the reflection response rises toward the -10 dB threshold and the design should therefore be described as a 7–10 GHz matched antenna that was analyzed over the wider 6–12 GHz range.

3.2. Three-Dimensional Radiation Characteristics

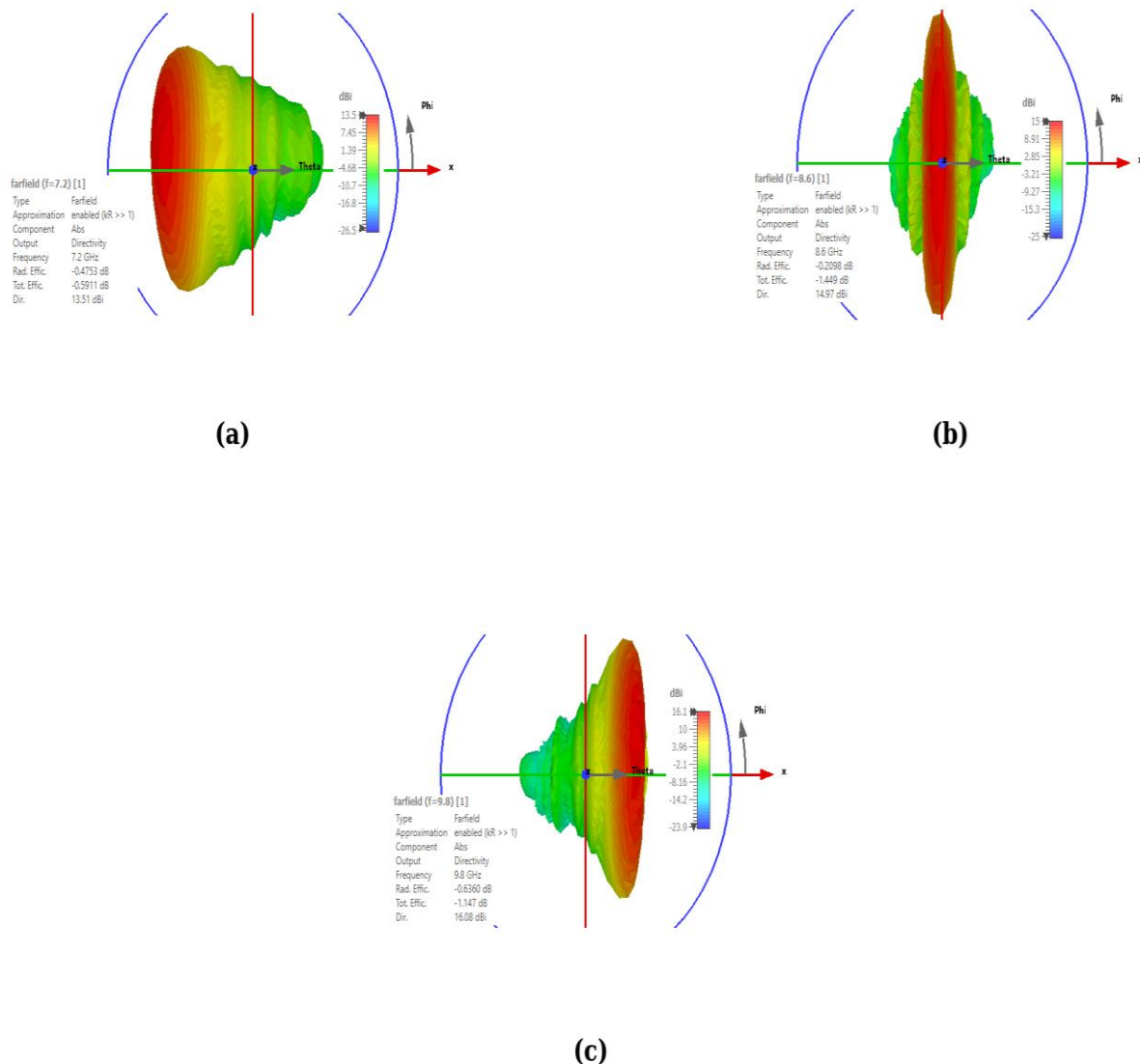


Fig. 3. Simulated three-dimensional directivity patterns at (a) 7.2 GHz, (b) 8.6 GHz, and (c) 9.8 GHz.

The three-dimensional patterns in Fig. 3 demonstrate a clear displacement of the dominant radiation direction with frequency. At 7.2 GHz, the beam is strongly tilted away from broadside and the maximum directivity is approximately 13.3 dBi. At 8.6 GHz, the main beam approaches broadside and the maximum directivity increases to approximately 14.9 dBi. At 9.8 GHz, the beam appears on the opposite side of broadside and reaches approximately 15.9 dBi.

Thus, the investigated frequencies demonstrate a transition from one off-broadside region, through near-broadside radiation, to the opposite off-broadside region.

The increase in directivity with frequency is consistent with the larger electrical length of the physical aperture. Nevertheless, directivity alone does not quantify delivered radiation power. The efficiency values extracted from the simulator are therefore considered separately in Table 2.

3.3. Principal-Plane Pattern Metrics

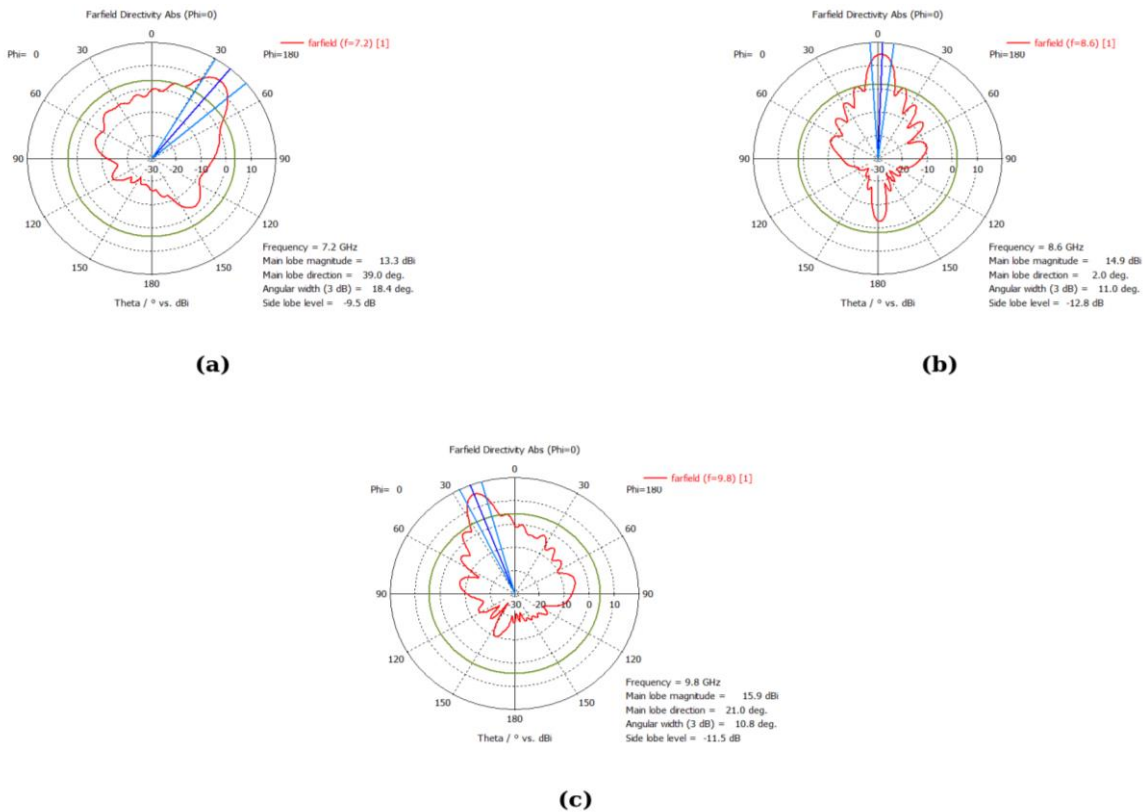


Fig. 4. Simulated $\phi = 0^\circ$ directivity patterns at (a) 7.2 GHz, (b) 8.6 GHz, and (c) 9.8 GHz.

Table 2. Summary Of The Simulated Radiation Characteristics

f (GHz)	Gain(dBi)	Beam offset* ($^\circ$)	HPBW ($^\circ$)	SLL (dB)	Rad. eff. (%)	Total eff. (%)
7.2	13.3	39.0	18.4	-9.5	89.6	87.3
8.6	14.9	2.0	11.0	-12.8	95.3	71.6
9.8	15.9	21.0	10.8	-11.5	86.4	76.8

*Beam offset is reported as the angular magnitude from broadside in the simulator output; Fig. 3 identifies the side of broadside. Efficiency percentages were converted from the dB values shown in the simulation figures.

The principal-plane patterns confirm the narrowing of the main beam as frequency increases. The half-power beamwidth decreases from 18.4° at 7.2 GHz to approximately 11° at 8.6 and 9.8 GHz. The side-lobe level improves from -9.5 dB at 7.2 GHz to -12.8 dB near broadside, and then becomes -11.5 dB at 9.8 GHz. Accordingly, the design provides useful directionality across the evaluated frequencies, although the 7.2 GHz side-lobe level remains the least favorable and could be further improved through amplitude tapering or unit-cell optimization.

Radiation efficiency remains above approximately 86% at all three frequencies. Total efficiency is lower, particularly at 8.6 GHz, where it is approximately 72%. The difference between radiation and total efficiency indicates that mismatch and/or power remaining in the traveling-wave path affects the net realized performance. Since the available results do not include S_{21} , the individual contribution of residual transmitted power cannot be separated from the present data.

4. LIMITATIONS AND FUTURE WORK

The present study is based on numerical results. Therefore, the conclusions should be limited to simulated impedance matching, directivity, beam direction, beamwidth, side-lobe level, and efficiency. Experimental fabrication and vector-network-analyzer measurements are required to verify the operating band. Anechoic-chamber measurements should additionally report realized gain, co- and cross-polarized patterns, front-to-back ratio, and beam angle as a continuous function of frequency. For the two-port traveling-wave configuration, future work should report S_{21} and establish a power balance among reflected, transmitted, dissipated, and radiated power. Surface-current or phase-distribution plots would also strengthen the physical interpretation of the scanning mechanism. Finally, a denser frequency sweep of the main-beam angle would allow the scan range and scanning sensitivity in degrees per gigahertz to be quantified without relying only on three representative frequencies.

5. CONCLUSION

A nine-element periodic microstrip traveling-wave antenna has been numerically investigated for passive frequency-controlled beam scanning. The design was analyzed over 6–12 GHz and exhibits an approximate –10 dB impedance bandwidth of 7.0–10.0 GHz, with a minimum $|S_{11}|$ of about –30 dB near 7.4 GHz. At 7.2, 8.6, and 9.8 GHz, the maximum directivity is approximately 13.3, 14.9, and 15.9 dBi, respectively. The main beam progresses from an off-broadside direction to near broadside and then to the opposite side of broadside as frequency increases. Meanwhile, the half-power beamwidth decreases from 18.4° to approximately 11° and the side-lobe level remains between –9.5 and –12.8 dB. These results demonstrate the frequency-scanning potential of the proposed low-profile structure. Measurement-based validation, realized-gain characterization, and two-port power analysis are required before practical performance can be fully established.

ACKNOWLEDGMENTS

The authors would like to thank Yıldız Technical University's Smart RF and Antenna Systems Research Laboratory for providing the computational resources and software licenses necessary for this research.

REFERENCES

- [1] D. M. Pozar, *Microwave Engineering*, 5th ed. Hoboken, NJ, USA: Wiley, 2021.
- [2] C. A. Balanis, *Antenna Theory: Analysis and Design*, 4th ed. Hoboken, NJ, USA: Wiley, 2016.
- [3] D. R. Jackson, C. Caloz, and T. Itoh, "Leaky-wave antennas," *Proceedings of the IEEE*, vol. 100, no. 7, pp. 2194–2206, Jul. 2012, doi: 10.1109/JPROC.2012.2187410.
- [4] D. R. Jackson and A. A. Oliner, "Leaky-wave antennas," in *Modern Antenna Handbook*, C. A. Balanis, Ed. Hoboken, NJ, USA: Wiley, 2008, pp. 325–367.
- [5] J. Liu, D. R. Jackson, and Y. Long, "Substrate integrated waveguide (SIW) leaky-wave antenna with transverse slots," *IEEE Transactions on Antennas and Propagation*, vol. 60, no. 1, pp. 20–29, Jan. 2012, doi: 10.1109/TAP.2011.2167910.
- [6] S. Otto, A. Rennings, K. Solbach, and C. Caloz, "Transmission line modeling and asymptotic formulas for periodic leaky-wave antennas scanning through broadside," *IEEE Transactions on Antennas and Propagation*, vol. 59, no. 10, pp. 3695–3709, Oct. 2011, doi: 10.1109/TAP.2011.2163781.
- [7] F. Güneş, A. Belen, and M. A. Belen, "Microstrip tapered traveling wave antenna for wide range of beam scanning in X- and Ku-bands," *International Journal of RF and Microwave Computer-Aided Engineering*, vol. 29, Art. no. e21771, 2019, doi: 10.1002/mmce.21771.

- [8] A. Belen, F. Güneş, M. A. Belen, and P. Mahouti, "Microstrip leaky wave antenna for wide range of beam scanning in X band," *Microwave and Optical Technology Letters*, vol. 63, no. 10, pp. 2646–2650, 2021, doi: 10.1002/mop.32957.
- [9] N. Javanbakht, B. Syrett, R. E. Amaya, and J. Shaker, "A review of reconfigurable leaky-wave antennas," *IEEE Access*, vol. 9, pp. 94224–94238, 2021, doi: 10.1109/ACCESS.2021.3093775.
- [10] M. A. Belen, P. Mahouti, S. Koziel, A. Caliskan, and S. Szczepanski, "On decomposition-based surrogate-assisted optimization of leaky wave antenna input characteristics for beam scanning applications," *IEEE Access*, vol. 9, pp. 161318–161325, 2021, doi: 10.1109/ACCESS.2021.3132079.

THERMAL PERFORMANCE OF A CLIMATE-RESPONSIVE DATA CENTRE IN ABUJA, NIGERIA**Kanu-Ikoku Prince U**

Department of Architecture, Federal University of Technology Minna, Niger State, Nigeria

ORCID ID: 0009-0001-9008-162X**Dr. P. B. Haruna**

Department of Architecture, Federal University of Technology Minna, Niger State, Nigeria

ORCID ID: 0009-0006-8344-9963**Dr. B. M. Lawal**

Department of Architecture, Federal University of Technology Minna, Niger State, Nigeria

ORCID ID: 0009-0009-5519-554X**S. B. Ahmed**

Department of Architecture, Federal University of Technology Minna, Niger State, Nigeria

ORCID ID: 0009-0004-4032-3311**ABSTRACT**

Nigeria's expanding digital economy is experiencing rapid growth in data centre construction and other IT infrastructure. There is, however, very little research towards facilities within a tropical savannah climate like Abuja. Conventional cooling methods developed for temperate climates, when adopted in warm, humid climates, lead to 30–40% higher cooling costs and carbon emissions. This paper investigates how climate-responsive architectural strategies can be integrated into data centre design for Abuja. This is to reduce cooling loads without compromising IT equipment performance. A mixed-methods framework was employed for this research. This was done by combining a literature review, a comparative analysis of five relevant case studies, and EnergyPlus building energy simulation using Abuja hourly weather data. The Results show that by integrating north-south orientation, cool roofs, high-performance insulation, indirect evaporative pre-cooling, night ventilation of support spaces, and a dry-season air-side economiser, it is possible to achieve a 45.1% reduction in annual cooling energy, lowering Power Usage Effectiveness from a baseline of 2.12 to 1.48. The results show that context-specific, climate-responsive design significantly reduces data centre energy demand in the Nigerian tropical climate, offering a replicable framework for West Africa's emerging data centre sector.

Keywords: climate-responsive design, data centre, energy efficiency, passive cooling, tropical savanna,

1. INTRODUCTION

The global expansion of digital infrastructure has led to an increase in data centre construction. These facilities collectively consume 1–2% of global electricity (Takci et al., 2025). In Nigeria's rapidly growing digital economy, Abuja has emerged as a preferred location for data centre installations. Designing these facilities for Abuja's tropical savannah climate presents challenges that the available relevant literature has only partially addressed.

Cooling systems make up 30–50% of total data centre energy consumption. This makes thermal management the highest operational challenge (Naganandhini et al., 2023). Abuja has an average annual temperature of 25–29°C with seasonal relative humidity ranging from below 30% in the harmattan to above 80% in the wet season. There is high solar irradiation of 4.5–6.5 kWh/m²/day that limits free-cooling opportunities and amplifies cooling demands. This paper reports on a mixed-methods investigation carried out on how climate-responsive architectural design can be integrated into data centre design for Abuja, with quantitative performance evidence from building energy simulations.

2. LITERATURE REVIEW

2.1 Abuja's Climate and Cooling Implications

Abuja's Köppen Aw classification denotes distinct wet and dry seasons overlaid on persistently elevated temperatures. During the dry season (November–March), relative humidity is reduced below 30% due to harmattan winds. This creates a wet bulb depression of 15–20°C, which is favourable for evaporative cooling. The wet season (April–October) reverses this, with humidity at 70–80% and wet bulb depressions of only 3–5°C, which reduces the effectiveness of evaporative cooling (Ogunjobi, 2024). It should also be noted that solar radiation is high year-round due to Abuja's position at approximately 9°N. These conditions combined result in data centre cooling loads 30–40% greater than those in temperate climates (Zhang et al., 2022).

Table 1: Summary of Abuja Climatic Parameters Relevant to Data Centre Cooling

Season	Avg Temp (°C)	Rel. Humidity (%)	Wet Bulb Depression (°C)	Solar Irradiation (kWh/m ² /day)
Dry Season (Nov–Mar)	28–35	20–30	15–20	5.5–6.5
Wet Season (Apr–Oct)	22–30	70–80	3–5	4.5–5.5
Annual Average	25–29	~55 (range 20–80)	3–20 (seasonal)	4.5–6.5

Source: Nigerian Meteorological Agency (NiMet), 2024; Ogunjobi, 2024; Climate.OneBuilding.Org.

2.2 Passive and Hybrid Cooling Strategies

Without introducing moisture to the supply air stream, Indirect evaporative cooling is able to achieve 70–80% effectiveness and has been applied in comparable climates (Tejero-González et al., 2025). By taking advantage of Night ventilation, Abuja's 12–15°C dry-season diurnal temperature range can reduce daily cooling energy requirements by 20–40% in support spaces (Umar, 2023). Cool roofs with high solar reflectance reduce surface temperatures by 20–30°C relative to conventional dark finishes (Alkrush et al., 2024). The use of Hybrid systems that employ passive strategies together with a mechanical backup has been shown to achieve 30–50% in energy savings in tropical contexts (Zhang et al., 2022). Lower peak solar heat gains is better achieved through North-south building orientation than east-west alignment at tropical latitudes (González et al., 2024), while the volume of areas requiring precision cooling can be achieved through effective thermal zoning (Perumal et al., 2022).

3. RESEARCH METHODOLOGY

The study adopted a mixed-methods sequential research design across three interconnected stages (Younas et al., 2024). First, thirty years of historical primary climate data gathered from the Nigerian Meteorological Agency (NiMet) were cross-validated against the EnergyPlus Weather (EPW) file for Abuja. Psychrometric analysis in Climate Consultant 6.0 was used in mapping passive cooling potential across the annual climate cycle. Second, five data centres were examined through a structured comparative case study that took into cognisance the site context, design strategies, performance outcomes, and relevance to the Abuja climate. Third, EnergyPlus Version 23.1, accessed via DesignBuilder 7.0, was used to simulate a conceptual 300 kW Tier III facility. A conventional mechanically cooling baseline was established, and three design scenarios were tested using the Abuja EPW file to generate annual cooling energy, PUE, and peak cooling load outputs. Validation was carried out against published tropical data centre benchmarks, and a sensitivity analysis was applied to relevant input parameters.

4. FINDINGS

4.1 Case Study Analysis

Five data centres were examined for design deductions relevant to Abuja. The Sora data centre in Malaysia demonstrated that thermal zoning and airtight reinforced concrete construction significantly reduce cooling loads in humid tropical conditions. The Benguerir data centre in Morocco established the effectiveness of passive double-roof ventilation, solar chimney stack effects, and courtyard evaporative cooling in a seasonally dry climate analogous to Abuja's dry season. Rack Centre in Lagos — the most climatically comparable case — confirmed that sealed construction and precision cooling redundancy are prerequisites for reliable operation in West African tropical conditions. Yotta NM1's PUE of 1.4 provided a performance benchmark for a comparable warm-climate facility.

Table 2: Comparative Case Study Analysis — Climate-Responsive Data Centres

Data Centre	Location / Climate	Primary Cooling Strategy	Performance Outcome	Relevance to Abuja Design
Equinix AM4	Amsterdam; Temperate	Waste heat reuse; architectural integration	Reduced net energy; urban acceptance	Envelope flexibility and thermal zoning principles
Sora (NTT MSC)	Cyberjaya, Malaysia; Tropical Humid	Thermal zoning; airtight RC envelope; vertical louvres	Reduced latent load; humidity control	Zoning and sealed high-mass envelope directly transferable
Data Centre Benguerir	Morocco; Semi-arid	Double roof; solar chimneys; courtyard evaporative cooling	Substantial passive cooling reduction	Dry-season evaporative and stack strategies applicable
Yotta NM1	Panvel, India; Warm	Hot/cold aisle containment; modular CRAH	Design PUE 1.4 at Tier IV scale	PUE benchmark and airflow management reference
Rack Centre	Lagos, Nigeria; Tropical Humid	Precision cooling; redundant HVAC; airtight construction	Reliable operation in West African tropics	Closest analogue; confirms sealed envelope and redundancy requirements

Source: Author's compilation from case study analysis, 2026.

4.2 Simulation Results

The simulation results demonstrate a clear performance hierarchy corresponding to progressive integration of climate-responsive strategies, as shown in Table 3. Envelope optimisation alone (S1) yields a 16% cooling energy reduction and a PUE improvement from 2.12 to 1.95, mainly through reduced solar heat gain from north-south orientation and cool roof specification. Adding passive cooling strategies (S2) more than doubles the cumulative saving to 32.1%, with indirect evaporative pre-cooling performing most strongly during the 4–5 dry season months when wet bulb depressions of 15–20°C make it highly effective. The fully integrated hybrid design (S3) achieves a 45.1% reduction and a PUE of 1.48, approaching the performance benchmarks of the best tropical-climate data centres in the literature.

Table 3: Building Energy Simulation Results — Design Scenarios for Proposed Abuja Data Centre

Scenario	Design Variables Applied	Annual Cooling Energy (kWh/yr)	Annual PUE	Cooling Load Reduction vs Baseline (%)
S0 — Baseline	Conventional CRAC; no passive strategies; E–W orientation	~1,620,000	2.12	—
S1 — Envelope	N–S orientation; cool roof ($SRI \geq 78$); optimised insulation; minimal glazing	~1,360,000	1.95	16.0%
S2 — Passive	S1 + indirect evaporative pre-cooling; night ventilation of grey spaces; E/W brise-soleil	~1,100,000	1.72	32.1%
S3 — Hybrid Integrated	S2 + air-side economiser (dry season); thermal zoning; vegetated roof; smart BMS	~890,000	1.48	45.1%

Note: IT load = 300 kW; Tier II reliability; Abuja EPW climate file. PUE = Total Facility Energy / IT Equipment Energy.

5. THE DESIGN PROPOSAL

5.1 Site Planning and Orientation

The proposed data centre is oriented with its long axis aligned north-south, positioning the server hall at the building's thermal core with mechanical, electrical, and administrative zones forming thermal buffer strips on the east and west flanks. Evergreen trees on the east and west site boundaries provide seasonal shading and evapotranspiration cooling, reducing ambient temperature by an estimated 2–4°C in the immediate vicinity (Unal & Middel, 2025). Planted zones channel prevailing south-western wet-season winds towards mechanical intake louvres.

5.2 Building Envelope and Material Strategy

External walls comprise 250 mm reinforced concrete with 100 mm rigid mineral wool insulation and external render. The roof is made up of a high-solar-reflectance membrane over 150 mm expanded polystyrene insulation, with a partial vegetated roof over administrative spaces for added thermal mass and evaporative cooling. Fenestration is restricted to administrative areas, where low-emissivity double glazing.

5.3 Spatial Organisation and Thermal Zoning

The facility is organised into three zones. The white space (server hall) occupies a central, windowless, sealed zone with mechanical cooling. The grey space encompassing UPS rooms, battery rooms, and electrical switchgear forms a buffer around the zone, maintaining tolerances up to 35°C and exploiting stack ventilation through high-level louvres. Administrative and security functions are located in a front block with passive and mixed-mode ventilation. This zoning reduces the volume requiring precision cooling by approximately 35% compared to a comparable unzoned space.

5.4 Passive and Hybrid Cooling Integration

During the dry season, an indirect evaporative pre-cooler in the outdoor air handling unit cools the supply air stream without adding moisture. An air-side economiser activates when the outdoor dry bulb

temperature falls below 18°C (typically 02:00–07:00, December–February), supplying pre-conditioned outside air to grey-space zones. Controlled night ventilation of grey spaces removes stored daytime heat from thermal mass elements. During the wet season, when outdoor humidity is high, the system transitions to full mechanical CRAH cooling backed by waterside economisation by means of a cooling tower. outdoor psychrometric conditions are monitored by a smart building management system and switch operational modes automatically.

6. DISCUSSION

A 45.1% reduction in annual cooling energy and a PUE of 1.48 are achievable through integrated climate-responsive design using materials and methods already familiar to Nigerian contractors. These include reinforced concrete, rendered masonry, standard metal deck roofing, and packaged CRAH units. The difference in passive strategies employed across the wet and dry seasons is a critical finding. Abuja's dual-season character means no single passive strategy is effective year-round. The hybrid BMS control logic managing this seasonal transition is not an optional enhancement but a functional requirement. The findings align with comparable tropical case studies. The NUS Green Data Centre in Singapore achieved PUE 1.25–1.30 with indirect evaporative cooling under a humid equatorial climate. Abuja's pronounced dry season is an asset, providing a predictable 4–5 month annual window of maximum passive cooling effectiveness. The research also highlights a policy gap in that Nigeria lacks data centre-specific building regulations tailored to our local climate. The design framework and methodology developed here offer a transferable basis for national policy, with significant implications for the growing West African data centre sector.

7. CONCLUSION

This paper demonstrates that climate-responsive architectural design can deliver substantial and measurable improvements in data centre energy performance within Abuja's tropical savannah climate. The integrated design strategy, together with the north-south orientation, building envelope insulation, cool and vegetated roofing, air-side economisation, night ventilation, indirect evaporative pre-cooling and smart controls, reduces annual cooling needs by 45.1% and achieves a PUE of 1.48 compared to a baseline of 2.12. The findings in this research fill a gap in the relevant literature on data centre design for tropical savannah climate and offer a replicable framework for comparable climates across Nigeria and West Africa. There is still further research to be done on aspects like post-occupancy validation, larger Tier III/IV facility, and integration of photovoltaics for net-zero-carbon operations.

REFERENCES

- Abdilla, R., Kumar, P., & Singh, T. (2025). Impact of elevated temperature setpoints on data centre energy consumption and equipment reliability. *Journal of Building Engineering*, 78, 107–119.
- Alkrush, M., Alobaid, F., & Eppe, B. (2024). Thermal management strategies for data centres: A review. *Energies*, 17(4), 923.
- ASHRAE. (2011). *Thermal guidelines for data processing environments* (3rd ed.). American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers.
- Ge, H., Wang, L., & Zhao, J. (2022). Thermal mass benefits of reinforced concrete in data centre construction. *Construction and Building Materials*, 350, 128896.
- González, R., Pérez, A., & Fernández, L. (2024). Building orientation and solar exposure in tropical latitudes. *Solar Energy*, 274, 112012.
- Karimimoshaver, M., & Derakhshan, G. (2026). Wind patterns and passive ventilation potential in tropical cities. *Building and Environment*, 247, 111045.
- Li, Y., Wang, W., & Zhao, X. (2025). Night ventilation and thermal mass in tropical commercial buildings. *Energy and Buildings*, 301, 113750.
- Naganandhini, S., Ramkumar, M., & Ramesh, S. (2023). Energy consumption analysis and optimisation strategies for data centre cooling systems. *Energy Reports*, 9, 6189–6204.
- Nigerian Meteorological Agency. (2024). Annual climate summary: Abuja, Federal Capital Territory. NiMet Technical Report 2024–02.

- Ogunjobi, K. (2024). Seasonal climate variability in Abuja and implications for building energy performance. *Nigerian Journal of Meteorology*, 15(1), 22–38.
- Perumal, R., Sundaram, A., & Krishnaswamy, T. (2022). Thermal zoning strategies for energy-efficient data centres. *Journal of Building Engineering*, 55, 104751.
- Romps, D. M. (2026). Wet bulb depression and evaporative cooling effectiveness. *Journal of the Atmospheric Sciences*, 83(2), 345–356.
- Simpeh, E. K., Brooks, A., & Ndiokubwayo, K. (2022). Energy efficiency strategies for data centre cooling in developing countries. *Journal of Green Building*, 17(1), 53–74.
- Soleimani, Z., Jones, B., & Eames, P. (2025). Indirect evaporative cooling for data centres in Middle Eastern climates. *Applied Energy*, 358, 122497.
- Takci, H., Genc, Y., & Ozer, E. (2025). Global data centre energy consumption trends and sustainability pathways. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 195, 114345.
- Tejero-González, A., Andrés-Chicote, M., & García-Casals, X. (2025). Counter-flow regenerative indirect evaporative cooling performance characterisation. *Applied Thermal Engineering*, 238, 121987.
- Umar, M. (2023). Diurnal temperature variation and passive cooling potential in Abuja, Nigeria. *Environmental Science and Policy*, 148, 105598.
- Unal, A., & Middel, A. (2025). Outdoor thermal comfort and shading in tropical climates. *Urban Climate*, 52, 101731.
- Vyshakh, V., Joseph, M., & Rajendran, P. (2022). Green roof thermal performance in tropical buildings. *Energy and Buildings*, 262, 111965.
- Xu, J., Zhao, P., & Chen, F. (2023). Cooling energy share in data centres: A global survey. *Energy Reports*, 9, 3425–3438.
- Yang, X., Li, X., & Wang, S. (2023). Stack ventilation design principles for commercial buildings. *Building and Environment*, 228, 109871.
- Younas, M., Azhar, N., & Akhtar, F. (2024). Mixed-methods approaches in built environment research. *Buildings*, 14(2), 412.
- Zhang, Y., Liu, H., & Chen, X. (2022). Data centre cooling in tropical climates: A systematic review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 162, 112440.
- Zhang, Y., Su, P., & Li, B. (2023). Cross-ventilation in commercial buildings: Design strategies and performance assessment. *Building and Environment*, 235, 110224.

PLASTICIZER-INDUCED SELF-HEALING IN BIOPLASTICS: OPPORTUNITIES FOR NEXT-GENERATION ELECTRICAL INSULATION MATERIALS**Rajesh J.H. NAVASINGH**

Faculty of Electrical Engineering, Automatic Control and Computer Science, Department of Electric Power Engineering and Renewable Energy, Opole University of Technology, Prószkowska 76 Str., 45-758 Opole, Poland

ORCID NO: 0000-0002-2679-473X

Maciej ZDANOWSKI

Faculty of Electrical Engineering, Automatic Control and Computer Science, Department of Electric Power Engineering and Renewable Energy, Opole University of Technology, Prószkowska 76 Str., 45-758 Opole, Poland

ORCID NO: 0000-0001-9781-1587

ABSTRACT

The increasing need for sustainable, environmentally friendly, and biodegradable products has drawn much interest in the field of bioplastics. The article examines the importance of plasticizers such as glycerol and sorbitol as intrinsic self-healing agents in bioplastics for electrical insulation purposes. The self-healing capability of the bioplastics is generally studied through cut-heal testing, whereas dielectric strength was measured before and after damage. Self-healing efficiency of the bioplastics is greatly enhanced with the addition of plasticizers, with glycerol-based systems showing faster healing rates. However, an increase in the quantity of plasticizers leads to increase in moisture absorption, causing a reduction in dielectric strength. Hence blended plasticizers are preferable as they exhibit an optimum balance.

Keywords: plasticizers, sustainable development, self-healing materials, electrical insulation, power cables

1. INTRODUCTION

With no doubt, electrical insulation materials play an important role in protecting the power system as well as renewable energy infrastructure, the electric vehicle and electronics (Tanaka & Imai, 2017). Traditional insulators such as cross-linked polyethylene (XLPE) and polyvinyl chloride (PVC) possess great dielectric properties, albeit with significant environmental impact as they are long-lasting and rarely recyclable (Zhang et al., 2020). Bioplastics fabricated from renewable materials (e.g., starch, cellulose, and other polysaccharides) can also be biodegradable, are low in toxicity, and contribute minimal carbon emissions making them useful eco-friendly alternative materials (Averous & Pollet, 2012). But they are bioplastics often fragile, weak, susceptible to microcracking when subjected to electrical or mechanical forces, causing premature breakdown, as well (Vieira et al., 2011).

The intrinsic self-healing mechanisms relying on the dynamic behavior of polymer chains without outside healing agents are a very promising approach for extending the material-life span and consequently minimizing maintenance (Yang & Urban, 2013). These mechanisms are usually through reversible non-covalent structures (e.g., hydrogen bonding) or dynamic covalent connections, thereby permitting chain diffusion and reformation across damaged interfaces (Cordier et al., 2008).

Plasticizers act as pivotal in the intrinsic self-healing because they increase the free volume, decrease the glass transition temperature (T_g), and improve the chain mobility (Wang et al., 2018). Hydrophilic biopolymers like starch are well-suited for polyol plasticizers like glycerol and sorbitol, because of their several hydroxyl groups which form hydrogen bonds with the polymer matrix (Godbillot et al., 2006).

2. PLASTICIZERS IN BIOPLASTICS

Plasticizers (also known as low molecular weight additive materials) are used in polymers to promote flexibility, processability and ductility (Vieira et al., 2011). For starch-based bioplastics (thermoplastic starch, TPS), native starch is crystalline and brittle owing to large intermolecular and intra-molecular hydrogen bonding (Averous & Pollet, 2012).

The addition of plasticizers breaks these bonds, decreases crystallinity, and promotes chain mobility (Godbillot et al., 2006). One of the most reliable and common plasticizers, glycerol is a small triol molecule. This is highly beneficial as it substantially decreases T_g , increases elongation at break and film flexibility but also increases hydrophilicity and permeability of water vapour (Sothornvit & Krochta, 2005). Sorbitol, a higher molecular weight hexitol, has higher tensile strength, thermal stability and low moisture sensitivity as compared to glycerol and could also potentially exhibit a slower rate of plasticization kinetics (Yang & Paulson, 2000).

Blends of glycerol and sorbitol typically exhibit a synergistic effect in which rapid mobility efficiency of glycerol, with the structural support and barrier characteristics of sorbitol, is added. Easier processes such as oxidation or native potato starch films have demonstrated that optimum Glycerol:Sorbitol ratio enhance elasticity, transparencies and mechanical support and decrease the water vapor permeability (Muscat et al., 2012).

Plasticizers promote intrinsic repair mainly by

- Enhanced chain interdiffusion across cut or cracked interfaces (Wang et al., 2018)
- Reformation of hydrogen bonds or other reversible interactions (Cordier et al., 2008)
- Less retrogradation (recrystallization) that may otherwise stiffen the material with time.

Cut-heal methods are generally applied and involve contact with damaged samples to return tensile properties, ranging from room temperature to low heat (Yang & Urban, 2013).

3. SELF-REPAIRING PROPERTIES IN PLASTICIZED BIO-PLASTICS

The intrinsic self-healing of bioplastics differs as well from extrinsic methods (e.g., microcapsules) because they depend on the inherent chemistry of each material (Blaiszik et al., 2010). In the case of plasticized starch systems, the mechanism of healing does not involve dynamic covalent bonds but rather supramolecular interactions, and in particular, some advanced bio-inspired networks feature imine or disulfide exchanges, which promote improved performance (Zhang et al., 2019).

Usually, glycerol-plasticized films experience quicker healing and better efficiency (>80% recovery of tensile strength) due to reduced T_g levels and greater molecular mobility (Wang et al., 2018). Sorbitol-plasticized systems heal slowly but retain better mechanical integrity from a post-healing site and lower swelling. Binary blends often provide a balanced performance, with healing efficiencies of roughly 85–90% which also relieve a high degree hygroscopicity (Garcia et al., 2010).

Morphological analysis (SEM) shows that the interfaces of restorative plasticized samples are more uniform and smoother, while FTIR spectroscopy reveals that hydrogen bonding networks have been restored (shifts or intensity differences from O-H stretching bands). Highly plasticized films undergo reduced crystallinity (XRD), which promotes diffusion but if not optimized might aggravate retrogradation. A vast majority of self-healing initiatives in the field of plasticized bioplastics emphasize mechanical recovery for packaging, but the mobility improvement can be directly generalized into electrical insulation where microcracks from either electrical treeing or mechanical loading can start dielectric breakdown (Tanaka & Imai, 2017).

Dielectric strength, volume resistivity or dielectric constant are the main parameters for insulation materials (Zhang et al., 2020). Unplasticized starch films can achieve fair starting dielectric behaviour, with lower physical properties limiting its application. Plasticisation enhances toughness (Zhao et al., 2019) and can sustain (or slightly increase) dry-state dielectric strength (often 15–25 kV/mm range depending upon formulation). But, healing recovers 70–90% of the original properties in the optimized systems.

The greater the plasticizer content, the higher the moisture absorption. Glycerol-containing films absorb more water (up to 40–50% in some cases), providing more plasticizer and generating ionic conduction pathway which reduces dielectric strength by 20–40% in humidity (Sothornvit & Krochta, 2005). Sorbitol/blends prevent absorption (typically <30%), so there is a higher energy electrical strength. In outdoor and high humidity fields water vapor permeability and solubility will also increase with plasticizer loading, thereby possibly causing dangers. Strategies to be used to reduce this include partial oxidation of starch, inclusion of hydrophobic fillers, or co-plasticization with less hydrophilic materials. There has been little if any work in this literature addressing the self-healing of high-voltage insulation bioplastics, but work to date on the biodegradable dielectrics and self-healing elastomers for cables have

emerged demonstrating similar potentials (Zhao et al., 2019). Biopolymer components such as PLA and PHB exhibit great potentials for breakdown strength but plasticizer healing could be used to improve the strength further (Zhang et al., 2020).

4. COMPARATIVE ANALYSIS AND CHALLENGES

Feature	Glycerol	Sorbitol
Molecular size	Small (3 OH groups)	Larger (6 OH groups)
Plasticization mechanism	Enters between polymer chains, disrupts hydrogen bonds, increases free volume	Similar mechanism, but bulkier molecule reduces chain mobility by steric hindrance
Efficiency (at same wt%)	More efficient – lowers glass transition temperature (T _g) more per unit mass	Less efficient – requires higher concentration to achieve same T _g reduction
Effect on film flexibility	Produces highly flexible, soft, sometimes tacky films	Produces moderately flexible, less tacky, firmer films
Effect on tensile strength	Decreases strength more significantly	Decreases strength less (better strength retention)
Effect on elongation at break	Increases elongation dramatically (very stretchable)	Increases elongation moderately
Hydrogen bonding capacity	Strong, but chains can reorient easily	Very strong, tends to form intra- and inter-molecular bonds, reducing polymer–plasticizer interaction
Migration / leaching tendency	Higher mobility → migrates more out of film over time (especially in humid conditions)	Lower mobility → migrates less (more permanent plasticizer)
Hygroscopicity (water absorption)	Very high → film absorbs moisture, swells, may become sticky	Moderate → film more stable under high humidity
Crystallization tendency	Does not crystallize (remains amorphous liquid)	Can recrystallize over time in some polymers (e.g., starch), reducing plasticization
Effect on oxygen barrier	Increases O ₂ permeability (due to free volume)	Lower O ₂ permeability increase than glycerol
Thermal stability in processing	Stable up to ~150°C; above that, degrades	More thermally stable (higher decomposition temp)

Feature	Glycerol	Sorbitol
Typical concentration (in starch films)	20–40% (w/w of polymer)	30–50% (w/w of polymer)
Common issues	Tackiness, exudation, over-softening	Crystallization, brittleness at low concentrations

Table 1: Comparison between Glycerol and Sorbitol

Table 1 gives the comparison between the properties of Glycerol and Sorbitol. Comparison studies demonstrate:

- Glycerol: Stronger, faster to heal, has More Water Sensitivity.
- Sorbitol: Tensile strength, thermal stability, moisture absorbing, healing time.
- Combination of Glycerol and Sorbitol: Ideal mixture for mechanical healing, dielectric retention and processability. Optimization is usually performed with the 20–40 wt% total plasticizer in general, and the appropriate proportion is specific to the application (e.g., application of greater glycerol in flexible insulation for fast room-temperature regeneration). Other strategies include crosslinking, nanoparticle augmentation, or other mechanisms to enhance long-term stability without affecting the healing ability and flexibility of the particles. Biodegradability is still an important benefit: the polymerized starch films usually degrade rapidly in soil or compost, promoting the cycle, so plasticized starch films are also biodegradable, in line with circular economy aims.

5. CONCLUSION

Glycerol and sorbitol plasticizers can promote to obtain intrinsic self-healing properties for bioplastics, but also improve the chain mobility and reversible interactions between molecules that are critical for repairing damage. Occurring alongside glycerol healing, sorbitol and its combinations are also capable of controlling moisture-induced dielectric degradation.

In addition to biodegradability, these unique mechanical features of the polymer provided by the plasticizer help us to realize that its autonomic healing could be beneficial for sustainable electrical insulation. Studies currently underway focused on multi-property optimization will be critical to the development of high-performance materials with practical integration into energy infrastructure.

REFERENCES

- Averous, L., & Pollet, E. (2012). *Environmental silicate nano-biocomposites*. Springer.
- Blaiszik, B. J., Kramer, S. L. B., Olugebefola, S. C., Moore, J. S., Sottos, N. R., & White, S. R. (2010). Self-healing polymers and composites. *Annual Review of Materials Research*, *40*, 179–211.
- Cordier, P., Tournilhac, F., Soulie-Ziakovic, C., & Leibler, L. (2008). Self-healing and thermoreversible rubber from supramolecular assembly. *Nature*, *451*(7181), 977–980.
- Garcia, M. A., Martino, M. N., & Zaritzky, N. E. (2010). Plasticized starch-based coatings: Effect of glycerol and sorbitol on physicochemical properties. *Journal of Applied Polymer Science*, *118*(3), 1515–1525.
- Godbillot, L., Dole, P., Joly, C., Rogé, B., & Mathlouthi, M. (2006). Analysis of water binding in starch plasticized films. *Carbohydrate Polymers*, *64*(3), 429–436.
- Sothornvit, R., & Krochta, J. M. (2005). Plasticizers in edible films and coatings. In J. H. Han (Ed.), *Innovations in food packaging* (pp. 403–433). Elsevier.
- Tanaka, T., & Imai, T. (2017). Advances in nanodielectrics and electrical insulation. *IEEE Transactions on Dielectrics and Electrical Insulation*, *24*(5), 2659–2676.
- Vieira, M. G. A., da Silva, M. A., dos Santos, L. O., & Beppu, M. M. (2011). Natural-based plasticizers and biopolymer films: A review. *European Polymer Journal*, *47*(3), 254–263.
- Wang, Z., Zhang, Y., & Jiang, L. (2018). Self-healing bioplastics: The role of plasticizers in dynamic polymer networks. *Polymer Chemistry*, *9*(15), 1946–1955.

- Yang, Y., & Urban, M. W. (2013). Self-healing polymeric materials. *Chemical Society Reviews*, *42*(17), 7446–7467.
- Zhang, C., Zhu, P., Lin, Y., & Jiao, Z. (2019). Dynamic imine bonds in self-healing biodegradable plastics. *ACS Sustainable Chemistry & Engineering*, *7*(8), 7416–7425.
- Zhang, L., Li, H., & Wang, X. (2020). Dielectric properties of biodegradable polymers for electrical insulation applications. *Journal of Applied Polymer Science*, *137*(42), 49346.
- Zhao, Y., Liu, Y., & Peng, Z. (2019). Self-healing elastomers for cable insulation: A review. *Polymer International*, *68*(6), 1033–1044.

IMPACT OF BANK CHARACTERISTICS ON FINANCIAL PERFORMANCE OF SELECTED DEPOSIT MONEY BANKS IN NIGERIA

Ibrahim Abubakar

Department of Banking and Finance, Modibbo Adama University, Yola, Adamawa State, Nigeria

Dr. Daniel Marcel

Department of Business Administration, Mudiame University, Irrua, Edo State, Nigeria

Abstract

The banking sector's significance in an economy can be justified since it serves as the main conduit for savings and their distribution to various economic sectors. This study examines how bank characteristics including capital, loans and advances, and liquidity impact the financial performance of deposit money deposit institutions in Nigeria. It is therefore thought that the banking sector, especially Nigeria's deposit money institutions, cannot function economically in the absence of these elements. The study employs an ex post facto research design using secondary source data from the financial statements of the selected banks. Regression analysis was used to examine the data. The study's findings show that while bank capital and liquidity had no such impact during the study period, loans and advances had a significant impact on financial performance. According to the report, in order to boost the profitability of deposit money banks in Nigeria, the regulatory bodies of Nigerian banks should focus on and continue to regulate banks' capital as needed. The CBN should also evaluate the liquidity requirements in order to invest idle cash to increase revenues, and deposit money bank management should develop credit policies that align with the CBN's credit policies.

Keywords: bank characteristics, financial performance, deposit money bank

Introduction

Since the banking industry is the primary conduit for savings and their distribution to different economic sectors, its importance in an economy can be justified. By converting deposits into profitable investments, the banking industry performs an essential financial intermediation function (Usman et al., 2019). Despite their importance to the growth of the economy, deposit money institutions nevertheless struggle with fraud, unethical business practices, and financial failures. Previous research, like Usman et al. (2019), acknowledges the important influence of banks' profitability and features. Jalloh (2017) investigates how capital adequacy variables—total assets, owners' funds, client deposits, loans, and advances—affect Nigerian banks' performance. Ajibola (2016) investigates how different business strategies can be controlled to optimize profitability and boost performance in order to manage the assets and liabilities of financial institutions.

Nevertheless, the majority of research measures financial success using earnings or a single construct, with minimal focus on two or more financial performance metrics like ROA and ROE. Similar to this, the relationship between bank characteristics and financial performance has been extensively researched with conflicting results. For instance, Udo (2015) and Usman et al. (2019) confirmed that bank characteristics have a significant impact on financial performance, while Asikhia and Sokefun (2013) found no significant effect using data from various countries (Genchev, 2012). Thus, by examining the influence of bank features on financial performance on specific money bank deposits in Nigeria, this study closes gaps.

Literature Review

The bank's capital, liquidity, and loan and advance characteristics make up the study's bank characteristics. Since having enough capital for financial institutions is thought to be the best approach to maintain business operations, bank capital adequacy is one of the crucial factors in financial management (Olalekan et al, 2013). The money allotted to shareholders as stated in a bank's financial statement is known as bank capital. The operational but risky assets of banks that account for the majority of their revenue are loans and advances. According to Koch (1991), loans and advances, or

simply risk assets, are earning assets that could affect the bank's income and the market value of equity due to late or nonpayment.

Physical cash, bank accounts with CBN and other banks, Treasury bills and certificates, and any other assets of a bank that may be readily changed to cash with little risk of loss are all examples of liquidity in banks (Adah, 2012). The survival, expansion, sustainability, and effectiveness of a banking system are largely dependent on liquidity and bank performance. Errors in the design and execution of liquidity can have a long-term impact on the economy and banking operations (Edem, 2017). The phrase "bank performance" refers to a bank's ability to provide long-term profitability. Managers must consider intricate trade-offs between growth, return, and risk in order for a bank to operate successfully; risk-adjusted measures are preferred (Bassey, Tobi, Bassey, and Ekwere, 2016). There are three types of bank performance metrics: traditional, economic, and market-based.

Theoretical Framework

Adam Smith's commercial loan hypothesis from 1776 serves as the foundation for this investigation. According to this theory, commercial paper maturities should be less than a year in order for bank loans to be short-term, self-liquidating, and profitable. According to Soyibo (1994), the theory states that long-term loans, such as those for estate and financing the acquisition of machinery and plants, should not be given by banks since they are deemed to be too illiquid.

Empirical Review

Numerous studies employing data from several nations have examined the relationship between bank attributes and financial success, notably earnings, with conflicting results (Genchev, 2012). Jalloh (2017) uses a cross-panel from nine deposit money banks with substantial international activities to investigate the effects of capital adequacy variables (total assets, owners' funds, customers' deposits, loans, and advances) on bank performance in Nigeria. The findings of the ordinary least square (OLS) regression demonstrate that independent factors accounted for 76% of the fluctuations in profit after tax, suggesting that capital size should not be given too much weight. Ajibola (2016) examines how different business strategies can be controlled to optimize profitability and boost performance in order to manage the assets and liabilities of financial institutions. To investigate the association between the variables, time-series and cross-sectional data were taken from audited financial statements of particular Nigerian Deposit Money Banks and subjected to panel data regression analysis. The findings demonstrate a favorable relationship between loans and advances and return on equity, particularly when profitability is used as a stand-in for financial performance.

Jibola (2016) investigates how to control the many kinds of business strategies to boost performance and maximize profitability in order to manage the composition of financial institutions' assets and liabilities. To investigate the association between the variables, time-series and cross-sectional data were taken from the audited financial statements of particular Nigerian Deposit Money Banks and subjected to panel data regression analysis. The outcome demonstrates a favorable relationship between loans and advances and return on equity, particularly when profitability is used as a stand-in for financial performance.

The impact of capitalization on Nigerian banks' profitability is examined by Ejokor et al. (2016). The study used panel and partial frontier efficiency analyses, with the capital base of DMBs, real income (GDP), financial deepening, interest rate, and inflation rate as independent factors and gross profits of 18 DMBs as the dependent variable. They discovered that capitalization significantly affects the banks' profitability. The study also showed that capitalization had the same effect on banks' profitability. Udo (2015) investigates the effects of bank attributes on the profitability and liquidity of a few Nigerian deposit money banks. Ten of Nigeria's twenty-two deposit money institutions made up the sample size. To direct the investigation, two hypotheses were developed and examined using regression analysis and Pearson's correlation coefficients. The results demonstrate a strong positive correlation between the variables under investigation.

Methodology

Ex post facto research design was used in the study. Data is regularly gathered in an ex post facto research design in order to forecast and explain a certain circumstance. The 11 deposit money banks in

Nigeria that were listed on the Nigerian Stock Exchange between 2015 and 2020 make up the population of this study. Purposive sampling techniques were used to choose a sample of five quoted deposit money banks from the population of eleven deposit money banks listed on the Nigerian Stock Exchange (NSE) market. Access Bank, First Bank of Nigeria, Guarantee Trust Bank, United Bank of Africa, and Union Bank are some of these financial institutions. Only secondary data—annual reports, fact books from the Nigerian Stock Exchange, and the annual financial statements of the sampled banks—were used for this study. The study used Karl Pearson Product Moment Correlation Coefficient (PPMCC) and scaled multiple linear regression (Ordinary Least Square, or OLS) to analyze data using SPSS version 27.

Results and Discussion

The impact of the independent variable board composition (as determined by claim statement, underwriting, and investment yield) on the financial performance of Nigerian insurance companies is covered in this section. Financial performance is represented by the return on asset as presented in Table 1.

Table 1: Model Summary and Regression Analysis

Model	Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	T	Sig.	Collinearity Statistics	
	B	Std. Error	Beta			Tolerance	VIF
1 (Constant)	.935	.371		2.521	.018		
BC	.012	.199	.012	.059	.953	.591	1.693
LA	1.131	.325	.556	3.477	.002	.961	1.041
LR	-.130	.110	-.235	-1.181	.249	.623	1.606
FSIZE	-.018	.018	-.161	-.992	.331	.936	1.068
R Square	0.621						
Adjusted R Square	0.386						
Durbin-Watson	1.639						
F	3.929						
Sig.	0.013						

a. Dependent Variable: FP

Table 1's results showed that the substandard loan had $\text{coef.} = 0.012$, $t = 0.059$, and $P = 0.953$. According to the study's findings, bank capital has no discernible effect on financial performance. Table 1's results showed that the loan and advance had $\text{coef.} = 1.131$, $t = 3.477$, and $P = 0.002$. This demonstrates that advances and loans have a big influence on financial performance. According to Table 4.3's study results, loan loss has $\text{coef.} = -.130$, $t = -1.181$, and $P = 0.249$. This research indicates that the liquidity ratio has a negligible and adverse effect on financial performance. The findings of Genchev (2012) and Jalloh (2017) corroborated the study's overall conclusion that bank characteristics (bank capital, loan and advance, liquidity ratio) have both good and negative effects on the financial performance of Nigerian deposit money banks.

Recommendations

The following suggestions were offered in light of the study's findings:

- In order to increase the profitability of deposit money banks in Nigeria and guarantee stability in the financial system, the regulatory bodies of Nigerian banks should concentrate on and keep regulating banks' capital as needed.
- The management of deposit money banks must exercise caution when creating effective credit policies that consistently align with the CBN's credit regulations. This is to guarantee improved financial performance and business continuity for banks.
- The CBN, the highest authority, should examine the liquidity requirements in order to invest surplus or idle liquidity in the banking system to improve financial performance.

References

- Abata, M. A. (2014). Asset quality and bank performance: A study of commercial banks in Nigeria. *Research Journal of Finance and Accounting*, 5(18), 39-44.
- Abu, S. O., Okpeh, A. J., & Okpe, U, J. (2016). Board characteristics and financial Performance of Deposit Money Banks in Nigeria. *International Journal of Business and Social Science*, 7(9), 159-173.
- Adegbaju, A. A., & Olokoyo, F.O. (2008). Recapitalization and banks' performance: A case study of Nigerian banks. *African Economic and Business Review*, 6(1), 1-17.
- Ajibola, J. O. (2016). The effects of assets and liability management on financial performance of some selected Nigerian banks. *Journal of Accounting and Financial Management*, 2(2), 44.
- Ajibolade, S. O. (2008). A survey of the perception of ethical behaviour of future Nigerian accounting professionals. *The Nigerian Accountant*, 43(3), 54-59.
- Akani, H. W., & Akani, V. (2018). Theoretical perspectives of earnings, profitability and asset quality in banking: Descriptive evidence from Nigeria economy. *World Journal of Finance and Investment Research*, 3(1), 1-24.
- Ariccia, D. G., & Marquez, R. (2004). Information and bank credit allocation. *Journal of Financial Economics*, 72(1), 185-214.
- Asediolen, T. (2004). For the economic and financial interest of Nigeria. *Niger world*, 1(2).
- Asikhia O., & Sokefun, A. (2013). Capital adequacy and banks' profitability: An empirical evidence from Nigeria. *American International Journal of Contemporary Research*, 3(10), 87-92.
- Bakare, A. S. (2011). The trends and growth implication of bank recapitalization in Nigeria", *African Journal of Business Management*, 5(14), 5938-5945.
- Bank of International Settlements (2010). Basel Committee Reaches Agreement on new capital Issue, Business releases 10.
- Barus, J.J., Muturi, W., Kibati, P., & Koima, J. (2017). Effect of capital adequacy on the financial performance of savings and credit societies in Kenya. *American Journal of Finance*, 1(4), 1-12.
- Bosede, A. F., Olowe, O., & Uwuigbe, O. (2013). Returns on investment of deposit money banks (DMBs) in Nigeria, *Journal of Applied Finance & Banking*, 3(3), 195-206.
- CBN (2018). List of deposit money banks and financial holding companies operating in Nigeria as at December 29, 2017. (PDF). Abuja: Central Bank of Nigeria. Retrieved 26/7/2018.
- Dang, U. (2011). *The CAMEL Rating System in Bank Supervision: A Case Study*. Helsinki, Finland: Degree Thesis, Arcada University of Applied Sciences
- Davydenko, A. (2010). Determinants of bank profitability in Ukraine. Undergraduate *Economic Review*, 7(1), 2.
- Diamond, D. W., & Rajan, R. G. (2000). A theory of bank capital. *Journal of Finance*, 55, 2431-2465. *European Journal of Accounting, Auditing and Finance Research*, 7(2), 48-59, March 2019
- Dietrich, A., & Wanzenried, G. (2014). The determinants of commercial banking profitability in low; middle; and high income countries. *The Quarterly Review of Economics and Finance*, 54(3), 337-354.
- Edem, D. B. (2017). Liquidity management and performance of deposit money banks in Nigeria (1986 – 2011): An investigation. *International Journal of Economics, Finance and Management Sciences*, 5(3), 146-161.
- Eichengreen, B., & Gibson, H. D. (2001). Greek banking at the dawn of the new millennium. CEPR Discussion Papers 2791.
- Ejokor, L., Konboye, J., & Nteegah, A. (2016). Banking sector capitalization and deposit money banks' profitability in Nigeria. *International Journal of Social Science and Management*, 3(3), 203-213.
- Elliot, J. W. (1984). Money, banking and financial markets. New York, West Publishing Company.
- Ezike, J. E., & Oke, M. O. (2013). Capital adequacy standards, Basel accord and bank performance: the Nigerian experience (A Case Study of Selected Banks in Nigeria). *Asian Economic and Financial Review*, 3(2), 146-159.
- Genchev, E. (2012). Effects of market share on the bank's profitability. *Review of Applied Socio Economic Research*, 3(1), 87-95
- Global Association of Risk Professionals (2013). Liquidity risk management overview and practitioner's challenges of Commercial banks. Dubai.

- Goddard, J., Molyneux, P., & Wilson, J. (2004). The profitability of European banks: A cross-sectional and dynamic panel analysis. *The Manchester School*, 72(3), 363-381.
- Hair, J. F., Tathan, R. I., & Anderson, R. E. (2005). *Multivariate data analysis*. 6th ed. Printice Hall.
- Hassan, M. K., & Bashir, A. H. (2004). *Determinants of Islamic banking profitability*. Paper presented at International Seminar on Islamic wealth creation, United Kingdom, University of Durham.
- Ibe, S. O. (2013). The impact of liquidity management on the profitability of banks in Nigeria. *Journal of Finance and Bank Management*, 1(1), 37-48.
- Imeokparia, L. (2015). Capital base and performance of money deposit banks in Nigeria: Pre and post consolidation era. *International Journal of Managerial Studies and Research*, 3(1), 74-82.
- Jalloh, M. A. (2017). Impact of capital adequacy on the performance of Nigerian banks using the Basel accord framework. *East Africa Research Papers in Business, Entrepreneurship and Management*, (07), 74-82.
- Kamande, E.G., Zablou, E., Ariemba, J. (2016), The effect of bank specific factors on financial performance of commercial banks in Kenya. *International Journal of Sciences, Basic and Applied Research*, 30(5), 165-180
- Khalid, A. C. (2012). The impact of asset quality on profitability of private banks in India: A Case Study of JK, ICICI, HDFC & YES Banks. *Journal of African Macroeconomic Review*, 2(1), 1-22.
- Makau, N. F., & Memba, F. (2014). Influence of asset liability management on financial performance of commercial banks in Kenya: A case study of diamond trust bank. *International Journal of Economics, Commerce and Management*, 2(10), 1-20.
- Mehran, H., & Thakor, A. V. (2009). *Bank capital and value in the cross-section*. Working Paper, Nwankwo, G. O. (1991). *Bank management, principles and practice*, Lagos, Malthouse Press Ltd.
- Nwaezeaku, N. C. (2006). *Theories and practice of financial management*. Owerri. Ever Standard Publishing.
- Olalekan, A., & Adeyinka, S. (2013). Capital Adequacy and Banks' Profitability: An empirical evidence from Nigeria. *American International Journal of Contemporary Research*, 3(10), 87-93.
- Olaoye, F. O., & Olarewaju, O. M. (2015). Determinants of deposit money banks' profitability in Nigeria. *Arabian Journal of Business and Management Review*, 4(9), 11.
- Olarewaju, O. M., & Adeyemi, O. K. (2015). Causal relationship between liquidity and profitability of Nigerian deposit money banks. *International Journal of Academic Research in Accounting, Finance and Management Sciences*, 5(2), 165–171.
- Oluyemi, S. A. (2006). The implications for banks' profitability on implementing the risk-based capital requirements, Lagos: NDIC Quarterly. *European Journal of Accounting, Auditing and Finance Research*, 7(2), 48-59
- Ozgur, O., & Gorus, M. S. (2016). Determinants of deposit bank profitability: Evidence from Turkey. *Journal of Applied Economics and Business Research*, 6(3), 218-231.
- Pasiouras, F., & Kosmidou, K. (2007). Factors influencing the profitability of domestic and foreign commercial banks in the European Union. *Research in International Business and Finance*, 21(2), 222-237.
- Prochanow, H. V. (1949). Bank liquidity and the new doctrine of anticipated income, *The Journal of Finance*, 1(4), 298–314.
- Ramadan I. Z., Kilani, Q. A., & Kaddunni, T. A. (2011). Determinants of bank profitability: Evidence from Jordan. *International journal of Academic Research*. 3(4), 80-91.
- Rivard, R. J., & Thomas, C. R. (1997). The effect of interstate banking on large bank holding company profitability and risk. *Journal of Economics and Business*, 49(1), 61-76.
- Somoye, R. O. C. (2008). The Performances of commercial banks in post-consolidation period in Nigeria: An empirical review. *European Journal of Economics, Finance and Administrative Sciences*, 14, 62-73.
- Soyibo, A. (1994). *Managing bank assets in a depressed economy*. A paper presented at Union Bank of Nigeria Area Managers' Conference, Ibadan.
- Tsai, Y. C., (2010). The current situations, problems and countermeasures of Taiwan's Banking system. *Sinopac Finance Quarterly*. 8(24): 77-102.
- Usman, A.U., et al. (2019) The Use of the Weighted Least Squares Method When the Error Variance Is Heteroscedastic. *Benin Journal of Statistics*, 2, 85-93.

PERSISTENCE, INSTITUTIONS, AND DEVELOPMENT: A MULTI-METHOD PANEL ANALYSIS OF CORRUPTION DETERMINANTS IN EUROPEAN COUNTRIES**Phd Candidate, Cristian-Romeo SPĂȚARU**

“Alexandru Ioan Cuza” University of Iasi, The Doctoral School of Economics and Business Administration, Department of Economics, Iasi - ROMANIA
ORCID NO: 0009-0000-7255-5708

Prof. Dr. Cristian Constantin POPESCU

“Alexandru Ioan Cuza” University of Iasi, Faculty of Economics and Business Administration, Department of Economics, Iasi - ROMANIA
ORCID NO: 0000-0002-0424-8754

Abstract

This article investigates the structural and institutional determinants of corruption across 32 European countries over the period 2002–2023, employing a progressive multi-method panel econometric strategy. The analysis advances from static pooled OLS and two-way fixed-effects specifications to dynamic autoregressive models, a panel error-correction model (ECM), Blundell-Bond System GMM, and long-run heterogeneous estimators (FMOLS-MG, AMG, DOLS-MG, CCE-MG), while addressing cross-sectional dependence, heterogeneous slopes, and endogeneity concerns throughout.

The results reveal that corruption exhibits strong temporal persistence, with an autoregressive coefficient of 0.854 and a long-run multiplier of approximately 4.5×, implying that institutional reforms require a sustained implementation horizon of 7–10 years to materialize fully. Government effectiveness emerges as the most robust determinant, remaining statistically significant at the 1% level across all main specifications. At the same time, economic development exerts a large and consistent negative effect on corruption in both the short and long run. Error Correction Model (ECM) estimation confirms that approximately 60% of deviations from long-run equilibrium are corrected within one year, with short-run dynamics driven primarily by changes in GDP, government effectiveness, and gross fixed capital formation. Income inequality is positively associated with corruption, consistent with political economy mechanisms linking unequal social structures to weaker institutional accountability. Endogeneity diagnostics confirm the presence of simultaneity bias in the relationship between government effectiveness and capital formation, while IV-2SLS estimates reveal substantial discrepancies relative to baseline fixed-effects coefficients. The findings are interpreted as robust conditional associations and carry implications for sustained, institution-focused anti-corruption policy within the European context.

Keywords: corruption determinants, panel data, dynamic fixed effects, error correction model, System GMM, long-run heterogeneous estimators.

1. INTRODUCTION

Corruption remains one of the most persistent institutional challenges facing European societies. Despite two decades of reforms and EU accession processes, significant cross-country variation persists. This article systematically investigates the determinants of corruption for a panel of 32 European countries, 2002–2023, progressing from static to dynamic models and from static to long-run estimators. The article is organized as follows: Section 2 formulates research questions. Section 3 reviews the literature. Section 4 describes data and methodology and presents the econometric equations of all estimated models. Section 5 presents results. Section 6 develops anti-corruption policy implications. Section 7 addresses the research questions and integrates the conclusions.

2. RESEARCH QUESTIONS AND HYPOTHESES**2.1 Research questions**

RQ1: To what extent is corruption determined by its own lagged level ($H_0: \phi_1 = 0$)?

RQ2: Is government effectiveness the most robust cross-model predictor ($H_0: \beta(\text{gov\_ef}) = 0$)?

RQ3: Does GDP operate as the dominant structural long-run determinant ($H_0: \beta(\log\_gdp) = 0$)?

RQ4: Which determinants operate in the short run vs. long run (separated by ECM)?

RQ5: What OLS bias does IV-2SLS document for endogenous variables (H_0 : no endogeneity)?

RQ6: Does income inequality (Gini) increase corruption in Europe (H_0 : $\beta(\text{gini}) = 0$)?

3. LITERATURE REVIEW

3.1 Theoretical framework

The empirical literature has identified a range of structural and institutional determinants of corruption. Economic development is among the most consistently documented: higher income levels are associated with lower corruption, partly because they accompany institutional modernization and greater state capacity (Treisman, 2000). Beyond income, deeper structural features of the polity - democratic traditions, legal origins, and the quality of regulation - have been shown to shape cross-country differences in corruption (Pellegrini & Gerlagh, 2008). Governance quality, and government effectiveness in particular, is repeatedly found to be one of the strongest correlates of lower corruption (Kaufmann et al., 2010).

The distribution of resources and opportunities also matters. Income inequality has been linked to higher corruption, operating through unequal political influence and the erosion of social trust (Uslaner, 2008; You & Khagram, 2005). Education, by contrast, tends to accompany lower corruption and stronger institutional quality, reflecting both greater civic capacity and stronger accountability pressures (Glaeser & Saks, 2006). Economic openness has likewise been emphasized: greater trade openness can erode the rents and monopolistic structures that generate incentives for corruption (Ades & Di Tella, 1999), while foreign direct investment has been associated with a gradual strengthening of host-country institutions and lower corruption, operating through regulatory-pressure, demonstration, and professionalization spillovers (Kwok & Tadesse, 2006). Finally, dependence on natural resources has frequently been linked to rent-seeking and institutional distortion, providing fertile ground for corrupt behavior (Bhattacharyya & Hodler, 2010).

3.2 Panel econometric methods

Because corruption data typically display strong persistence, cross-sectional dependence, and heterogeneous dynamics across countries, the recent literature has increasingly relied on advanced panel estimators. To accommodate cross-sectional dependence, serial correlation, and heteroscedasticity, Driscoll–Kraay standard errors provide a robust basis for inference (Driscoll & Kraay, 1998). When a lagged dependent variable is included, fixed-effects estimators suffer from Nickell bias (Nickell, 1981); dynamic panel estimators such as the Blundell–Bond System GMM are designed to address this source of bias (Blundell & Bond, 1998). To allow for heterogeneous slopes and unobserved common factors, the Augmented Mean Group estimator (Bond & Eberhardt, 2009; Eberhardt & Teal, 2010) and the Common Correlated Effects Mean Group estimator (Pesaran, 2006) have become standard tools.

This methodological toolkit underpins a continuing stream of empirical work on corruption and governance. Bauhr and Charron (2018) examine how grand corruption shapes electoral accountability, showing that political insiders tend to benefit from corrupt exchanges while outsiders are excluded from them. Fazekas and Blum (2021) review the tools and the available evidence on public procurement reforms, a domain in which objective, data-driven indicators have become central to measuring corruption risk. Mungiu-Pippidi and Johnston (2017) trace how the few countries that have escaped systemic corruption transitioned toward good governance, combining a theoretical framework with cross-country evidence and case studies. Rose-Ackerman and Palifka (2016) offer a comprehensive account of the institutional and economic roots of corruption, with particular attention to political corruption, accountability, and reform.

4. DATA AND METHODOLOGY

4.1 Data

The analysis uses a balanced panel of 32 European countries observed over 22 years (2002–2023), generating 704 observations. The dependent variable is an inverted version of the Corruption

Perceptions Index (CPI), with higher values indicating greater perceived corruption (mean=36.98, SD=18.59).

Eight predictors:

- educ_25 - population aged 25+ with tertiary education (% , mean=26.60);
- fdi - foreign direct investment net inflows (% of GDP, mean=0.205);
- log_gdp - log GDP per capita in constant USD (mean=10.651);
- gfcf - gross fixed capital formation (% of GDP, mean=22.01);
- gov_ef - government effectiveness percentile rank [0-100], WGI (mean=79.54);
- gini - Gini coefficient of income inequality (mean=31.16);
- log_trade - log trade openness, exports+imports as % of GDP (mean=4.651);
- log1p_res - log(1 + natural resource rents as % of GDP) (mean=0.460).

Variance Inflation Factors (VIF) remain below conventional multicollinearity thresholds (maximum VIF = 3.48).

4.2 Methodological diagram (Figure 1)

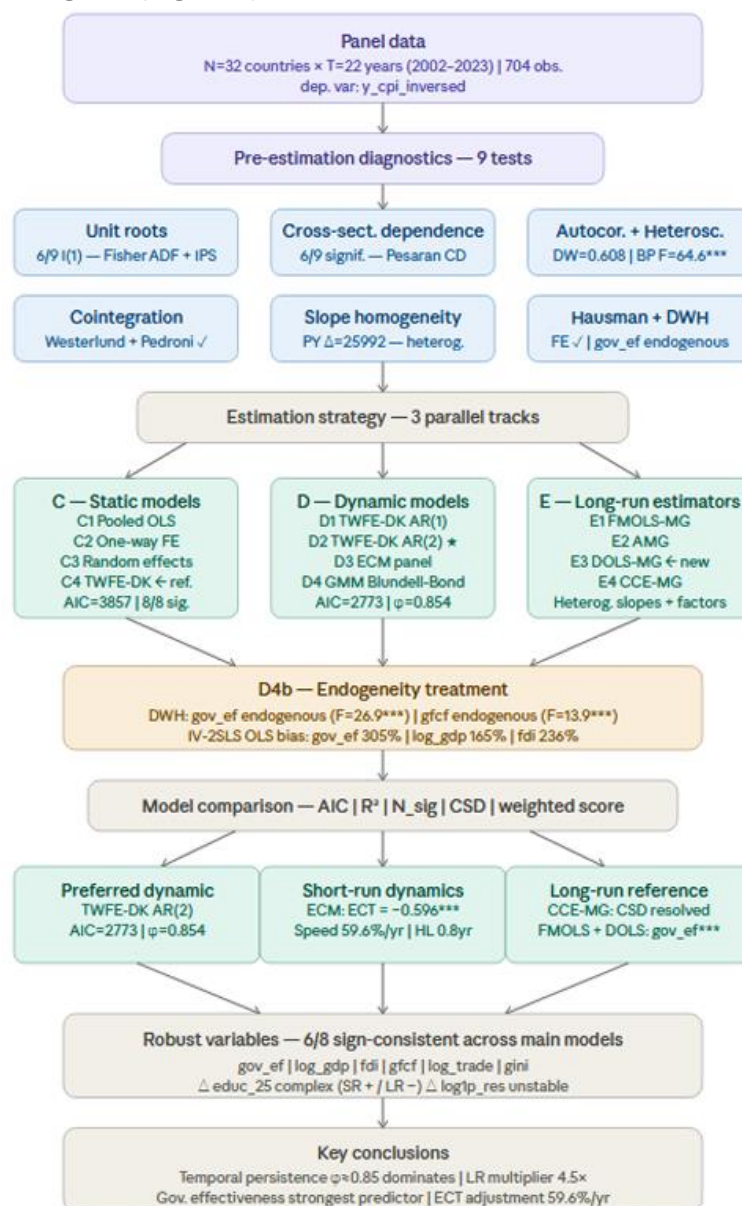


Figure 1. Methodological diagram - non-spatial models

4.3 Pre-estimation diagnostics

Unit roots/stationarity test (Panel unit-root tests: Fisher-ADF and IPS): indicate mixed integration orders across variables, with six variables classified as $I(1)$ and three as $I(0)$. This mixed structure motivates cautious use of long-run estimators and error-correction approaches.

Cointegration: Westerlund ECM (mean ECT = -0.926, 87.5% negative and significant) + Pedroni (100% $t < 0.001$; Breusch-Pagan F = 64.61, $p < 0.001$).

Slope homogeneity: PY $\Delta = 25.992^{***}$; Pesaran-Yamagata tests strongly reject slope homogeneity, supporting the use of heterogeneous mean-group estimators.

The Hausman test strongly rejects the random-effects model ($p = 0.0000^{***} < 0.001$), supporting fixed effects estimation.

4.4 Estimation strategy

The empirical strategy proceeds in five stages. First, static specifications are estimated using pooled OLS, one-way fixed effects, random effects, and two-way fixed effects with Driscoll–Kraay standard errors. Second, dynamic persistence is examined through AR(1), AR(2), and AR(3) specifications with lagged dependent variables. Third, a panel error-correction model separates short-run adjustment from long-run equilibrium dynamics. Fourth, dynamic endogeneity concerns are addressed using the Blundell–Bond System GMM and additional lag-based robustness checks. Finally, long-run heterogeneous estimators (FMOLS-MG, AMG, DOLS-MG, and CCE-MG) are estimated as robustness exercises for the long-run relationships under heterogeneous slopes and common factors.

Because the panel contains variables with mixed integration orders, the long-run estimators are interpreted as robustness checks on the long-run relationships rather than as strict cointegration estimators in the narrow theoretical sense. Accordingly, the panel cointegration tests reported below are treated as supportive evidence for a stable long-run association rather than as definitive proof of cointegration.

4.5 Econometric equations of estimated models

4.5.1 Pooled OLS Model (C1)

Naïve benchmark specification, ignoring individual and temporal heterogeneity:

$$y_{it} = \alpha + X_{it}'\beta + \varepsilon_{it} \quad (C1)$$

- y_{it} : dependent variable
- X_{it} : vector of explanatory variables
- β : coefficient vector
- α : global intercept
- ε_{it} : idiosyncratic error term

4.5.2 One-way Fixed Effects (C2)

Controls for time-invariant heterogeneity via entity fixed effects:

$$y_{it} = \alpha_i + X_{it}'\beta + \varepsilon_{it} \quad (C2)$$

This model controls for time-invariant unobserved heterogeneity across countries.

- α_i : country-specific fixed effects capturing unobserved, time-invariant characteristics
- X_{it} : vector of time-varying regressors
- β : slope parameters
- ε_{it} : idiosyncratic error term

Estimation is performed using the within transformation, which eliminates α_i by demeaning each variable around its country-specific time mean:

$$(y_{it} - \bar{y}_i) = (X_{it} - \bar{X}_i)\beta + (\varepsilon_{it} - \bar{\varepsilon}_i), \text{ where } \bar{y}_i = (1/T) \sum_t y_{it} \text{ and } \bar{X}_i = (1/T) \sum_t X_{it}.$$

This removes all time-invariant regressors from the model.

4.5.3 Random Effects (C3)

Treats the country-specific component as a random draw uncorrelated with the regressors, gaining efficiency when this orthogonality holds:

$$y_{it} = \alpha + X_{it}'\beta + (u_i + \varepsilon_{it}) \quad (\text{C3})$$

- u_i : random country-specific effect, with $E[u_i | X_{it}] = 0$
- ε_{it} : idiosyncratic error term

The choice between fixed and random effects is guided by a Hausman test; rejection favors the fixed-effects specification.

4.5.4 Two-Way Fixed Effects with Driscoll–Kraay SE (C4 - main static reference)

Adds time fixed effects to absorb common shocks and uses standard errors robust to cross-sectional dependence (CSD), autocorrelation, and heteroscedasticity:

$$y_{it} = \alpha_i + \gamma_t + X_{it}'\beta + \varepsilon_{it} \quad (\text{C4})$$

- α_i : country fixed effects
- γ_t : time fixed effects capturing common shocks
- ε_{it} : error term potentially exhibiting cross-sectional dependence, serial correlation, and heteroscedasticity

Dynamic specifications

4.5.5 Dynamic TWFE-DK AR(1)–AR(3) (D1–D2; AR(3) auxiliary)

The static specification is extended with lags of the dependent variable to capture the temporal persistence of corruption. The AR(1) specification (D1) is

$$y_{it} = \alpha_i + \gamma_t + \phi_1 y_{(i,t-1)} + X_{it}'\beta + \varepsilon_{it} \quad (\text{D1})$$

The AR(2) specification (D2), which is the **preferred dynamic specification**, adds a second lag:

$$y_{it} = \alpha_i + \gamma_t + \phi_1 y_{(i,t-1)} + \phi_2 y_{(i,t-2)} + X_{it}'\beta + \varepsilon_{it} \quad (\text{D2})$$

- ϕ_1, ϕ_2 : autoregressive parameters allowing for state dependence and inertia in the dependent variable

The long-run multiplier for regressor k is

$$\text{LRM}_k = \beta_k / (1 - \phi_1 - \phi_2).$$

An AR(3) specification was also estimated as an auxiliary check; the third lag is statistically insignificant (see Section 5.2) and is therefore not retained.

4.5.6 Panel Error Correction Model (D3 - ECM)

Separates short-run adjustment from the long-run equilibrium relationship. A statistically significant and negative error-correction coefficient is consistent with the existence of a stable long-run relationship among the variables:

$$\Delta y_{it} = \alpha_i + \delta \cdot (y_{(i,t-1)} - X_{(i,t-1)}'\theta) + \Delta X_{it}'\Gamma + \varepsilon_{it} \quad (\text{D3})$$

This model decomposes short-run and long-run dynamics.

- Δy_{it} : short-run change
- δ : error-correction coefficient (speed of adjustment)
- $(y_{(i,t-1)} - X_{(i,t-1)}'\theta)$: long-run equilibrium deviation
- $\Delta X_{it}'\Gamma$: short-run effects

4.5.7 Blundell–Bond System GMM (D4)

Formally addresses the endogeneity of the lagged dependent variable and of selected endogenous regressors (gov_ef, gfcf) through internal instruments:

$$y_{it} = \alpha_i + \phi y_{(i,t-1)} + X_{it}'\beta + \varepsilon_{it} \quad (\text{D4})$$

A system of two equations is estimated simultaneously:

- **First-differences equation (Arellano–Bond, 1991):** $\Delta y_{it} = \phi \Delta y_{(i,t-1)} + \Delta X_{it}'\beta + \Delta \varepsilon_{it}$, with instruments $y_{(i,t-s)}$ for $s \geq 2$ and levels $X_{(i,t-s)}$ for the exogenous variables;
- **Levels equation (Blundell–Bond, 1998):** $y_{it} = \alpha_i + \phi y_{(i,t-1)} + X_{it}'\beta + \varepsilon_{it}$, instrumented by lagged differences $\Delta y_{(i,t-1)}$, under the additional moment condition $E[\Delta y_{(i,t-1)} \cdot (\alpha_i + \varepsilon_{it})] = 0$.

The System GMM estimator addresses dynamic panel bias (Nickell bias), endogeneity of regressors, and unobserved heterogeneity.

4.5.8 Long-run Heterogeneous Estimators (E1 FMOLS-MG, E2 AMG, E3 DOLS-MG, E4 CCE-MG)

The long-run relationship for each country i is:

$$y_{it} = \alpha_i + X_{it} \beta_i + u_{it} \quad (\text{E0})$$

where β_i is the country-specific coefficient vector (heterogeneous slopes confirmed by the Pesaran–Yamagata test) and u_{it} is the equation error, assumed stationary under the maintained long-run relationship. The Westerlund and Pedroni panel tests provide supportive evidence of a long-run association.

The Mean Group (MG) estimator (Pesaran and Smith, 1995) averages the country-specific coefficients: $\beta_{MG} = (1/N) \sum_i \beta_i$, with $\text{Var}(\beta_{MG}) = (1/N^2) \sum_i (\beta_i - \beta_{MG})^2$.

E1 FMOLS-MG

A long-run estimator that corrects semi-parametrically for endogeneity of the regressors and serial correlation in the errors. For each country i ,

$$\beta_i^{\text{FMOLS}} = \left[\sum_t (x_{it} - \bar{x}_i)(x_{it} - \bar{x}_i)' \right]^{-1} \left[\sum_t (x_{it} - \bar{x}_i) y_{it}^+ - T \hat{\gamma}_i \right],$$

where $(x_{it} - \bar{x}_i)$ are the demeaned regressors; y_{it}^+ is the dependent variable transformed to purge the long-run endogeneity arising from correlation between the regressor innovations and the equation error, constructed from the estimated long-run covariance matrix Ω_i ; $\hat{\gamma}_i$ corrects the residual serial correlation; and T is the time-series length. The panel coefficient is the cross-country average:

$$\beta^{\text{FMOLS-MG}} = (1/N) \sum_i \beta_i^{\text{FMOLS}}. \quad (\text{E1})$$

E2 AMG (Augmented Mean Group)

Controls for unobserved common dynamic factors by adding a common dynamic process (CDP) estimated from the aggregate first-difference time effects:

$$y_{it} = \alpha_i + \beta_i x_{it} + \gamma_i \mu_t + \varepsilon_{it}, \quad \beta^{\text{AMG}} = (1/N) \sum_i \beta_i. \quad (\text{E2})$$

- μ_t : common dynamic process (CDP) / unobserved common factor
- γ_i : each country's sensitivity to the common factor

E3 DOLS-MG

The Dynamic OLS Mean Group estimator addresses endogeneity and serial correlation parametrically, by augmenting the cointegrating regression with leads and lags of the first-differenced regressors. The general country- i specification is

$$y_{it} = \alpha_i + \beta_i' x_{it} + \sum_{k=-p}^{+q} \delta_{ik}' \Delta x_{i,t+k} + \varepsilon_{it}.$$

Given the moderate time dimension ($T = 22$), a parsimonious specification with no leads or lags ($p = q = 0$) is adopted, so only the contemporaneous difference enters:

$$y_{it} = \alpha_i + \beta_i' x_{it} + \delta_i' \Delta x_{it} + \varepsilon_{it}. \quad (\text{E3})$$

This keeps each country equation at 17 parameters - one intercept plus a level coefficient and a contemporaneous difference for each of the eight regressors - following Stock and Watson (1993), and allows all 32 countries to be retained. As in FMOLS-MG, the panel estimate averages the country coefficients, $\beta^{\text{DOLS-MG}} = (1/N) \sum_i \beta_i$.

- δ_{ik} : lead/lag coefficients of the differences
- p, q : number of leads and lags included

E4 CCE-MG (Pesaran, 2006)

Controls for unobserved common factors through cross-sectional mean proxies:

$$y_{it} = \alpha_i + \beta_i' x_{it} + c_i \bar{y}_t + d_i' \bar{x}_t + \varepsilon_{it}, \quad \beta^{\text{CCE-MG}} = (1/N) \sum_i \beta_i. \quad (\text{E4})$$

- $\bar{y}_t$: cross-sectional mean of the dependent variable
- $\bar{x}_t$: cross-sectional means of the regressors
- c_i, d_i : coefficients on the common unobserved factors

4.5.9 Endogeneity test and IV-2SLS (Anderson–Hsiao)

For the variables confirmed endogenous by the Durbin–Wu–Hausman (DWH) test (gov_ef: $F = 26.93^{***}$; gfcf: $F = 13.86^{***}$), an IV-2SLS estimator is used:

$$\beta^{IV} = (\hat{X}_{it}' X_{it})^{-1} \hat{X}_{it}' y, \text{ (IV)}$$

where $\hat{X}_{it}$ are the predicted values of the endogenous variables (gov_ef and gfcf), each obtained from a first-stage regression on the internal instrument

$z_{it} = y_{(i,t-2)}$ (Anderson and Hsiao, 1982),

with z_{it} the second lag of the dependent variable, and y the vector of the dependent variable.

5. RESULTS AND DISCUSSION

The pairwise correlations among the predictors are presented in Fig. 2. Although moderate correlations exist between selected variables - notably log_gdp and gov_ef - the Variance Inflation Factors remain below conventional thresholds (maximum VIF = 3.48), confirming that multicollinearity does not pose a material concern for estimation.

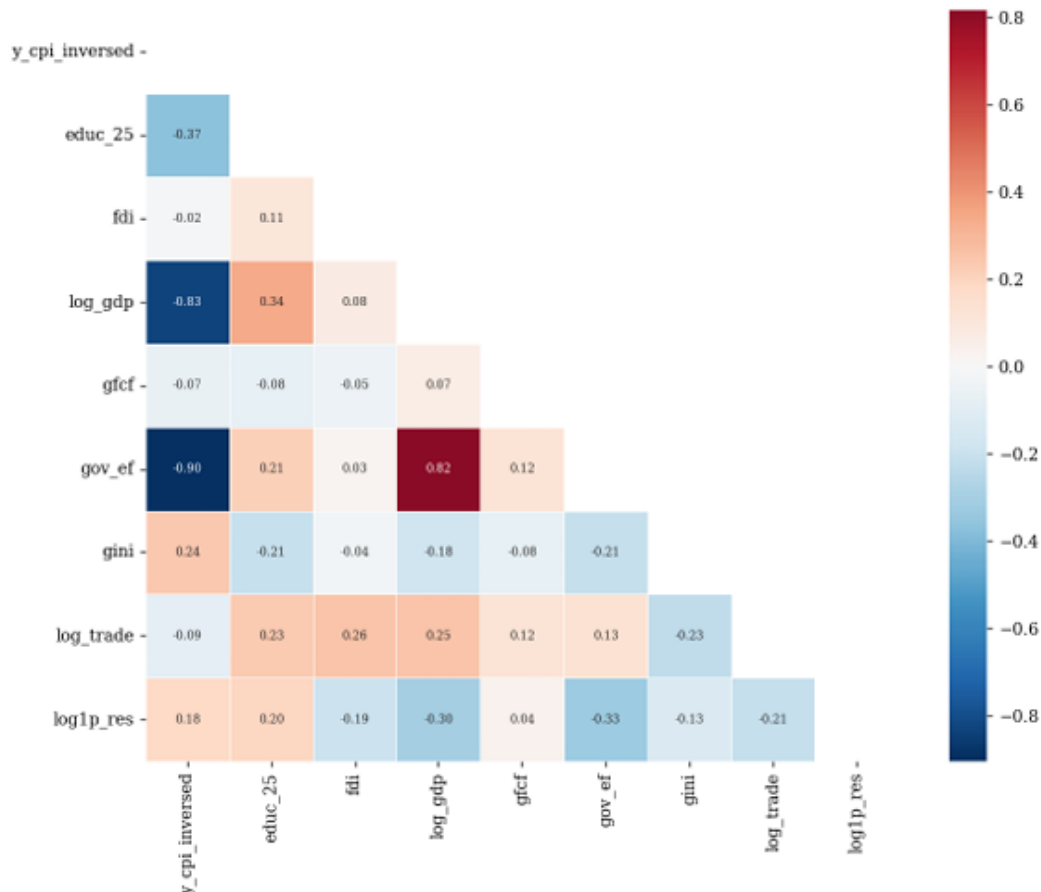


Figure 2. Correlation matrix

5.1 Static models

TWFE-DK (main static reference; Bartlett kernel, bandwidth $m = 3$): AIC = 3,857.48, $R^2_{within} = 0.333$, with all 8 of 8 predictors significant. gov_ef: $\beta = -0.313$ ($t = -9.26$); **log_gdp: $\beta = -17.696$** ; log_trade: $\beta = -5.562^{***}$; fdi: $\beta = -4.003^{**}$; educ_25: $\beta = +0.336^{**}$; gfcf: $\beta = +0.329^{***}$; gini: $\beta = +0.300^*$; log1p_res: $\beta = -1.858$ (marginal).

5.2 Dynamic models

TWFE-DK AR(2) - preferred specification (LR vs. AR(1): $p < 0.001$): AIC = 2,773.35 ($\Delta AIC = -1,084.13$ relative to the static reference), $\phi_1 = 0.854$, $\phi_2 = -0.077$, LRM = 4.484 $\times$. AR(3) is rejected ($\phi_3 = -0.027$, $p = 0.290$).

- ϕ_1 = AR(1) coefficient ($\hat{\phi}_1 = 0.854^{***}$): weight of t-1 corruption in explaining the current level;
- ϕ_2 = AR(2) coefficient ($\hat{\phi}_2 = -0.077$, $p = 0.074$);

- stationarity of the AR(2) process requires $\phi_1 + \phi_2 < 1$ ($0.777 < 1 \checkmark$), $\phi_2 - \phi_1 < 1$ ($-0.931 < 1 \checkmark$), and $|\phi_2| < 1$ ($0.077 < 1 \checkmark$);
- long-run multiplier: $LRM\_k = \beta\_k / (1 - \phi_1 - \phi_2) = \beta\_k / 0.223 = 4.484 \times \beta\_k$;
- half-life of persistence: $HL = -\ln(2) / \ln(\phi_1 + \phi_2) \approx 2.7$ years;
- model selection AR(2) vs. AR(1): LR test = 152.833, $p < 0.001$;
- AR(3) rejected: $\hat{\phi}_3 = -0.027$ ($p = 0.290$), $\Delta AIC = +1.46$.

Driscoll–Kraay standard errors with a Bartlett kernel ($m = 3$) remain robust to CSD, residual autocorrelation, and heteroscedasticity. Likelihood-ratio tests and information criteria favour the AR(2) specification over AR(1), while the third lag in the AR(3) specification remains statistically insignificant.

ECM. The short-run effects ΔX_{it} capture annual predictor changes (significant in the short run: $\Delta \log\_gdp \beta = -7.312^{**}$, $\Delta gov\_ef \beta = -0.060^{**}$, $\Delta gfcf \beta = -0.047^{*}$). The error-correction term is $ECT = \delta = -0.596^{***}$ (59.6% per year), with stability condition $-2 < \delta < 0$ satisfied ($\checkmark$) and an implied half-life $HL = -\ln(2)/\ln(1 + \delta) \approx 0.8$ years.

This suggests that approximately 60% of the deviation from long-run equilibrium is corrected within one year. The implied half-life of disequilibrium adjustment is less than one year, indicating relatively rapid convergence toward the equilibrium relationships. Only changes in GDP, government effectiveness, and gross fixed capital formation remain statistically significant in the short run, while most determinants appear to operate primarily through long-run structural channels.

It should be noted that the two reported half-lives measure distinct quantities: the ≈ 2.7 -year figure refers to the persistence of the dependent variable in the AR(2) process, whereas the ≈ 0.8 -year figure refers to the speed of adjustment back to equilibrium in the ECM.

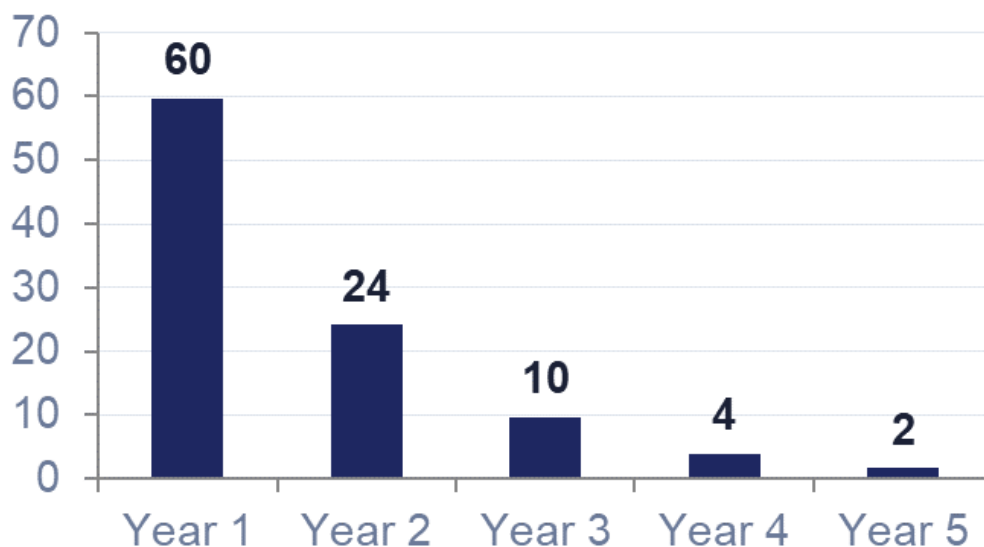


Figure 3. Speed of adjustment after a shock (%)

GMM results. $\hat{\phi} = 0.847$ ($p < 0.001$); instruments: 13 (for $N = 32$ groups, satisfying the rule that instruments $<$ groups; Roodman, 2009 $\checkmark$); Hansen overidentification test: $\chi^2(3) = 5.626$ ($p = 0.131 \checkmark$); Arellano–Bond AR(2) test: $z = 0.12$ ($p = 0.905 \checkmark$), indicating no second-order residual autocorrelation, a necessary condition for instrument validity. The Nickell bias in the dynamic fixed-effects estimator is $\text{plim}(\hat{\phi}_{FE} - \phi) \approx -(1 + \phi)/(T - 1) \approx -0.088$ for $T = 22$ - relatively small given the time dimension.

System GMM is employed to address potential endogeneity arising from the lagged dependent variable and selected regressors. The estimated persistence parameter remains high, and the diagnostic tests support the validity of the specification. The instrument count remains below the number of cross-sectional groups, reducing concerns related to instrument proliferation. Although the Nickell bias becomes relatively small when $T = 22$, System GMM is retained as an additional robustness specification.

5.3 Long-run estimators and robustness

E1 FMOLS-MG. The Fully Modified OLS Mean Group estimator removes two sources of bias that affect OLS in cointegrated panels - endogeneity of the regressors and serial correlation in the errors - semi-parametrically, by correcting the long-run covariance structure rather than by adding extra regressors (see Eq. E1). *Results:* gov_ef is negative and significant ($\beta = -0.330^{**}$), while resource rents is positive and significant ($\beta = +36.539^{**}$).

E2 AMG. Adds a Common Dynamic Process (CDP) estimated from the aggregate first-difference time effects across the panel (Eq. E2), where μ_t denotes the CDP. *Results:* education is significant in the long run ($\beta = -0.549^{**}$), a sign reversal relative to the short run.

E3 DOLS-MG. The Dynamic OLS Mean Group estimator addresses the same two problems parametrically, by augmenting the cointegrating regression with leads and lags of the first-differenced regressors, which absorb the short-run dynamics and the feedback between regressors and errors, leaving β_i as a consistent long-run estimate. Given the moderate time dimension ($T = 22$), a parsimonious specification with no leads or lags is adopted (Eq. E3). *Results:* gov_ef is negative and significant ($\beta = -0.403^{**}$).

E4 CCE-MG (Pesaran, 2006). Controls for unobserved common factors through cross-sectional mean proxies. *Results:* CCE-MG substantially reduces residual cross-sectional dependence (CSD test $p = 0.059$), although several coefficients become statistically weaker or sign-sensitive under these stronger controls for common factors.

FMOLS-MG and DOLS-MG consistently find that government effectiveness is negatively associated with corruption in the long run. Resource rents become positive and statistically significant in several long-run specifications, suggesting the possible presence of resource-related institutional distortions. AMG and FMOLS-MG yield negative long-run coefficients for education, in contrast to the positive short-run coefficients obtained in the static fixed-effects models; this pattern may reflect a difference between short-run institutional-awareness effects and long-run institutional-modernization effects. CCE-MG substantially reduces residual cross-sectional dependence, although several coefficients become statistically weaker or sign-sensitive under stronger controls for common factors.

Overall, the long-run estimators provide partial support for the structural relationships identified in the static and dynamic models, while also highlighting the sensitivity of the estimates and the degree of cross-country heterogeneity.

Methodological note. A DOLS-MG specification with no leads or lags of the differenced regressors (lag 0) is a valid and commonly used choice in the cointegrated-panel literature when T is limited (Stock and Watson, 1993). Given the relatively moderate time dimension ($T = 22$), this parsimonious DOLS specification was preferred.

Observations. DOLS-MG confirms two significant long-run variables - gov_ef (-0.403^{**}), consistent with FMOLS (-0.330^{**}) and AMG (not significant), and log1p_res ($+34.98^{**}$), consistent with FMOLS ($+36.539^{**}$) - both pointing to a long-run resource-curse pattern in the European context. educ_25 carries a negative sign in DOLS-MG (-0.400), consistent with FMOLS (-0.557^*) and AMG (-0.549^{**}), confirming a negative long-run effect: education may initially raise reporting and awareness, while long-run institutional modernization reduces corruption. Six variables display cross-model sign consistency. Note: educ_25 is complex (positive in the short run, negative in the long run) and log1p_res is unstable across specifications.

Table 1. Model comparison - static and dynamic non-spatial models

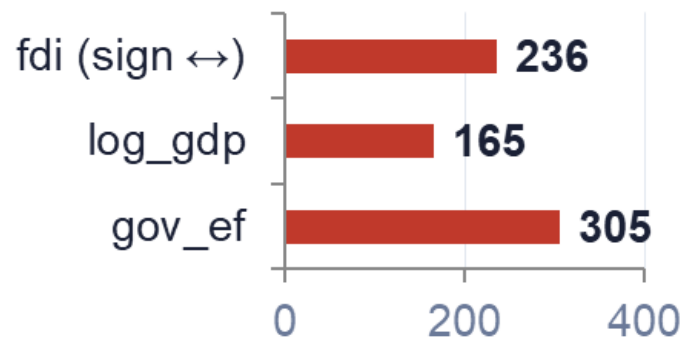
Model	AIC	R ²	Sig/8	CSD	φ/ECT	Note
C4 TWFE-DK	3,857.5	0.333	8/8	0.002	-	Main static reference
D2 TWFE-DK AR(2) ★	2,773.4	0.753	2/8	-	0.854	PREFERRED LRM=4.48×
D3 ECM Panel	-	-	-	-	- 0.596***	Speed 59.6%/yr HL=0.8yr
D4 GMM BB	-	-	-	-	0.847***	Hansen p=0.131 AR(2) p=0.905
E4 CCE-MG	-	-	2/8	0.059 OK	-	CSD fully resolved

Notes: R² is within-R² for the static model; for dynamic models, it includes the lagged dependent variable and is therefore not directly comparable across rows. CSD = p-value of the cross-sectional dependence test; for C4 the value of 0.002 indicates significant dependence, addressed by the Driscoll–Kraay correction. φ = autoregressive persistence parameter; ECT = error-correction coefficient.

★ preferred specification. ***, **, * denote significance at the 1%, 5%, and 10% levels.

5.4. Endogeneity

Estimation is based on the within estimator (i.e., OLS on demeaned data) as the baseline fixed-effects benchmark. Relative to this benchmark, OLS estimates exhibit substantial deviations from IV-2SLS results, with proportional differences of approximately 305% for government effectiveness, 165% for GDP, and 236% for FDI. In the case of FDI, the IV estimate produces a sign reversal relative to the baseline fixed-effects coefficient; however, since the augmented DWH test does not reject exogeneity for FDI ($F = 0.31$, $p = 0.579$), this reversal is more plausibly attributable to instrument sensitivity than to genuine endogeneity bias (see Fig. 4).

**Figure 4.** OLS Bias Documented by IV-2SLS

Augmented Durbin-Wu-Hausman (DWH) tests reject the null hypothesis of exogeneity for government effectiveness ($F = 26.93$, $p < 0.001$) and gross fixed capital formation ($F = 13.86$, $p < 0.001$), while exogeneity cannot be rejected for FDI ($F = 0.31$, $p = 0.579$) and GDP ($F = 0.67$, $p = 0.414$). These results indicate that endogeneity concerns are concentrated primarily in institutional quality and investment-related variables, whereas macroeconomic scale variables display weaker evidence of simultaneity bias. Robustness checks using lagged regressors and Anderson-Hsiao instrumental-variables specifications confirm the stability of the coefficient signs across alternative identification strategies. However, IV estimates, particularly for FDI, remain sensitive to instrument choice and exhibit greater instability than baseline fixed-effects estimates, suggesting limited robustness of external instrumentation in the present macro-panel setting.

Given the absence of strong external instruments in the European macroeconomic panel context, the empirical results are interpreted as conditional structural associations rather than strictly causal effects. While endogeneity is present for selected regressors, the core relationships remain directionally stable across specifications, albeit with varying magnitudes depending on the identification strategy.

6. ANTI-CORRUPTION POLICY IMPLICATIONS

Government effectiveness ($\beta = -0.313$, LR = -1.403 at multiplier 4.484 $\times$): the absolute priority - 10 percentile ranks $\rightarrow$ -14 corruption points in LR. Implications: civil service professionalization, merit-based recruitment and promotion systems, and strengthening independent anti-corruption agencies across European countries. The results consistently suggest that institutional quality, particularly government effectiveness, is closely associated with lower levels of corruption. Improvements in administrative capacity, bureaucratic professionalism, and transparent public-service delivery may therefore contribute to lower corruption risks over time. Economic development ($\beta = -17.696$, LR = -79.4): EU convergence policies, public sector wage reforms (Rose-Ackerman & Palifka, 2022), and institutional conditionality in Structural Funds (Fazekas & Blum, 2021). Economic development also appears strongly associated with lower corruption, supporting policies aimed at institutional convergence, public-sector modernization, and long-run income growth. Trade openness and FDI: external institutional discipline. Inequality ($\beta = +0.300$): redistributive fiscal policies and institutional reforms that reduce the concentration of political and economic power may attenuate the corruption-inequality nexus (Uslaner, 2008). Trade openness and foreign investment may contribute indirectly through external institutional discipline and regulatory integration, although the magnitude of these effects varies across specifications. Income inequality is positively associated with corruption across several models, supporting political economy arguments that link unequal social structures to weaker institutional accountability. The 4.5 $\times$ multiplier implies that reforms require 7-10 years; institutional backsliding is amplified in similar ways; and credible EU conditionality can anchor institutional equilibria (Mungiu-Pippidi & Johnston, 2022). Because corruption displays strong temporal persistence, the results suggest that institutional reforms are likely to operate gradually rather than producing immediate effects.

7. CONCLUSIONS AND ANSWERS TO RESEARCH QUESTIONS

RQ1 - Temporal persistence is confirmed. The autoregressive coefficient is high ($\phi = 0.854$), implying strong state dependence in corruption dynamics. The estimated long-run multiplier (4.484 $\times$) indicates substantial amplification of shocks over time. These results suggest that institutional reforms require a sustained implementation horizon of approximately 7-10 years to fully materialize.

RQ2 - Government effectiveness emerges as a robust determinant of corruption. It is statistically significant at the 1% level in the TWFE-DK, AR(1), AR(2), ECM, and System GMM specifications, and remains significant in the long-run heterogeneous estimators (FMOLS-MG, $\beta = -0.330^{**}$; DOLS-MG, $\beta = -0.403^{**}$), where it attains the 5% level. The estimated effect direction is stable across all models, and Durbin-Wu-Hausman tests confirm endogeneity in this variable ($F = 26.93$, $p < 0.001$).

RQ3 - Economic development is consistently negatively associated with corruption across all main specifications. In the baseline TWFE-DK model, the coefficient on log GDP is -17.696 ($t = -4.358$, $p < 0.001$), with sign stability preserved under one-way fixed effects, TWFE-DK AR(1), and AR(2) specifications. After accounting for dynamic persistence, the implied long-run effect increases in magnitude to approximately -79.4, based on the estimated long-run multiplier (4.484 $\times$), indicating a strong structural relationship.

RQ4 - The ECM specification reveals that short-run effects are limited to changes in GDP, government effectiveness, and gross fixed capital formation. All other determinants primarily operate through long-run equilibrium channels. The estimated error correction term is negative and highly significant (ECT = -0.596), implying a relatively fast adjustment speed of approximately 59.6% per year.

RQ5 - Endogeneity evidence is mixed and variable-specific. Durbin-Wu-Hausman tests confirm endogeneity for government effectiveness ($F = 26.93$, $p < 0.001$) and gross fixed capital formation ($F = 13.86$, $p < 0.001$). However, formal endogeneity is not detected for GDP ($F = 0.67$, $p = 0.414$) or FDI ($F = 0.31$, $p = 0.579$). Despite this, OLS-IV discrepancies remain substantial for government effectiveness (305%) and GDP (165%). The IV estimate for FDI exhibits a sign reversal, but given the

lack of statistical evidence of endogeneity, this result is interpreted as instrument sensitivity rather than misspecification of the baseline fixed-effects model.

RQ6 - Income inequality is positively associated with corruption, with a coefficient of $\beta = +0.300^*$ in the preferred specifications. The effect is consistent with political economy mechanisms documented in the literature (Uslaner, 2008; You & Khagram, 2005), although its magnitude diminishes in dynamic specifications, suggesting a predominantly long-run structural channel.

The analysis indicates that corruption in Europe exhibits substantial temporal persistence and is closely associated with institutional quality and broader structural economic conditions. Government effectiveness emerges as the most consistently negative correlate of corruption across static, dynamic, and several long-run specifications. Economic development also appears strongly associated with lower corruption levels, although the magnitudes of the coefficients vary across estimators. The ECM results suggest that short-run adjustments occur relatively quickly, whereas most determinants operate primarily through longer-run institutional channels. Endogeneity diagnostics and IV robustness checks indicate that causal interpretation should be approached with caution, particularly given the absence of strong external instruments in macro-panel settings. The findings are therefore interpreted primarily as robust conditional associations rather than definitive causal estimates. Overall, the results support the view that anti-corruption reforms require sustained long-term institutional investment rather than short-term policy interventions.

LIMITATIONS. The analysis is subject to five main limitations. The dependent variable - the inverted CPI - is perception-based and may reflect media salience rather than objective levels of corruption. Despite IV-2SLS and System GMM, causal identification remains constrained by the absence of strong external instruments; therefore, the results are interpreted as conditional associations. The moderate time dimension ($T=22$) limits DOLS-MG lead/lag specifications. The European sample constitutes a relatively homogeneous institutional cluster, limiting external validity to other regions. Finally, the non-spatial framework does not capture cross-country spillover effects in corruption dynamics.

FUTURE RESEARCH DIRECTIONS. Future research could extend this framework in several directions. Spatial panel estimators (SAR, SEM) would allow explicit modeling of cross-country corruption spillovers. Objective corruption proxies - such as public procurement irregularity indices (Fazekas & Blum, 2021) - could complement perception-based measures. Causal identification could be strengthened through natural experiments exploiting EU accession waves or anti-corruption legislative reforms. Sub-national disaggregation using the European Quality of Government Index (EQI) (Charron, Lapuente & Bauhr, 2024) could help address within-country heterogeneity in corruption and institutional quality. Finally, the complex short-run/long-run patterns in education warrant a dedicated micro-level investigation.

ACKNOWLEDGMENT: The authors report the use of artificial intelligence (AI)-assisted tools in a limited, supportive capacity, specifically for generating Python code for econometric data processing and for linguistic refinement of the manuscript. The authors independently conducted all data collection, methodological design, econometric estimation, and interpretation of the results. The conclusions expressed in this paper are entirely those of the authors.

REFERENCES

- Ades, A., & Di Tella, R. (1999). Rents, competition, and corruption. *American Economic Review*, 89(4), 982–993.
- Anderson, T. W., & Hsiao, C. (1982). Formulation and estimation of dynamic models using panel data. *Journal of Econometrics*, 18(1), 47–82.
- Arellano, M., & Bond, S. (1991). Some tests of specification for panel data: Monte Carlo evidence and an application to employment equations. *Review of Economic Studies*, 58(2), 277–297.
- Bauhr, M., & Charron, N. (2018). Insider or outsider? Grand corruption and electoral accountability. *Comparative Political Studies*, 51(4), 415–446.
- Bhattacharyya, S., & Hodler, R. (2010). Natural resources, democracy and corruption. *European Economic Review*, 54(4), 608–621.

- Blundell, R., & Bond, S. (1998). Initial conditions and moment restrictions in dynamic panel data models. *Journal of Econometrics*, 87(1), 115–143.
- Bond, S., & Eberhardt, M. (2009). *Cross-section dependence in nonstationary panel models: A novel estimator* [Conference paper]. Nordic Econometric Meeting.
- Charron, N., Lapuente, V., & Bauhr, M. (2024). *The geography of quality of government in Europe: Subnational variations in the 2024 European Quality of Government Index and comparisons with previous rounds* (QoG Working Paper Series No. 2024:2). University of Gothenburg, Department of Political Science.
- Driscoll, J. C., & Kraay, A. C. (1998). Consistent covariance matrix estimation with spatially dependent panel data. *Review of Economics and Statistics*, 80(4), 549–560.
- Eberhardt, M., & Teal, F. (2010). *Productivity analysis in global manufacturing production* (Economics Series Working Paper No. 515). University of Oxford, Department of Economics.
- Fazekas, M., & Blum, J. R. (2021). *Improving public procurement outcomes: Review of tools and the state of the evidence base* (Policy Research Working Paper No. 9690). World Bank.
- Glaeser, E. L., & Saks, R. E. (2006). Corruption in America. *Journal of Public Economics*, 90(6–7), 1053–1072.
- Im, K. S., Pesaran, M. H., & Shin, Y. (2003). Testing for unit roots in heterogeneous panels. *Journal of Econometrics*, 115(1), 53–74.
- Kaufmann, D., Kraay, A., & Mastruzzi, M. (2010). *The worldwide governance indicators: Methodology and analytical issues* (Policy Research Working Paper No. 5430). World Bank.
- Kwok, C. C. Y., & Tadesse, S. (2006). The MNC as an agent of change for host-country institutions: FDI and corruption. *Journal of International Business Studies*, 37(6), 767–785.
- Mungiu-Pippidi, A., & Johnston, M. (Eds.). (2017). *Transitions to good governance: Creating virtuous circles of anti-corruption*. Edward Elgar Publishing.
- Nickell, S. (1981). Biases in dynamic models with fixed effects. *Econometrica*, 49(6), 1417–1426.
- Pellegrini, L., & Gerlagh, R. (2008). Causes of corruption: A survey of cross-country analyses and extended results. *Economics of Governance*, 9(3), 245–263.
- Pesaran, M. H. (2004). *General diagnostic tests for cross section dependence in panels* (CESifo Working Paper No. 1229). CESifo.
- Pesaran, M. H. (2006). Estimation and inference in large heterogeneous panels with a multifactor error structure. *Econometrica*, 74(4), 967–1012.
- Pesaran, M. H., & Smith, R. (1995). Estimating long-run relationships from dynamic heterogeneous panels. *Journal of Econometrics*, 68(1), 79–113.
- Pesaran, M. H., & Yamagata, T. (2008). Testing slope homogeneity in large panels. *Journal of Econometrics*, 142(1), 50–93.
- Roodman, D. (2009). A note on the theme of too many instruments. *Oxford Bulletin of Economics and Statistics*, 71(1), 135–158.
- Rose-Ackerman, S., & Palifka, B. J. (2016). *Corruption and government: Causes, consequences, and reform* (2nd ed.). Cambridge University Press.
- Stock, J. H., & Watson, M. W. (1993). A simple estimator of cointegrating vectors in higher order integrated systems. *Econometrica*, 61(4), 783–820.
- Transparency International. (2024). *Corruption perceptions index 2023*.
- Treisman, D. (2000). The causes of corruption: A cross-national study. *Journal of Public Economics*, 76(3), 399–457.
- Uslaner, E. M. (2008). *Corruption, inequality, and the rule of law: The bulging pocket makes the easy life*. Cambridge University Press.
- Westerlund, J. (2007). Testing for error correction in panel data. *Oxford Bulletin of Economics and Statistics*, 69(6), 709–748.
- Wooldridge, J. M. (2002). *Econometric analysis of cross section and panel data*. MIT Press.
- You, J.-S., & Khagram, S. (2005). A comparative study of inequality and corruption. *American Sociological Review*, 70(1), 136–157.

SOVIET CARTOGRAPHY AND HISTORICAL GEOGRAPHY: IDEOLOGICAL DISCOURSE AND THE COLONIAL TRANSFORMATION OF KAZAKHSTAN

SOVYET KARTOGRAFYASI VE TARİHİ COĞRAFYA: İDEOLOJİK SÖYLEM VE KAZAKISTAN'IN KOLONYAL DÖNÜŞÜMÜ

Saule Mergentaevna Yesengeldieva

Doktora Öğrencisi, Abay Kazak Millî Pedagoji Üniversitesi, Almatı, Kazakistan Cumhuriyeti
ORCID: <https://orcid.org/0009-0005-9446-3149>

Doç. Dr. Rysgul Ramazanovna Ospanova

Abay Kazak Millî Pedagoji Üniversitesi, Almatı, Kazakistan Cumhuriyeti
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6173-2286>

ABSTRACT

The article examines the methodological limitations of Soviet-era historiography in studying the colonial administrative-territorial transformation in the territory of Kazakhstan. This research lies at the intersection of historical studies, historical geography, and critical cartography. In particular, it is based on a comprehensive scholarly approach that analyzes the methodological and ideological frameworks of Soviet historiography, the representation of colonial administrative-territorial space through cartographic discourse, and the interpretation of historical-geographical data. Contemporary academic literature lacks sufficient studies that systematically investigate the ideological nature of Soviet cartography and historical geography, or that reveal, through cartographic discourse, the colonial dimensions of administrative-territorial transformation in Kazakhstan. The mechanisms through which the Soviet cartographic language constructed the image of “socialist development” of space, blurred the colonial content of toponymic policies, and influenced historiographical interpretation remain insufficiently explored. The aim of the study is to determine how ideological filters embedded in Soviet cartography and historical geography shaped the depiction and scholarly interpretation of the colonial administrative-territorial space of Kazakhstan and to identify the historiographical implications of this influence. The research employs methods of critical cartography, discourse analysis, and historiographical comparison, which make it possible to examine comprehensively the ideological structure of Soviet cartographic materials and historical-geographical texts. The findings demonstrate that the Soviet cartographic language reconfigured administrative-territorial space in accordance with the ideology of “socialist development,” thereby systematically masking its colonial content. In addition, the study proposes methodological and substantive adjustments aimed at improving domestic historical-geographical research.

Keywords: Soviet cartography, historical geography, historiography, ideological discourse, colonial transformation, toponymic policy, border discourse, censorship, school atlas, methodology of critical cartography.

ÖZET

Bu makale, Kazakistan topraklarında kolonyal idari-bölgesel dönüşümün incelenmesinde Sovyet dönemi tarih yazımının metodolojik sınırlılıklarını ele almaktadır. Bu araştırma, tarih çalışmaları, tarihî coğrafya ve eleştirel kartografya alanlarının kesişiminde yer almaktadır. Özellikle çalışma, Sovyet tarih yazımının metodolojik ve ideolojik çerçevelerini, kolonyal idari-bölgesel mekânın kartografik söylem yoluyla temsilini ve tarihî coğrafi verilerin yorumlanmasını analiz eden kapsamlı bir akademik yaklaşıma dayanmaktadır.

Güncel akademik literatürde, Sovyet kartografyası ve tarihî coğrafyasının ideolojik doğasını sistematik biçimde inceleyen ya da kartografik söylem aracılığıyla Kazakistan'daki idari-bölgesel dönüşümün kolonyal boyutlarını ortaya koyan çalışmalar yetersizdir. Sovyet kartografik dilinin, mekânın “sosyalist gelişimi” imgesini nasıl inşa ettiği, toponimik politikaların kolonyal içeriğini nasıl bulanıklaştırdığı ve tarih yazımsal yorumları nasıl etkilediği henüz yeterince araştırılmamıştır.

Bu çalışmanın amacı, Sovyet kartografyası ve tarihî coğrafyasına içkin ideolojik süzgeçlerin Kazakistan'ın kolonyal idari-bölgesel mekânının betimlenmesini ve bilimsel yorumlanmasını nasıl şekillendirdiğini belirlemek ve bu etkinin tarih yazımı açısından sonuçlarını ortaya koymaktır.

Araştırmada eleştirel kartografya, söylem analizi ve tarih yazımı karşılaştırması yöntemleri kullanılmıştır. Bu yöntemler, Sovyet kartografik materyallerinin ve tarihî coğrafya metinlerinin ideolojik yapısını kapsamlı biçimde incelemeye imkân sağlamaktadır.

Elde edilen bulgular, Sovyet kartografik dilinin idari-bölgesel mekânı “sosyalist gelişim” ideolojisine uygun olarak yeniden yapılandırıldığını ve böylece onun kolonyal içeriğini sistematik biçimde gizlediğini göstermektedir. Ayrıca çalışma, yerel tarihî coğrafya araştırmalarını geliştirmeye yönelik metodolojik ve içeriksel öneriler sunmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Sovyet kartografyası, tarihî coğrafya, tarih yazımı, ideolojik söylem, kolonyal dönüşüm, toponimik politika, sınır söylemi, sansür, okul atlası, eleştirel kartografya metodolojisi.

INTRODUCTION

The study of the formation and development of Kazakhstan’s colonial administrative-territorial structure occupied an important place in Soviet historiography. During the Soviet period, this issue was addressed in works published in the academic centers of Moscow, Leningrad, and the союзные republics, where the administrative reforms of Tsarist Russia (1822, 1867–1868, 1891) were assessed as a historical necessity. Such an interpretation was shaped under the influence of the Soviet ideological discourse and led to a one-sided evaluation of the essence of colonial policy (Said, 1978).

At the origins of research in this field stands the scholarly legacy of Yermukhan Bekmakhanov (1915–1966), whose works are distinguished by their broad scope and solid academic grounding. His fundamental monograph “Kazakhstan in the 20s–40s of the 19th Century,” published in 1947, marked a new stage in the study of the colonial period (Bekmakhanov, 1947). In this work, the movement led by Kenesary Kasymov was for the first time characterized as a “national liberation movement of the Kazakh people.” However, for this interpretation, the scholar was accused of “bourgeois nationalism” and sentenced to 25 years of imprisonment (Yenisseyeva Varshavskaya, 2014).

Soviet ideological principles were also clearly reflected in the fields of historical geography and cartography. The cartographic representation of the territory of Kazakhstan was largely based on class-ideological principles, portraying the colonial administrative system of Tsarist Russia as a “driving force of civilizational development.” In Soviet maps and geographical works, the regions, districts, and boundaries formed as a result of administrative-territorial reforms were presented as an objective historical process. However, the colonial nature of these changes, the interests of the local population, and issues of spatial dependence and economic exploitation were not sufficiently addressed.

At the same time, cartographic materials often interpreted the fragmentation of Kazakhstan’s territory, boundary re-demarcations, and processes of spatial reorganization as outcomes of the efficiency of imperial governance. This approach relegated the actual content of colonial transformation to the background — including the disruption of traditional land-use systems, changes in migration routes, and the strengthening of the region’s economic and administrative dependence.

Thus, the ideological discourse in Soviet cartography and historical geography played a decisive role in representing Kazakhstan’s colonial transformation, contributing to the formation of a one-sided, ideologized interpretation of historical space.

Although the ideological discourse in Soviet cartography and historical geography played a significant role in interpreting Kazakhstan’s colonial transformation, this issue was examined in a one-sided and limited manner within Soviet historiography. Soviet studies were shaped within the rigid framework of Marxist-Leninist methodology and were guided by ideological principles in representing space and territory. As a result, cartography became not only a scientific tool but also a mechanism of political and ideological influence (Harley, 1989).

In Soviet cartography, the territory of Kazakhstan was predominantly represented merely as an administrative-territorial unit, while its historical-geographical integrity and traditional spatial structure were largely disregarded. Processes of boundary delimitation and redistribution were based on political interests and presented as “natural” or “objective” phenomena. Through cartographic materials, the Soviet authorities legitimized the idea of controlling and reorganizing space, thereby establishing the geographical foundation of colonial transformation (Foucault, 1977).

In the field of historical geography, the essence of the colonial administrative-territorial structure has also not been fully раскрыто. The territorial reforms carried out by the Tsarist and Soviet authorities disrupted the traditional spatial organization of Kazakh society and introduced significant changes to

the ecological and social foundations of the nomadic economy. However, in Soviet historiography, these changes were portrayed as progressive and modernization processes, while their colonial nature was obscured.

Moreover, such processes as the destruction of traditional governance institutions of Kazakh society, land expropriation policies, demographic transformations caused by resettlement, and the marginalization of the national elite were not comprehensively examined. The colonial administrative system, introduced as an instrument of spatial control and management, served not the socio-economic development of the local population but rather the interests of the imperial and Soviet center.

From the perspective of the source base, the limitations of Soviet research are also evident. There was a predominant reliance on official documents and party assessments, while cartographic materials were used without critical analysis. Sources reflecting the perspectives of the local population—such as oral history, the works of national intellectuals, and alternative cartographic materials—were marginalized. This situation raises doubts about the scientific objectivity of Soviet historical-geographical studies and highlights the need to reconsider Kazakhstan's colonial transformation through new methodological approaches.

In the context of independent Kazakhstan, reassessing the colonial period from a new scientific perspective is one of the key tasks of national historical scholarship. In particular, the analysis of the ideological discourse formed in Soviet cartography and historical geography makes it possible to gain a deeper understanding of the essence of Kazakhstan's colonial administrative-territorial structure. During the Soviet period, the representation of space and territory was subordinated more to political and ideological objectives than to scientific neutrality, which led to a one-sided interpretation of historical reality.

The analysis of the methodological limitations of Soviet historiography in studying Kazakhstan's colonial transformation is of particular importance for the formation of national historical consciousness, understanding the consequences of the colonial legacy, and identifying the historical foundations of contemporary administrative-territorial policy. In Soviet cartographic materials and historical-geographical works, the spatial structure of the Kazakh steppe was predominantly treated as an administrative object, while its traditional geographical integrity and socio-cultural content were largely overlooked.

The relevance of this issue is closely linked to the intensification of decolonization studies in the post-Soviet space and the growing processes of rethinking space. At present, cartography is considered not merely as a tool of geographical description, but as an important discursive field reflecting the interrelationship between power and knowledge. From this perspective, critically revisiting the cartographic representations and historical-geographical concepts formed during the Soviet period allows for interpreting Kazakhstan's colonial past and spatial transformation on a new methodological basis.

Furthermore, the reassessment of scientific concepts established during the Soviet period opens the way for the methodological renewal of national historiography and provides a foundation for expanding the range of historical sources, including the comprehensive use of cartographic materials, oral history, and the intellectual heritage of the national intelligentsia. This, in turn, enables a deeper and more comprehensive study of the spatial restructuring of Kazakhstan during the colonial period, its boundary transformations, and the formation of its administrative divisions.

The objective of this study is to comprehensively identify the methodological foundations, ideological limitations, and specific features of scientific interpretation within Soviet historiography in the study of Kazakhstan's colonial administrative-territorial structure. In addition, the study aims to analyze the role of ideological discourse formed in Soviet cartography and historical geography in representing and interpreting space, to determine its influence on the characterization of Kazakhstan's colonial transformation, and to assess its impact on contemporary historical-geographical research.

To achieve the stated objective, the study addresses the following key research questions:

- What ideological principles underpinned the representation of Kazakhstan's territorial space in Soviet cartography and historical geography?
- How was Kazakhstan's colonial administrative-territorial structure depicted in Soviet maps?

- How was the colonial policy of Tsarist Russia interpreted in Soviet cartographic and geographical works?
- What limitations did Soviet ideology impose on the representation of space (territory)?
- Which territorial or historical-geographical issues were distorted or overlooked?
- To what extent do Soviet cartographic and historical-geographical interpretations influence contemporary research?

METHODOLOGY

This study was conducted within a qualitative and interdisciplinary scientific paradigm. The methodological foundation of the research is based on the theoretical and methodological approaches of historiography, historical geography, and critical cartography. These approaches make it possible to consider the historical-geographical and cartographic knowledge formed during the Soviet period not as neutral sources, but as representational constructs shaped within a specific ideological system.

The study employs a combination of historiographical analysis, critical cartography, and discourse analysis as its principal methods. Through historiographical analysis, the content of scholarly works from the Soviet period, their methodological foundations, and their specific approaches to interpreting the colonial administrative-territorial structure were examined.

The method of critical cartography provided a basis for analyzing Soviet cartographic materials not merely as technical tools for representing administrative-territorial space, but as discursive mechanisms through which power and ideology are expressed spatially. Within this framework, boundary decisions, territorial hierarchy, toponymic policies, and naming systems presented in maps and atlases were analyzed, revealing their role in obscuring colonial content and reinforcing the idea of “socialist development” or “socialist освоение” (Wood, 2010).

The method of discourse analysis was aimed at revealing the linguistic and visual codes used in historical-geographical texts and cartographic products of the Soviet period, as well as their interconnection with the ideological structure. This approach made it possible to demonstrate how the scientific interpretation of administrative-territorial space acquired normative, political, and ideological significance.

As research sources, a body of materials covering the first half of the twentieth century and the formative period of the Soviet system was utilized. In particular, cartographic works of both educational and academic levels—such as the *Atlas of the Kazakh SSR* (1982) and geography atlases of the USSR intended for secondary schools in the 1930s—were selected as primary objects of analysis. These atlases were examined as instruments for the spatial formation of Soviet ideology.

In addition, official party documents, normative materials, and historical-geographical descriptions were analyzed comparatively alongside cartographic data, allowing for the identification of both correspondences and inconsistencies in their content. Such an integrated methodological approach makes it possible to examine Kazakhstan’s colonial transformation comprehensively at the intersection of spatial, ideological, and cartographic dimensions.

Results

1. The Nature of Methodological Approaches in Soviet Historiography

The study revealed that the dominant methodological approaches used in Soviet historiography to examine Kazakhstan’s administrative-territorial space were grounded in Marxist-Leninist theory. This methodology, relying on the theory of socio-economic formations, was aimed at interpreting territorial changes as an objective and закономерный stage of historical development.

In Soviet works, administrative-territorial transformations were considered not from the perspective of historical geography, but primarily as a means of optimizing state governance, forming the spatial framework of socialist planning, and implementing economic regionalization. As a result, the historical and cultural characteristics of space, as well as its colonial content, were not treated as independent scientific categories and remained secondary.

2. The Colonial Content of Tsarist Russian Reforms and Their Soviet Interpretation

The study found that the administrative reforms implemented by Tsarist Russia in Kazakhstan were systematically interpreted in Soviet historiography not as manifestations of colonial policy, but as the “formation of a progressive system of state governance.”

However, historical evidence demonstrates that the “Charter on the Siberian Kirgiz” of 1822 and the “Regulation on the Administration of the Orenburg Kazakhs” of 1824 were aimed at abolishing the khanate authority within Kazakh society and completely weakening the remaining elements of political independence. As a result of these reforms, the traditional governance system was dismantled, and the Kazakh steppe was divided into districts and administrative units, thereby establishing a system of imperial administrative control over space.

The Temporary Regulations of 1867–1868 and the Steppe Regulation of 1891 were also described in Soviet scholarship as prerequisites for socio-economic progress. However, their role in strengthening mechanisms of colonial governance, redistributing land, and transforming the ethno-social structure was systematically overlooked.

3. The Influence of Soviet Ideology on Historical and Geographical Interpretations

The results of the study demonstrate that Soviet ideology had a direct impact on the interpretation of Kazakhstan’s historical geography and administrative-territorial space. This influence was most clearly manifested at the level of scientific language and the conceptual apparatus.

In Soviet academic texts and cartographic descriptions, terms such as “colonization,” “expansion,” and “conquest” were avoided; instead, neutral or positive terms such as “integration,” “development of space,” and “modernization” were introduced.

Thus, spatial transformations in historical geography were presented not as genuine colonial processes, but as progressive development. Traditional governance institutions of Kazakh society were characterized as secondary and “backward” structures, and through this ideological framework, the Soviet modernization paradigm was reinforced.

4. Overlooked and Distorted Historical-Geographical Issues

The study found that a number of important historical and geographical issues were systematically excluded from scholarly discourse during the Soviet period. In particular, these include:

- the internal dynamics of traditional Kazakh spatial organization (nomadic routes and the pasture system);
- the socio-economic consequences of administrative land redistribution;
- the spatial disintegration of the clan-tribal governance system;
- mechanisms of control and regulation implemented through colonial administration.

The weakening of the traditional economic foundations of the Kazakh population as a result of colonial policy, including the loss of fertile pasture lands, was not fully explored in Soviet works. In addition, by the mid-nineteenth century, with the development of commodity-money relations, the institution of *baistvo* (wealth-based social status) in Kazakh society began to acquire new social characteristics; however, this form of class differentiation largely served colonial interests (Bekmakhanov, 1947).

These issues were typically presented in Soviet scholarly texts only in an indirect or fragmentary manner.

5. Ideological Discourse in Soviet Cartography and the Visualization of Space

The application of the critical cartography approach demonstrated that cartographic materials of the Soviet period functioned not merely as technical tools, but also as an essential component of ideological discourse.

Critical Analysis of Cartographic Visualization and Legends. The visual codes contained in the Atlas of the Kazakh SSR (1982) and in school atlases examined in this study do not represent purely technical information; rather, they constitute a specific ideological-representational framework. The critical analysis of these materials revealed several key elements:

Symbols and Hierarchy: In the map legends, Kazakh auls (villages) and traditional settlements were typically represented only as minor, small “points” with low significance. In contrast, colonial administrative centers and newly established industrial nodes were depicted using larger and more

prominent symbols, giving them visual dominance. From the perspective of Edward Said's concept of Orientalism, this phenomenon can be interpreted as a means of marginalizing local society by presenting it merely as a "governed subject" (Edward, 2021).

Color Coding and the Development of Space: The selection of colors in maps was aimed at reinforcing the image of "socialist development" (Wood, 2010). For example, changes in administrative boundaries during both the Tsarist Russian and Soviet periods were highlighted with vivid colors to emphasize "progressive modernization," while historically formed ethnic boundaries and traditional pasture systems were either blurred or entirely omitted. Such visual techniques made it possible to replace colonial content with the image of "socio-economic development." This approach contributed to the reinterpretation of Kazakhstan's territory not as a historical and cultural space, but as a resource region oriented toward economic exploitation (Harley, 1989).

Toponymic discourse: The legend of the atlases clearly reveals the unification of toponyms and the predominance of Russified place names. The replacement of traditional geographical names with centralized administrative terms became an effective discursive mechanism for ideologically reshaping space and reinforcing the logic of colonial control (Said, 1978).

Thus, the legend and system of conventional symbols in Soviet atlases constitute an important source that demonstrates the interdependence between the scientific representation of space and its political-ideological interpretation.

Figure 1 – Economic and industrial map of the Kazakh SSR (depicting spatial development and the structure of production during the Soviet period).



In maps and atlases:

- the administrative-territorial hierarchy is clearly delineated;
- historical boundaries are disregarded;
- toponyms are systematized and standardized (unified);
- space is represented as a zone of "socialist development."

For example, the results of the reforms of 1822 and 1824 are visualized in maps not as colonial expansion, but as "improving governance" and "eliminating feudal fragmentation."

Thus, cartography in historical geography functioned not as a neutral tool for representing space, but as a discursive mechanism that legitimized the logic of centralized authority and reinforced ideological narratives (Harley, 1989; Wood, 2010).

Table 1 – Ideological transformation in Soviet historiography and cartography

Research aspect	Colonial content (historical reality)	Soviet interpretation (representation)
Terminology	Colonization, expansion, conquest	Integration, spatial development, modernization
Political evaluation	Elimination of independence, imperial control	Progressive system of governance, overcoming feudal fragmentation
Administrative space	Destruction of traditional structures	Incorporation into a unified administrative system
Historical geography	Colonial restructuring of space	Economic regionalization
Cartography	Instrument of control and power	Socialist planned space

6. The Influence of the Soviet Scientific Legacy on Contemporary Research

The findings demonstrate that scientific approaches and conceptual models formed during the Soviet period have been partially preserved in contemporary domestic historical and historical-geographical research.

In particular:

- the tradition of viewing administrative-territorial space primarily as a managerial and economic category continues;
- Soviet cartographic language and visual methods are still applied in modern textbooks and reference materials;
- a comprehensive analysis of colonial transformation (political, spatial, and cultural) has not yet been sufficiently established.

This situation reflects the long-term impact of Soviet discourse on scholarly knowledge and highlights the need for a broader integration of critical historical geography and critical cartography approaches in contemporary research.

The improved analysis further shows that Soviet historiography and cartography presented the colonial transformation of Kazakhstan not as a neutral scientific phenomenon, but as an ideologically reworked spatial discourse.

In this regard, the critical reassessment of historical geography and cartography represents an important direction for fully revealing the spatial and colonial dimensions of Kazakhstan's history.

ANALYSIS

In order to gain a deeper understanding of the internal logic of colonial governance, the application of Edward Said's theory of Orientalism made it possible to identify how Soviet scientific discourse represented Kazakh society not merely as an object of study, but also as a deliberately constructed and governable "subject" (Said, 1978). In particular, maps depicted central administrative units on a large scale and with clear emphasis, while traditional settlements and pasturelands were rendered indistinct through schematic symbols, leading to the formation of spatial hierarchy based on the "center-periphery" principle (Harley, 1989). This conclusion directly corresponds to the hierarchical structure of cartographic visualization and legends identified in the results section of the study.

Within this paradigm, the portrayal of traditional Kazakh villages and pastoral lands as peripheral, secondary features on Soviet maps became an effective visual tool for representing the local population as a "passive subject" (Said, 1978). Such cartographic hierarchies reinforced the "civilizational" superiority of colonial power and the logic of centralized governance by visually diminishing traditional spatial structures. As a result, administrative-territorial space functioned not as a neutral scientific object, but as a discursive mechanism reconstructed within a specific ideological framework.

Thus, the obtained findings create a scholarly foundation for reinterpreting the Soviet model of Kazakhstan's colonial structure from a decolonial perspective.

Interpretation of results and their connection to the research questions

The first research question was aimed at identifying the methodological foundations of studying Kazakhstan's administrative-territorial structure during the Soviet period.

The findings indicate that the Marxist-Leninist paradigm dominated historiographical interpretations. This dominance allowed administrative-territorial reforms to be presented as a natural and necessary stage of historical development, while at the same time marginalizing alternative perspectives and excluding them from scholarly discourse.

The results concerning the assessment of the colonial policy of Tsarist Russia are directly related to the second research question. In Soviet historiography, the portrayal of administrative reforms as “progressive” contributed to obscuring the political dominance inherent in colonial rule. Such interpretations neutralized the colonial content by equating the imperial model of governing Kazakhstan’s territory with processes of socio-economic modernization.

The influence of Soviet ideology, addressed in the third research question, is clearly reflected in the results at both the terminological and cartographic levels. This demonstrates that the language and visual representations used in historical interpretations were politically conditioned. In this context, administrative-territorial space in Soviet historiography assumed a normative character rather than one of scientific neutrality. From the perspective of Edward Said’s theory of Orientalism, this process illustrates how Soviet discourse constructed Kazakh society as a “space to be governed” and a “passive subject.”

The obtained results were further refined through a comparative analysis of historiographical and cartographic works published during the Soviet period. The study confirms that earlier works predominantly described administrative-territorial structures in terms of state governance efficiency and the interests of socialist planning. At the same time, the lack of systematic consideration of the social and spatial consequences of colonial rule in previous studies corresponds with the key trends identified in this research.

The Soviet scientific texts and atlases examined in the study were treated as complementary sources. This approach made it possible to reveal the interrelationship between textual and visual representations of administrative-territorial space.

Limitations of the study

The results of the study demonstrate that Soviet historiography tended to interpret administrative-territorial space primarily as a managerial and economic category. This tendency excluded traditional forms of territorial organization of Kazakh society from scholarly analysis. As a result, the interpretive model developed within Soviet historiography did not allow for a full understanding of the multidimensional nature of colonial space.

The ideologized representation in Soviet cartography reinforced the logic of centralized governance rather than reflecting the historical variability of administrative-territorial structures. This indicates that scientific knowledge about space acquired a distinctly political meaning. From this perspective, the analysis of Soviet cartography and historiographical texts through the lens of discourse analysis and Orientalism theory reveals that they functioned not as mechanisms concealing colonial content, but rather as instruments that reproduced it in an ideologically transformed form.

A key limitation of this study lies in the fact that the majority of the sources used are restricted to official Soviet scientific and cartographic materials. Alternative perspectives formed outside the Soviet discourse, as well as informal sources, were not fully incorporated. In addition, the study was not designed to equally address all regional specificities of administrative-territorial transformation across the territory of Kazakhstan.

These limitations do not undermine the validity of the findings; rather, they highlight the structural characteristics of Soviet historiography within the framework of scholarly knowledge production.

CONCLUSION

The conducted study made it possible to comprehensively identify the ideological and methodological limitations of Soviet historiography in the study of Kazakhstan’s colonial administrative-territorial transformation. The Soviet scientific discourse, grounded in the Marxist-Leninist paradigm, interpreted the administrative reforms of Tsarist Russia (1822, 1867–1868, 1891) exclusively within the framework of “progressive transformation” and “socio-economic modernization,” thereby obscuring their colonial content, which was aimed at eliminating the political autonomy of Kazakh society and strengthening imperial control. The findings demonstrate that Soviet ideological filters distorted historical interpretation not only at the terminological level but also through cartographic visualization.

The substitution of terms such as “colonization” and “conquest” with neutral concepts like “integration” and “spatial development,” as well as the depiction of territory on maps as a zone of “socialist освоение (development/appropriation),” became a key mechanism for concealing colonial content (Said, 1978). The application of critical cartography reveals that Soviet maps functioned not as neutral geographical data, but as discursive mechanisms reinforcing the logic of centralized power (Harley, 1989).

The scientific novelty of the study lies in the comprehensive consideration of Soviet historiography and cartographic materials as a unified ideological construct and discursive field. This approach made it possible to demonstrate that the representation of space was not a purely scientific phenomenon, but one conditioned by political factors. Furthermore, the findings provide a basis for reinterpreting the Soviet scientific model within the framework of Edward Said’s theory of Orientalism, showing that Soviet discourse served as one of the mechanisms for legitimizing colonial power as neutral knowledge.

A methodological limitation of this study is связан with the fact that the majority of the sources used are confined to official Soviet scientific and cartographic materials. While this selection aligns with the objectives of the research, it does not allow for the full inclusion of alternative perspectives. Therefore, it is important for future studies to more extensively incorporate the works of national intellectuals, oral history sources, and regional specificities.

In conclusion, it can be observed that the concepts сформированные within Soviet historiography have persisted into the post-independence period as a form of methodological inertia, continuing to influence the interpretation of administrative-territorial development largely from a modernization perspective. In this regard, the deconstruction of Soviet spatial and cartographic models represents an important direction for re-examining the historical geography of Kazakhstan within a decolonial paradigm.

REFERENCES

- Bekmakhanov, E. B. (1947). *Kazakhstan in the 20–40s of the 19th Century*. Alma-Ata: Kazakh United State Publishing House. 392 p. (pp. 123–125).
- Enisseeva-Varshavskaya, L. (2014). The Bekmakhanov Case: How It Happened. *Mysl*, March 18. Available at: <https://mysl.kazgazeta.kz/news/1768/>
- Foucault, M. (1977). *Power/Knowledge: Selected Interviews and Other Writings, 1972–1977*. New York: Pantheon Books. 270 p.
- Harley, J. B. (1989). Maps, Knowledge and Power. In: *The Iconography of Landscape*. Cambridge: Cambridge University Press. pp. 277–312.
- Said, E. (1978). *Orientalism*. New York: Pantheon Books. 368 p.
- Said, E. (2021). *Orientalism*. Moscow: Garage Museum of Contemporary Art. 560 p.
- Wood, D. (2010). *The Power of Maps*. New York: The Guilford Press. 248 p.

ARTIFICIAL INTELLIGENCE AND ECONOMIC GROWTH IN INDIA**Dr. M. K. GANESHAN**

Assistant Professor, AMET Business School, AMET University, Chennai, Tamil Nadu, India

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-2407-1527>**Abstract**

Artificial Intelligence (AI) is playing an important role in economic growth in India. The rapid adoption of AI technologies across industries such as manufacturing, healthcare, banking, education, agriculture, and logistics is transforming the way businesses operate and deliver services. AI helps organisations improve productivity, reduce operational costs, enhance decision-making, and provide better customer experiences. As India continues its journey toward becoming a global economic powerhouse, AI is expected to play a significant role in accelerating innovation, competitiveness, and sustainable development. This research examines the relationship between Artificial Intelligence and economic growth in India. It explores how AI contributes to increased efficiency, business expansion, employment opportunities, and technological advancement. The research also highlights the role of government initiatives, digital infrastructure, and investments in supporting AI adoption across various sectors. The findings indicate that AI has the potential to increase economic output by automating routine tasks, improving resource utilisation, and enabling data-driven decision-making. Furthermore, AI supports the development of new products, services, and business models, creating opportunities for entrepreneurship and economic diversification. Investment in digital skills, responsible AI governance, and inclusive technology policies will be essential for maximising the benefits of AI while minimising potential risks. The research concludes that Artificial Intelligence has emerged as a powerful tool for promoting economic growth and improving national competitiveness. By embracing AI-driven innovation and advancing inclusive development, India can strengthen its position in the global economy and achieve long-term, sustainable growth.

Keywords: Artificial Intelligence, Economic Growth, Digital Transformation, Innovation, India.

INTRODUCTION

Artificial Intelligence has emerged as one of the most transformative technologies of the twenty-first century, reshaping economies, industries, and societies across the globe. India, with its vast population, growing digital infrastructure, and expanding technology sector, stands at the forefront of this AI-driven transformation. The country's journey toward becoming a global economic powerhouse is increasingly intertwined with its ability to harness the potential of AI for innovation, productivity enhancement, and inclusive development. (Brynjolfsson & McAfee, 2017; NITI Aayog, 2018).

The adoption of AI technologies across Indian industries has accelerated significantly in recent years. According to NASSCOM's AI Adoption Index, 87 per cent of enterprises are actively using AI solutions to improve productivity, customer service, and decision-making. (NASSCOM, 2025). The domestic AI market is projected to grow exponentially to more than \$131 billion by 2032, positioning AI as a critical driver of economic transformation. (International Data Corporation, 2024). NITI Aayog's analysis indicates that accelerated AI adoption across industries could contribute an additional \$500–600 billion to India's GDP by 2035 beyond baseline projections, with AI-led productivity improvements in manufacturing alone potentially generating \$85–100 billion in incremental economic value. (NITI Aayog, 2025).

The Indian government has recognised the strategic importance of AI for national development. The IndiaAI Mission, launched in 2024 under the Ministry of Electronics and Information Technology (MeitY), forms the cornerstone of India's AI strategy. With a substantial financial outlay and plans to deploy 18,693 Graphics Processing Units (GPUs) through a federated compute network, the mission aims to build national AI infrastructure at scale, train students and professionals, and support AI startups. (Ministry of Electronics and Information Technology (MeitY), 2024).

The government's approach, as articulated in the Economic Survey 2025-26, emphasises a "bottom-up, application-focused" AI strategy that prioritises economic and social impact over prestige, leveraging India's strengths in human capital, data diversity, and institutional coordination (Government of India,

2025). However, the relationship between AI and economic growth is complex and multifaceted. While AI offers immense opportunities for productivity gains, innovation, and economic diversification, it also presents challenges related to employment displacement, skills gaps, ethical concerns, and governance (World Economic Forum, 2025; International Monetary Fund, 2024). India's technology workforce is relatively well-positioned, ranking second globally in AI skill penetration, just behind the United States. Yet, weaker outcomes in broader information and communication technology penetration and skill diffusion across firms and regions remain concerns (Stanford University, 2025; Government of India, 2025).

REVIEW OF LITERATURES

Sridevi (2026), Impact of Artificial Intelligence on the Productivity of the Indian Economy-AI has emerged as a transformative force in the global economy, and India is no exception. As one of the fastest-growing economies with a rapidly expanding digital infrastructure, India stands at the cusp of an AI-driven revolution. **Ranjith Kumar (2026)** Transforming India's Economy through Artificial Intelligence and Education: An Analysis of GDP Growth and Future- how AI and education can jointly transform India's economic trajectory. The roles of AI-driven productivity gains and education-driven human capital in boosting India's GDP, drawing on historical data, empirical studies, and policy reports. **Veeranan Veeranan (2026)** adoption of Artificial Intelligence (AI) is set to significantly boost India's economic growth, with AI expected to contribute \$500 billion to the country's GDP by 2025. Key sectors—including Consumer Goods and Retail, BFSI.

Bhushan Santosh Raut, Sagar Vaijinath Sasane, Prof. Nitin Yadav (2025): AI helps Indian economic growth by focusing on productivity, innovation, and job changes across different regions. It uses a mixed-methods approach, combining data analysis from reports by NITI Aayog, McKinsey, PwC, and Accenture with interviews from 25 industry experts. It looks at how AI affects GDP growth, job creation, and industry competitiveness. **Varalakshmi, G. Srividya, P. Lalitha Rani (2024)**. AI has emerged as a transformative force globally, with significant implications for economies worldwide. This research paper explores the specific impact of AI on the Indian economy. **McKinsey Global Institute (2021)** observed that AI adoption enhances organisational productivity, customer satisfaction, and business competitiveness. **World Economic Forum (2020)** emphasised that AI can create new job opportunities while transforming existing work processes.

PwC (2018) reported that AI could contribute significantly to global economic growth by improving efficiency and innovation across industries. **NITI Aayog (2018)** highlighted the importance of AI in sectors such as healthcare, agriculture, education, and smart cities in India.

ROLE OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN INDIA'S ECONOMIC GROWTH

Artificial Intelligence plays a significant role in supporting India's economic growth by improving productivity, innovation, and business performance. AI helps organisations automate routine tasks, make better decisions, and reduce operational costs. It contributes to economic development by enhancing efficiency across industries and creating new opportunities for investment and entrepreneurship. (NITI Aayog, 2018; McKinsey Global Institute, 2021; NASSCOM, 2025).

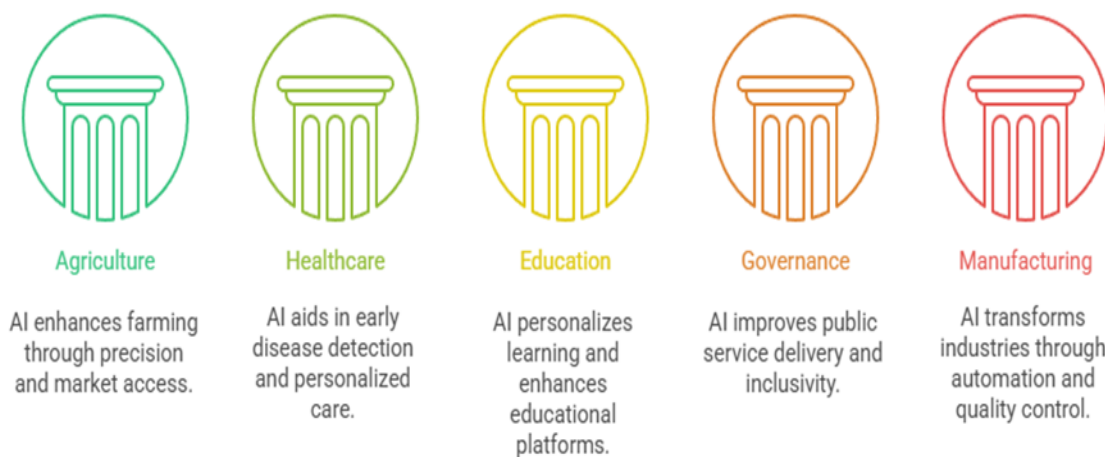
Productivity: Artificial Intelligence (AI) plays an important role in improving productivity across different industries. It automates repetitive and time-consuming tasks, allowing employees to complete their work more quickly and efficiently. AI reduces human errors and improves the accuracy of business operations. By handling routine activities, AI enables employees to focus on more important and strategic tasks that require creativity and decision-making. It also improves the use of resources, increases operational efficiency, and helps organisations produce more output while reducing production time and operating costs. (McKinsey Global Institute, 2021; PwC, 2018).

Innovation: AI is a major driver of innovation in today's digital economy. It supports the development of new products, services, and business solutions that meet changing customer needs. AI helps researchers and organisations improve research and development activities by analysing large amounts of data and identifying useful insights. It also encourages startups to create innovative business models and digital solutions. In addition, AI accelerates technological advancement and digital transformation, enabling organisations to identify market trends, customer preferences, and new business opportunities more effectively. (PwC, 2018; NASSCOM, 2025; World Economic Forum, 2023).

Performance: AI significantly improves organisational performance by supporting better decision-making through data-driven insights. It enhances customer service by providing personalised recommendations and AI-powered chatbots that respond quickly to customer queries. AI enables organisations to monitor business performance in real time and make timely decisions. It also strengthens supply chain management and inventory control, ensuring smooth business operations. Furthermore, AI improves competitiveness and profitability by increasing efficiency, supporting faster problem-solving, and helping organisations identify and manage potential risks effectively. (McKinsey Global Institute, 2021; Accenture, 2017).

The Major Sectors Adopting AI Technologies

Artificial Intelligence (AI) is becoming a powerful driver of economic growth in India. It helps businesses automate repetitive tasks, reduce operational costs, improve productivity, and increase overall efficiency. AI technologies also support better decision-making by analysing large amounts of data and providing accurate predictions. As a result, organisations can improve customer service, optimise resources, and remain competitive in the digital economy. AI is creating new business opportunities, generating employment, and encouraging innovation across various sectors.

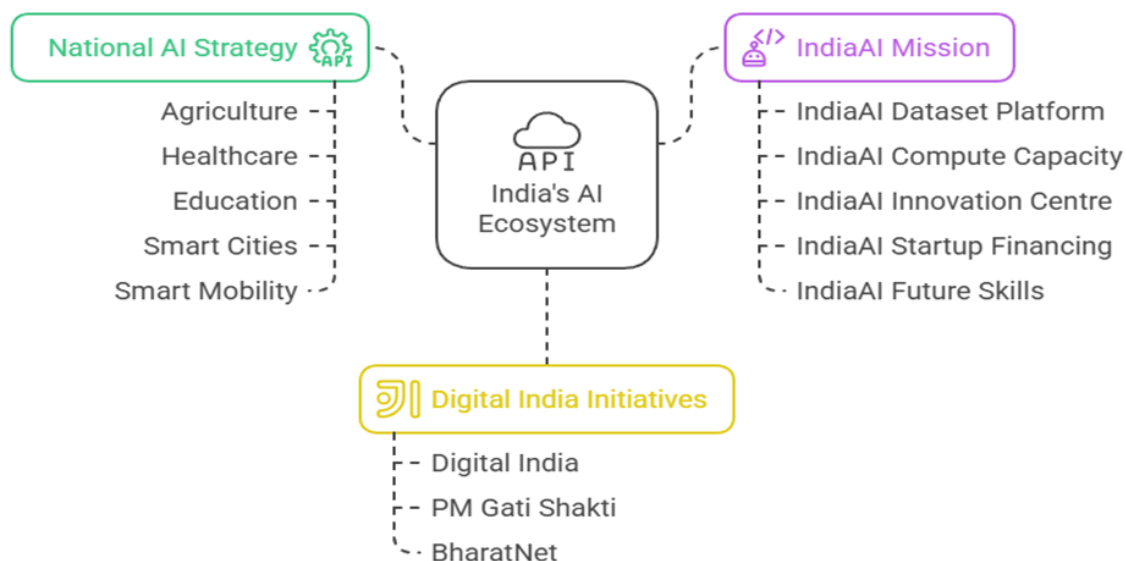


AI is being widely adopted in many industries in India. In healthcare, AI is used for disease diagnosis, medical imaging, telemedicine, and patient monitoring to improve the quality of healthcare services. In banking and finance, AI supports fraud detection, customer service chatbots, risk assessment, and digital payment systems, making financial services faster and more secure. In the manufacturing sector, AI helps with predictive maintenance, quality control, smart production systems, and supply chain optimisation, leading to higher productivity and lower costs.

In agriculture, AI assists farmers through crop monitoring, weather forecasting, precision farming, and pest detection, helping improve agricultural productivity. In education, AI enables personalised learning, smart classrooms, online assessments, and student performance analysis, making learning more effective. In logistics, AI improves route optimisation, inventory management, demand forecasting, and warehouse automation, resulting in faster and more efficient supply chain operations. Overall, the growing adoption of AI across these sectors is contributing significantly to India's economic development and digital transformation.

GOVERNMENT INITIATIVES AND POLICY FRAMEWORK

The Indian government has implemented several strategic initiatives to promote AI adoption:



IndiaAI Mission: Launched in 2024 with a substantial financial outlay, the mission aims to build national AI infrastructure at scale. A flagship component is a high-end computing facility with 18,693 GPUs, offering researchers and startups GPU access at a subsidised rate of Rs. 100 per hour, compared to the global average of \$2.5–\$3. The mission includes four Centres of Excellence in Healthcare, Agriculture, Sustainable Cities, and Education.

AI Governance Guidelines: Unveiled by MeitY in November 2025, these guidelines propose a robust governance framework comprising seven guiding principles (Sutras) for ethical and responsible AI: Trust, People First, Innovation and Over Restraint, Fairness and Equity, Accountability, Understandable by Design, and Safety, Resilience and Sustainability. India has adopted a sectoral regulatory approach, allowing sectoral regulators to formulate AI rules specific to each sector.

Digital India BHASHINI: This platform provides AI-driven translation and voice-based access, making digital services accessible to millions, especially in rural areas. With over 100 million monthly inferences and 350+ pre-trained AI language models, BHASHINI enables citizens to engage with technology in their native languages.

Economic Survey 2025-26: The Survey recommends a "bottom-up, application-focused" AI strategy that prioritises economic and social impact over prestige. It advocates smaller, task-specific systems that can operate on local hardware, run in low-resource settings, and address specific sectoral needs. The Survey also recommends an 'AI Safety Institute' to monitor risks, coordinate regulatory gaps, and conduct training programmes.

State-Level Initiatives: States are translating national aims into local programmes. Tamil Nadu's Safe & Ethical AI Policy, Karnataka's State-level AI Mission, Telangana's TGDeX, Maharashtra's MahaAgri-AI Policy, Odisha's AI Policy, and Uttar Pradesh's AI Pragya initiative demonstrate the federal approach to AI governance.

CHALLENGES ASSOCIATED WITH AI ADOPTION IN INDIA

Shortage of Skilled Workforce: One of the major challenges in AI adoption is the shortage of skilled professionals. The demand for experts in artificial intelligence, machine learning, and data analytics is growing rapidly, but the availability of trained talent is limited. Many employees need proper training and skill development to work effectively with AI technologies.

High Implementation Cost: Implementing AI requires a large investment in software, hardware, cloud services, and digital infrastructure. These costs can be difficult for small and medium-sized enterprises (SMEs) to afford. As a result, many organisations delay or avoid adopting AI technologies.

Data Privacy and Security: AI systems rely on large amounts of data to make accurate decisions. Protecting personal and business data from cyber threats is a major challenge. Organizations must ensure strong data privacy measures and cybersecurity practices to build trust and prevent data misuse.

Limited Digital Infrastructure: Many rural and remote areas in India still have limited access to high-speed internet and digital infrastructure. This creates difficulties in implementing AI solutions across all regions. Improving digital connectivity is essential for the wider adoption of AI.

Lack of Awareness: Many organisations are not fully aware of the benefits and applications of AI. Some businesses hesitate to adopt AI because they lack knowledge or are resistant to technological change. Creating awareness through education and training can help increase AI adoption.

Ethical and Legal Issues: The use of AI raises important ethical and legal concerns, such as bias in decision-making, lack of transparency, accountability, and fairness. Proper laws, regulations, and ethical guidelines are needed to ensure the responsible use of AI technologies.

Job Displacement: AI and automation can replace some routine and repetitive jobs, leading to concerns about unemployment. Employees need continuous reskilling and upskilling to adapt to new roles and work alongside AI. This will help create a workforce that is ready for the future.

Measures for Maximising the Economic Benefits of AI

Invest in AI Education and Skill Development: India should invest in AI education and digital skill development to prepare its workforce for the future. Schools, colleges, and training institutions should offer courses in artificial intelligence, data analytics, machine learning, and other digital technologies. Organizations should also encourage employees to upgrade their skills through regular upskilling and reskilling programs. This will help people adapt to changing job requirements and improve productivity.

Strengthen Digital Infrastructure: A strong digital infrastructure is essential for the successful adoption of AI. The government should improve high-speed internet connectivity, cloud computing facilities, and digital networks across the country. Special attention should be given to expanding digital access in rural and remote areas so that everyone can benefit from AI technologies. Better infrastructure will support innovation, business growth, and digital inclusion.

Promote Research and Innovation: Increasing investment in AI research and development is important for creating new technologies and solutions. The government and private sector should support universities, research institutions, and innovation centers by providing funding and modern research facilities. Encouraging research and innovation will help India develop advanced AI applications and strengthen its global competitiveness.

Support Startups and Entrepreneurs: AI startups play an important role in creating new products, services, and employment opportunities. The government should provide financial support, incubation facilities, and mentorship programs for AI-based startups. Encouraging entrepreneurs to develop innovative business models will help strengthen the AI ecosystem and contribute to economic growth.

Develop Responsible AI Policies: The use of AI should be guided by clear ethical principles and responsible policies. The government should establish guidelines to ensure that AI systems are transparent, fair, secure, and accountable. Protecting data privacy and preventing the misuse of AI will increase public trust and encourage the safe adoption of AI technologies.

Encourage Industry-Academia Collaboration: Strong collaboration between industries and educational institutions is essential for AI development. Companies should work closely with universities and colleges to design industry-relevant courses, conduct joint research projects, and provide internships and practical training. This partnership will help students gain real-world experience and ensure that the workforce is equipped with the skills needed by industry. (MeitY, 2025; NITI Aayog, 2018; Economic Survey of India, 2025–26).

INDIA-ARTIFICIAL INTELLIGENCE STATISTICS (2025–26)

AI Market Growth in India: India's Artificial Intelligence (AI) market was valued at approximately USD 1.6 billion in 2025. The market is expected to grow rapidly and reach around USD 13.2 billion by 2034, with a Compound Annual Growth Rate (CAGR) of 26.5%. This shows that AI is becoming an important driver of India's digital economy.

AI and Employment: AI is creating new employment opportunities across different industries. India added approximately 2.9 lakh AI-related jobs in 2025, and AI hiring is expected to increase by 32% in 2026. The Information Technology (IT) sector has the highest demand for AI professionals, followed by the banking and manufacturing sectors.

AI Talent Pool: India has one of the largest AI talent pools in the world, with around 920,000 AI professionals. However, the demand for skilled AI experts is still higher than the available workforce. Nearly 3.5 lakh AI job openings were reported within a 90-day period in 2026, highlighting the growing need for AI skills and training.

AI Adoption across Industries: Around 78% of organizations in India have adopted AI in at least one business function. AI is widely used in industries such as manufacturing, healthcare, banking, logistics, education, and agriculture to improve efficiency, decision-making, and customer service.

Manufacturing Sector Impact: The manufacturing sector contributes approximately 17% of India's Gross Domestic Product (GDP) and provides employment to more than 27 million people. AI is helping manufacturers improve predictive maintenance, quality control, production planning, and supply chain management, resulting in higher productivity and lower operating costs.

Government Support for AI: The Government of India is actively promoting AI through the IndiaAI Mission, which focuses on strengthening AI infrastructure, innovation, research, and skill development. The government has also supported BharatGen, India's sovereign multilingual AI model, with funding of approximately ₹1,293 crore to encourage the development of indigenous AI technologies.

AI in Financial Services: AI adoption is also growing rapidly in the financial sector. Around 86% of high-net-worth Indian investors use AI tools for investment research, financial analysis, and decision-making. This is one of the highest AI adoption rates among investors globally, demonstrating the increasing importance of AI in financial services.

FURTHER RESEARCH

Further research can examine the long-term impact of Artificial Intelligence on India's economic growth, employment, and productivity across different sectors. Future studies may focus on how AI influences Small and Medium Enterprises (SMEs), rural development, income distribution, and workforce transformation. Researchers can also investigate the effectiveness of government policies, digital infrastructure, and AI skill development programs in promoting economic growth. In addition, comparative studies between India and other emerging economies can provide valuable insights into best practices for AI adoption and sustainable development.

CONCLUSION

This research has examined the relationship between Artificial Intelligence and economic growth in India, exploring how AI contributes to increased efficiency, business expansion, employment opportunities, and technological advancement. The findings indicate that AI has emerged as a powerful tool for promoting economic growth and improving national competitiveness, with significant potential to contribute to India's GDP and transform multiple sectors. The Indian government has implemented several strategic initiatives to promote AI adoption, including the IndiaAI Mission, AI Governance Guidelines, Digital India BHASHINI, and various state-level policies. Artificial Intelligence has emerged as a defining technology of the twenty-first century, and India is well-positioned to harness its potential for economic growth and national competitiveness. Through strategic investments in infrastructure, skills, governance, and innovation, India can leverage AI to address its unique challenges, from linguistic diversity and infrastructure constraints to the need for inclusive development and build a prosperous, sustainable, and technologically empowered future.

REFERENCES

1. Varalakshmi, C., Srividya, G., & Lalitha Rani, P. (2024). The impact of artificial intelligence on the Indian economy. *Journal of Informatics Education and Research*, 4(2). <https://doi.org/10.52783/jier.v4i2.1139>
2. Aakashreom, A. A., & Agrawal, A. (2024). Economic impacts of artificial intelligence on the Indian economy. *International Journal of Innovations in Science, Engineering and Management*, 3(SI), 202–208. <https://doi.org/10.69968/ijisem.2024v3si2202-208>

3. Singh, G. (2021). "A Move towards an Intelligent Economy: Indian Evidence". *Management and Labour Studies*, 46(2), 149–165. <https://doi.org/10.1177/0258042X21989941>
4. Pereira, R. R. (2024). "Artificial Intelligence and Sustainable Economic Development: A Path Forward for India". *International Education and Research Journal*. <https://doi.org/10.5281/zenodo.15584284>
5. Gonzales, J. T. (2023). "Implications of AI Innovation on Economic Growth: A Panel Data Study". *Journal of Economic Structures*, 12(13). <https://doi.org/10.1186/s40008-023-00307-w>
6. Behera, M., & Nigam, S. (2025). "Automation, Artificial Intelligence (AI) and Labour Market in India: Challenges and Road Ahead. *The Indian Journal of Labour Economics*, 19(1). <https://doi.org/10.1177/09737030251346765>.
7. Veeranan (2026), "Artificial Intelligence Adoption and Economic Transformation in India", *SCIENCE EXPLORE-An International Journal on Science and Technology*, 1(1), 12-17.
8. Ranjith Kumar, B (2026). "Transforming India's Economy through Artificial Intelligence and Education: An Analysis of GDP Growth and Future Projections". *The Voice of Creative Research*, 8(2), 107–116. <https://doi.org/10.53032/tvcr/2026.v8n2.11>.
9. Sridevi. M, (2026). "Impact of Artificial Intelligence on the Productivity of the Indian Economy". *The Voice of Creative Research*, 8(2), 29–34. <https://doi.org/10.53032/tvcr/2026.v8n2.03>
10. Brynjolfsson, E., & McAfee, A. (2017). *Machine, Platform, Crowd*. W.W. Norton & Company.
11. NITI Aayog. (2018). *National Strategy for Artificial Intelligence*.
12. PwC. (2018). *Sizing the Prize: What's the Real Value of AI for Your Business and How Can You Capitalise?*
13. Economic Times. (2026, January 28). *Economic Survey 2026: India wants to use AI to solve real-world problems, not for hype*. The Economic Times.
14. New Indian Express. (2026, January 29). *Economic Survey: AI reshapes Indian jobs, skills and adaptation to drive future employment*. The New Indian Express.
15. Ministry of Electronics and Information Technology. (2025, November 5). *MeitY Unveils India AI Governance Guidelines under IndiaAI Mission*. Press Information Bureau.
16. Accenture. (2017). *Rewire for Growth: AI Leadership for the Future*.
17. Economic Survey of India. (2025–26). *Economic Survey 2025–26 Government of India*.
19. McKinsey Global Institute. (2021). *The State of AI: Global Survey*.
20. Ministry of Electronics and Information Technology (MeitY). (2025). *IndiaAI Mission*.
21. NASSCOM. (2025). *AI Adoption Index 2025*.
22. World Economic Forum. (2023). *The Future of Jobs Report 2023*.
24. Stanford University. (2025). *AI Index Report 2025*. Stanford Institute for Human-Centered Artificial Intelligence.
25. Government of India. (2025). *Economic Survey 2025–26*. Ministry of Finance, Government of India.
26. International Data Corporation. (2024). *India Artificial Intelligence Market Forecast, 2024–2032*. IDC.
27. International Monetary Fund. (2024). *Gen-AI: Artificial intelligence and the future of work*. International Monetary Fund.

**UYGULAMA İÇİ SATIN ALIM TÜRLERİNE YÖNELİK KULLANICI TEPKİLERİ:
KARŞILAŞTIRMALI BİR LİTERATÜR İNCELEMESİ**
USER RESPONSES TO IN-APP PURCHASE TYPES: A COMPARATIVE LITERATURE REVIEW

Ahmet Tunahan ÇAMOĞLU

Girişimcilik ve Yenilikçilik Anabilim Dalı, Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Samsun, Türkiye
ORCID: 0009-0008-8224-3300

Doç. Dr. Ali KAHRAMANOĞLU

Girişimcilik ve Yenilikçilik Anabilim Dalı, Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Samsun, Türkiye
ORCID: 0000-0002-8333-9151

ABSTRACT

With the proliferation of digital technologies, the mobile application and digital game economy has evolved from a one-time sales model into a freemium-based structure that generates continuous revenue, with in-app purchases (IAP) coming to occupy the center of this transformation. The aim of this study is to examine, within a holistic framework, user responses to different types of IAP---including microtransactions, subscription and game pass systems, ad-free usage, downloadable additional content, loot boxes, and pay-to-win mechanisms---as well as the motivational, psychological, economic, and socio-cultural factors that shape these responses. The study was conducted using a qualitative literature review method that thematically groups empirical and conceptual research in the national and international literature. The reviewed sources were comparatively evaluated under the headings of purchase motivations and behavioral intention, psychological pressure mechanisms and addiction tendency, the freemium business model and pricing dynamics, loot box and P2W systems and ethical debates, and socio-cultural dimensions and generational differences. The findings reveal that IAP behavior is not a one-dimensional phenomenon but arises from a multilayered interaction among individual motivations, system design, psychological pressure, and cultural context. In addition, it was determined that freemium-based demand is relatively price-inelastic, that digital consumption culture is most strongly embodied in Generation Z, and that large-sample quantitative research on loot box and P2W systems remains insufficient. The study emphasizes the need for mixed-method research that represents the Turkish sample in particular and compares different types of IAP.

Keywords: In-App Purchase, Microtransactions, Digital Game Economy, Purchase Motivation, Consumer Behavior

ÖZET

Dijital teknolojilerin yaygınlaşmasıyla birlikte mobil uygulama ve dijital oyun ekonomisi, tek seferlik satış modelinden sürekli gelir üreten freemium temelli bir yapıya evrilmiş; uygulama içi satın alımlar (UİSA) bu dönüşümün merkezinde yer almaya başlamıştır. Bu çalışmanın amacı, mikro işlemler, abonelik ve gamepass sistemleri, reklamsız kullanım, indirilebilir ek içerikler, loot box ve pay-to-win mekanizmaları olmak üzere farklı UİSA türlerine yönelik kullanıcı tepkilerini ve bu tepkileri biçimlendiren motivasyonel, psikolojik, ekonomik ve sosyo-kültürel etmenleri bütüncül bir çerçevede incelemektir. Çalışma, ulusal ve uluslararası literatürdeki ampirik ve kavramsal araştırmaları tematik olarak gruplandıran nitel bir literatür incelemesi yöntemiyle yürütülmüştür. İncelenen kaynaklar; satın alma motivasyonları ve davranışsal niyet, psikolojik baskı mekanizmaları ve bağımlılık eğilimi, freemium iş modeli ve fiyatlandırma dinamikleri, loot box ile P2W sistemleri ve etik tartışmalar ile sosyo-kültürel boyutlar ve kuşak farkları başlıkları altında karşılaştırmalı olarak değerlendirilmiştir. Bulgular, UİSA davranışının tek boyutlu bir olgu olmadığını; bireysel motivasyonlar, sistem tasarımı, psikolojik baskı ve kültürel bağlam arasındaki çok katmanlı etkileşimden doğduğunu ortaya koymaktadır. Ayrıca freemium temelli talebin görece fiyat inelastik olduğu, dijital tüketim kültürünün en güçlü biçimde Z kuşağında somutlaştığı ve loot box ile P2W sistemleri üzerine geniş örneklemli nicel araştırmaların yetersiz kaldığı belirlenmiştir. Çalışma, özellikle Türkiye örneklemi temsil eden ve farklı UİSA türlerini karşılaştıran karma yöntemli araştırmalara duyulan ihtiyacı vurgulamaktadır.

Anahtar Kelimeler: Uygulama İçi Satın Alım, Mikro İşlemler, Dijital Oyun Ekonomisi, Satın Alma Motivasyonu, Tüketici Davranışı

GİRİŞ

Dijital teknolojilerin hızla gelişmesi ve akıllı cihazların gündelik yaşamın ayrılmaz bir parçası hâline gelmesinden sonra mobil uygulama ekonomisi, küresel ölçekte önde gelen sektörlerden biri haline gelmiştir. Bu büyüme sürecinde oyun ve uygulama geliştiricileri, geleneksel tek seferlik satış modelinin ötesine geçmiştir. Kullanıcılardan sürekli gelir elde etmeye yönelik yeni monetizasyon stratejileri benimsemiştir. "Freemium" olarak adlandırılan bu modelde uygulamanın temel işlevleri ücretsiz sunulmakta; ek içerikler, işlevsel avantajlar veya kozmetik öğeler ise ücretli olarak kullanıcıya sunulmaktadır (Ayvaz, 2020). Böylece dijital oyunlar ve mobil uygulamalar, tek seferlik ürün olmaktan çıkarak sürekli gelir üreten dijital hizmet platformlarına dönüşmüştür (Sancar, 2025).

Bu dönüşümün ekonomik boyutu küresel ölçekte dikkat çekici bir büyüklüğe ulaşmıştır. Küresel uygulama içi satın alım (UİSA) pazarı 2024 yılında yaklaşık 188,96 milyar dolara ulaşmış; %19,27'lik yıllık bileşik büyüme oranıyla (CAGR) 2033'e gelindiğinde 922,89 milyar dolara ulaşması öngörülmektedir (Straits Research, 2025). Aynı dönemde küresel oyun geliri 184 milyar doları aşmış ve bu gelirin %58'i uygulama içi satın alımlardan elde edilmiştir (Newzoo, 2024; Statista, 2025). Platformlar bazında küresel oyun gelirinin dağılımı Tablo 1'de gösterilmektedir.

Tablo 1 Platforma Göre Küresel Oyun Geliri (2024)

Platform / Kanal	Toplam Harcama	Yıllık Değişim	Gelir Payı
Mobil UİSA	82 milyar \$	+%4	Toplam oyun gelirinin %49'u
PC Mikro İşlemler	24,4 milyar \$	+%1,4	PC gelirinin %58'i
Küresel UİSA Pazarı	166,6 milyar \$	+%13	2033'e kadar 582,6 milyar \$
Konsol Oyunları	50,3 milyar \$	-%3,9	Toplam pazarın %27'si

Kaynak: Newzoo (2024); Straits Research (2025); Statista (2025).

Coğrafi açıdan bakıldığında UİSA gelirlerinin bölgesel dağılımı Tablo 2'de gösterilmektedir.

Tablo 2 Bölgesel UİSA Gelirleri (2025)

Bölge	UİSA Geliri (2025)	Küresel Pay
Asya-Pasifik	57,4 milyar \$	%45
Kuzey Amerika	34,2 milyar \$	%27
Avrupa	23,8 milyar \$	%19
Dünyanın Geri Kalanı	11,6 milyar \$	%9

Kaynak: Statista Regional Gaming Revenue (2025).

Asya-Pasifik bölgesi, küresel UİSA gelirinin %45'ini oluşturan 57,4 milyar dolar ile lider konumdadır; bunu sırasıyla Kuzey Amerika (%27) ve Avrupa (%19) izlemektedir.

Uygulama içi satın alımlar, bu dönüşümün en somut yansımasını oluşturmaktadır. Bir mobil cihaz aracılığıyla uygulama içindeki dijital ürün veya hizmetlerin elde edilmesi olarak tanımlanabilen UİSA; mikro işlemler, gamepass/abonelik sistemleri, reklamsız kullanım seçenekleri, indirilebilir ek içerikler (DLC), loot box mekanizmaları ve rekabet avantajı sağlayan pay-to-win (P2W) öğeleri gibi çeşitli biçimlerde kullanıcılara sunulmaktadır (Karakoyunlar ve Oğuztürk, 2025). Bu çeşitlilik, kullanıcıların satın alım kararlarını yalnızca ekonomik bir hesap üzerinden değil psikolojik ihtiyaçlar, sosyal dinamikler ve oyun içi ilerleme kaygılarıyla iç içe geçmiş karmaşık bir süreçte verdiklerini düşündürmektedir. Nitekim kullanıcıların bu satın alımları oyunda daha etkin olabilmek, zaman kazanmak ya da belirli bir bölümü geçmek gibi işlevsel gerekçelerin yanı sıra avatar özelleştirme ve çevrimiçi statü elde etme gibi sosyal motivasyonlarla da gerçekleştirdiği görülmektedir (Hamari vd., 2017; Ayvaz, 2020).

Öte yandan bazı UİSA türleri, kullanıcı üzerinde olumsuz psikolojik etkiler doğurma potansiyeli taşımaktadır. Özellikle loot box ve P2W sistemleri, kullanıcılarda kaçırma korkusu (FOMO), yatırım kaybı algısı ve baskılayıcı bir tamamlama zorunluluğu hissi yaratabilmektedir.

Bu durum, söz konusu yapıların etik sınırlarının ve tüketici koruma çerçevelerinin yeniden sorgulanmasını zorunlu kılmaktadır (Sancar, 2025; Karakoyunlar ve Oğuztürk, 2025).

Kullanıcıların UİSA'ya yönelik tutum ve tepkileri, akademik literatürde giderek artan bir ilgi görmektedir. Hamari vd. (2017), oyun içi satın alma motivasyonlarının "engelsiz oyun deneyimi", "sosyal etkileşim", "rekabet", "ekonomik gerekçe" ve "içerik açma" boyutları etrafında şekillendiğini ortaya koymuştur. Erdoğan (2023) ise tutum, öznel norm ve algılanan davranışsal kontrolün UİSA niyeti üzerinde doğrudan ve anlamlı bir etkiye sahip olduğunu; yapışkanlığın da bu ilişkide kritik bir aracı rol üstlendiğini ampirik olarak göstermiştir. Bununla birlikte, Türkiye pazarına özgü çalışmaların oldukça sınırlı kaldığı dikkat çekmektedir. Ayvaz (2020) bu alandaki boşluğa işaret ederek Türkiye'de oyun içi satın alımı etkileyen faktörleri keşifsel düzeyde ele alan ender çalışmalardan birini ortaya koymuştur. Bu çalışmada, farklı UİSA türlerine (mikro işlemler, abonelik/gamepass sistemleri, reklamsız kullanım, DLC, loot box ve P2W) yönelik kullanıcı tepkilerini ve bu tepkileri biçimlendiren etmenleri bütüncül bir çerçevede incelemeyi amaçlamaktadır.

KAVRAMSAL ÇERÇEVE

Mikroişlemler ve Tarihsel Gelişim

Mobil uygulama ekonomisinin genişlemesiyle birlikte kullanıcıların dijital içerikle kurduğu ekonomik ilişki köklü biçimde değişmiştir. Bu değişimin merkezinde UİSA yer almakta olup bu kavram bir mobil uygulama veya dijital oyun içinde gerçek para karşılığında gerçekleştirilen dijital ürün ya da hizmet edinimi olarak tanımlanmaktadır (Hsu ve Lin, 2016; akt. Erdoğan, 2023). UİSA'nın temelini oluşturan mikroişlemler ise kullanıcıların oyun içi deneyimlerini geliştirmek amacıyla küçük meblağlar karşılığında çeşitli sanal ürün veya hizmetleri edinebildiği dijital ödeme sistemi olarak öne çıkmaktadır (Karakoyunlar ve Oğuztürk, 2025). Başlangıçta mütevazı kapsamda konumlandırılan bu model, zamanla oyun şirketleri için birincil gelir kaynağına dönüşmüş; bununla birlikte "kazanmak için öde" (pay-to-win) gibi etik sorgulamaları da beraberinde getirmiştir.

Mikroişlemlerin tarihsel kökenleri, 1970'lere uzanan video oyun endüstrisinin dijital dönüşüm sürecine dayanmaktadır. Video oyun endüstrisi ticari anlamda ilk ürünlerini 1970'li yıllarda piyasaya sunarken, mikroişlem modelinin gerçek anlamdaki ilk somut uygulaması 2006 yılında Bethesda Studios'un "The Elder Scrolls IV: Oblivion" oyununda sunduğu "at zırhı" (horse armor) adlı kozmetik içeriğe dayanmaktadır (Kolovrat, 2025). Oyunculara tartışma yaratan bu adım, küçük bedeller karşılığında oyun deneyimini genişletme mantığına dayanan bir monetizasyon modelinin başlangıcını simgelemektedir. Zamanla kozmetik öğelerden oyun içi para birimlerine, loot box mekanizmalarından karakter geliştirme araçlarına ve tüketilebilir öğelere kadar genişleyen mikroişlem ekosistemi; başlangıçta sınırlı bir gelir aracı iken günümüzde büyük oyun şirketlerinin birincil gelir kaynağına dönüşmüştür (Kolovrat, 2025).

Bu yapının sürdürülebilirliğini sağlayan temel mekanizma freemium iş modelidir. Uygulamanın çekirdek işlevleri ücretsiz sunulurken gelir, sonradan gerçekleştirilen ek satın alımlar üzerinden elde edilmektedir (Ayvaz, 2020). Böylece kullanıcının uygulama ile kurduğu ekonomik ilişki, tek seferlik bir işlemten süregelen bir tüketim döngüsüne dönüşmektedir (Sancar, 2025). Bu çalışma açısından UİSA; yalnızca bir gelir modeli olarak değil, kullanıcı davranışlarını ve tutumlarını şekillendiren çok katmanlı bir etkileşim biçimi olarak ele alınmaktadır.

Uygulama İçi Satın Alım Türleri

Uygulama içi satın alımlar, kullanıcıya sunulan işlev ve içerik bakımından birbirinden belirgin biçimde ayrılan alt türleri kapsamaktadır. Bu çeşitlilik, kullanıcıların farklı motivasyonlara ve beklentilere sahip olduğunu, dolayısıyla her türün farklı davranışsal tepkilere zemin hazırlayabileceğini düşündürmektedir. Kozmetik içerikler; karakter görünimleri, silah kaplamaları ve özel animasyonlar gibi oyunun mekanik yapısını değiştirmeyen, yalnızca görsel estetiği etkileyen öğelerdir. Oyunun rekabetçi dengesine dokunmadığı için kabul görmekle birlikte, kullanıcılar arasında sosyal statü sembolüne dönüşerek önemli bir gelir kaynağı oluşturmaktadır (Karakoyunlar ve Oğuztürk, 2025).

Gamepass ve abonelik sistemleri ise zaman temelli bir tüketim mimarisi sunmakta; belirli bir dönem boyunca ilerleme kaydederek ödül kazanma mantığına dayandığından oyuncuların oyuna düzenli biçimde geri dönmesini ve harcama davranışlarını sürdürmesini teşvik etmektedir (Sancar, 2025).

Reklamsız kullanım satın alımları, kullanıcıların reklam kesintilerinden kurtulmak için belirli bir ücret ödediği modeldir; doğrudan ve ölçülebilir bir işlevsel fayda sunması nedeniyle faydacı tüketim motivasyonu en güçlü örtüşen tür olarak değerlendirilebilir.

İndirilebilir ek içerikler (DLC), oyunlara sonradan eklenen görev, harita veya karakter gibi materyalleri kapsamakta ve oyunun oynanabilirlik ömrünü uzatarak kullanıcıyı platforma bağlamaya hizmet etmektedir (Karakoyunlar ve Oğuztürk, 2025).

Loot box sistemleri ve P2W mekanizmaları ise etik tartışmaların en yoğun biçimde yürütüldüğü iki tür olarak öne çıkmaktadır. Loot box; gerçek para karşılığında rastgele içerik sunan şansa dayalı bir mikroişlem biçimidir ve heyecan yaratma potansiyelinin yanı sıra bağımlılık ve aşırı harcama riski de taşımaktadır (Karakoyunlar ve Oğuztürk, 2025). P2W sistemleri ise ödeme yapan oyunculara rakiplerine karşı doğrudan rekabetçi üstünlük sağladığı için oyunun adalet ilkesini zedelediği gerekçesiyle hem oyuncular hem de düzenleyici otoriteler tarafından eleştirilmektedir (Karakoyunlar ve Oğuztürk, 2025). Bu çalışmada söz konusu altı tür, kullanıcı tepkileri bakımından karşılaştırmalı olarak ele alınmakta; her türün kendine özgü bir tepki örüntüsü oluşturabileceği varsayımından hareket edilmektedir.

Tüketici Davranışı ve Satın Alma Motivasyonları

Uygulama içi satın alım davranışı, klasik fayda-maliyet temelli rasyonel tüketim modelleriyle yalnızca kısmen açıklanabilmektedir. Kullanıcıların satın alım kararları; işlevsel gereksinimler, sosyal beklentiler, duygusal güdüler ve psikolojik baskı mekanizmaları gibi birbirini besleyen etkenler tarafından şekillendirilmektedir. Literatür bu motivasyonları genel olarak işlevsel, sosyal, hedonik ve kaçırma korkusu (FOMO) olmak üzere dört temel kategoride ele almaktadır (Karakoyunlar ve Oğuztürk, 2025).

İşlevsel motivasyon; zaman kazanımı, rekabetçi avantaj elde etme ve kilitli içeriklere erişim gibi doğrudan faydalar sağlamaya yönelik satın alımları kapsamaktadır (Hamari vd., 2017). Sosyal motivasyon, sanal öğelerin kullanıcılar arasında statü sembolüne dönüşmesiyle ilişkilidir; oyuncular kozmetik içerikler ve sezon ödülleri aracılığıyla hem diğer oyuncularla kendilerini kıyaslamakta hem de çevrimiçi görünürlük kazanmaktadır (Sancar, 2025). Hedonik motivasyon ise estetik zevk, eğlence ve duygusal tatmin gibi haz odaklı güdülere karşılık gelmektedir. Kozmetik öğelerin kişiselleştirme ve sahiplenme duygusunu artırarak oyun deneyimini zenginleştirdiği bilinmektedir (Karakoyunlar ve Oğuztürk, 2025).

Bu motivasyonel çerçeveyi destekleyen ampirik bulgular da dikkat çekicidir. Hamari vd. (2017), engelsiz oyun deneyimi ve ekonomik gerekçe motivasyonlarının kullanıcıların harcama miktarıyla pozitif yönde ilişkili olduğunu ortaya koymuştur. Türkiye özelinde ise Ayvaz (2020), faktör analizi sonucunda fonksiyonellik, korumacılık, gösteriş ve kişiselleştirme olmak üzere dört motivasyon boyutu belirlemiş; bu bulguların uluslararası literatürle büyük ölçüde örtüştüğünü göstermiştir. Söz konusu bulgular, bu çalışmanın Türkiye örneklemindeki motivasyon yapısına ilişkin beklentilerine temel oluşturmaktadır.

Davranışsal Tepkiler ve Etik Tartışmalar

Farklı UİSA türlerinin kullanıcılarda aynı tepkileri üretmediği, her türün kendine özgü bir duygusal ve davranışsal örüntüye yol açtığı düşünülmektedir. Memnuniyet, pişmanlık, bağımlılık eğilimi, harcama isteği ve adalet algısı bu tepkilerin başında gelmekte olup kullanıcının satın alım türüne ve kişisel eğilimlerine bağlı olarak farklı ağırlıklar kazanmaktadır. Erdoğan (2023), tutum ve algılanan davranışsal kontrolün UİSA niyeti üzerinde doğrudan ve pozitif bir etkiye sahip olduğunu; yapışkanlığın (kullanıcının platforma olan bağlılığı ve sistemden ayrılma direnci) ise bu ilişkide belirleyici bir aracı rol oynadığını ampirik olarak ortaya koymuştur.

Gamepass ve loot box gibi süreli ödül mekanizmaları özelinde ise psikolojik baskı mekanizmalarının öne çıktığı görülmektedir. Bu sistemler kullanıcılarda kaçırma korkusu (FOMO) ve yatırım kaybı algısı yaratarak gönüllü katılım temelinde başlayan oyun davranışını zamanla psikolojik zorunluluğa dayalı bir tüketim pratiğine dönüştürebilmektedir (Sancar, 2025). P2W sistemleri bağlamında ise adalet algısı belirleyici bir işlev üstlenmektedir. Bu mekanizmaların oyunların adalet ilkesini zedelediği ve kullanıcılarda olumsuz tutum geliştirdiği literatürde geniş ölçüde tartışılmaktadır (Karakoyunlar ve Oğuztürk, 2025).

LİTERATÜR TARAMASI

Erdoğan (2023), Kullanıcıların Mobil Uygulamalarda Uygulama İçi Satın Alma Davranışsal Niyeti Belirleyicileri: Geliştirilmiş Planlı Davranış Teorisi ile Bir Model Önerisi başlıklı çalışmada, Türkiye'de yaşayan ve UİSA deneyimine sahip 479 kullanıcıdan anket yoluyla veri toplamış; elde edilen verileri Yapısal Eşitlik Modellemesi (YEM) ile analiz etmiştir. Nicel araştırma yönteminin benimsendiği çalışma, kullanıcıların UİSA niyetlerini belirleyen öncül faktörleri geliştirilmiş Planlı Davranış Teorisi çerçevesinde ele almaktadır. Araştırma bulguları; tutum, öznel norm ve algılanan davranışsal kontrolün UİSA niyeti üzerinde doğrudan ve anlamlı bir etkiye sahip olduğunu ortaya koymuştur. Ayrıca uygulamaya bağlılık ve dış kaynakların etkisinin satın alma kararında kritik bir rol üstlendiği, yapışkanlığın ise tutum-niyet ilişkisinde belirleyici bir aracı işlev gördüğü ampirik olarak kanıtlanmıştır.

Keke (2024), Dijital Pazarlama Uygulamaları Tüketicilerin Plansız, Kompulsif ve Hedonik Satın Alma Davranışlarını Etkiler mi? başlıklı çalışmada, İstanbul Büyükşehir Belediyesi'nde 399 tüketiciden yüz yüze ve çevrimiçi anketlerle toplanan verileri ilişkisel tarama modeli esas alınarak SPSS'te istatistiksel analizlere tabi tutmuştur. Çalışma, dijital platformlardaki pazarlama stratejilerinin kullanıcı psikolojisi üzerindeki etkilerini mercek altına almaktadır. Araştırma sonuçları, dijital pazarlamanın özellikle hedonik ve kompulsif satın alma davranışlarını güçlü biçimde tetiklediğini göstermiştir. Plansız satın alma eğiliminin de dijital uyarıcılarla doğrudan ilişkili olduğu saptanmış; bu bulgu, oyun içi anlık satın alım kararlarının psikolojik arka planını anlamlandırmak açısından önem taşıdığı değerlendirilmiştir.

Sancar (2025), Dijital Oyunlardaki Battle Pass Sistemlerinin Tüketiciler Üzerindeki Etkileri: Davranışsal Tepkiler Bağlamında Bir İnceleme başlıklı çalışmada, oyun içi gelir modellerinden biri olan battle pass sistemlerini literatür taramasına dayalı kavramsal bir inceleme formatında ele almıştır. Çeşitli dijital oyun vakaları davranışsal ekonomi bağlamında nitel olarak değerlendirilen çalışmada; kaçırma korkusu (FOMO) ve kademeli ödüllendirme mekanizmalarının oyuncu davranışı üzerindeki etkileri analiz edilmiştir. Araştırma bulguları, battle pass sistemlerinin kullanıcılarda psikolojik bir zorunluluk hissi ve sürekli aktif kalma baskısı yarattığını ortaya koymuştur. Gönüllü katılım temelinde başlayan oyun davranışının zamanla ödeme yapma zorunluluğuna dayalı bir tüketim pratiğine dönüştüğü ve bu dönüşümün salt bir gelir stratejisinin ötesine geçerek oyuncu psikolojisini yapısal biçimde yönlendirdiği sonucuna ulaşılmıştır.

Saral (2025), Plansız Satın Alma Davranışı: Akış Deneyiminin ve Satış Geliştirme Çabalarının Aracılık Rollerini başlıklı çalışmada, kolayda örnekleme ve çevrimiçi anket yöntemiyle 407 katılımcıdan veri toplamış; model analizlerini Kısmi En Küçük Kareler Yapısal Eşitlik Modellemesi (PLS-SEM) ile gerçekleştirmiştir. Çalışma, kullanıcıların dijital uygulamalardaki anlık karar alma süreçlerini etkileyen unsurları incelemektedir. Araştırma bulguları; kişiselleştirilmiş yönlendirmelerin plansız satın alma kararını anlamlı biçimde hızlandırdığını ve akış deneyiminin bu ilişkide güçlü bir aracı rol oynadığını göstermiştir. Buna ek olarak can sıkıntısı ve tutumluluk gibi bireysel durumsal faktörlerin de plansız satın alma eğilimini doğrudan beslediği saptanmıştır.

Ayvaz (2020), Oyun İçi Satın Alımını Etkileyen Faktörler: Türkiye Pazarına Yönelik Keşifsel Bir Çalışma başlıklı araştırmasında, oyun içi satın alım deneyimine sahip 157 kişilik bir örneklem grubundan anket tekniğiyle veri toplamış ve verileri faktör analizi ile yorumlamıştır. Türkiye pazarını merkeze alan bu çalışma, oyuncuların dijital oyunlarda sanal ürün satın almaya yönelen faktörleri keşifsel düzeyde ele almaktadır. Araştırma bulguları; satın alım davranışının arkasında fonksiyonellik, korumacılık, gösteriş ve kişiselleştirme olmak üzere dört temel motivasyon boyutunun yattığını ortaya koymuştur. Bu boyutların uluslararası literatürle büyük ölçüde örtüştüğü de gösterilmiş; böylece Türkiye özelinde UİSA araştırmalarının kültürel uyarlama gerektirmeksizin küresel çerçevelerle büyük ölçüde örtüşebileceği anlaşılmıştır.

Ökten (2025), X, Y ve Z Kuşağının Dijital Tüketim Eğilimleri: Sosyal Medya ve Bilinçli Harcama Perspektifi başlıklı çalışmada, tanımlayıcı araştırma modeli kullanılarak çevrimiçi anket aracılığıyla üç farklı kuşağı temsil eden katılımcılardan veri toplamış; analizleri Ki-kare testleriyle yürütmüştür. Dijital platformlardaki kuşaklar arası harcama eğilimlerini inceleyen bu çalışma, demografik yapının tüketim alışkanlıkları üzerindeki belirleyici rolünü sorgulamaktadır. Araştırma bulguları; Z kuşağının %85,71 oranında aktif katılımı dijital satın alımları açık biçimde domine ettiğini gösterirken X ve Y kuşaklarının temkinli ve planlı bir tüketim yaklaşımı sergilediğini ortaya koymuştur.

Bu bulgu, mobil uygulamalardaki UİSA pazarının demografik ağırlık merkezinin Z kuşağında yoğunlaştığına işaret etmekte ve pazarlama stratejilerinin bu kuşağa odaklanması gerektiğini destekler nitelikte değerlendirilmiştir.

Kahraman ve Tarhan (2024), Sanal Ürünler ve Değişen Tüketim: Sanal Ürün Tüketimini Dijital Oyunlar Üzerinden Okumak başlıklı çalışmalarında, literatür taramasına dayalı kavramsal bir inceleme modelinde sosyolojik tüketim teorileri üzerinden nitel bir tartışma yürütmüşlerdir. Geleneksel tüketim alışkanlıklarının dijitalleşmesini ve dijital oyun ortamlarının birer tüketim sahnesine dönüşümünü ele alan araştırma, oyuncuların sanal ürün harcamalarının sosyo-psikolojik temellerini sorgulamaktadır. Araştırma bulguları; oyuncuların sanal ürünlere yönelik harcamalarının salt işlevsel bir ihtiyaçtan değil, kimlik inşası, toplumsal statü kazanımı ve aidiyet duygusu gibi derin sosyo-psikolojik tatmin gereksinimlerinden beslendiğini göstermiştir. Dijital oyun ortamlarının çağdaş tüketim kültürünün yeni bir yansıma alanına dönüştüğü ve bu dönüşümün kalıcı bir toplumsal eğilim niteliği taşıdığı sonucuna ulaşılmıştır.

Talay (2022), Dijital Oyunlarda Başarının Kestirme Yolu: Oyun İçi Ekonomik Etkinliklerde Güç ve Statü Alışverişi başlıklı çalışmada, dijital oyun oynayan oyuncularla derinlemesine mülakatlar gerçekleştirmiş ve elde ettiği nitel verileri betimsel içerik analizi ile yorumlamıştır. Araştırma; dijital oyunlarda başarı algısının zaman ve emek harcama süreçlerinden çıkarak oyun içi satın alımlara (pay-to-win) kaymasını ve bu dönüşümün oyuncular üzerindeki psikolojik yansımalarını rekabet ile gruplaşma motivasyonları ekseninde incelemektedir. Araştırma bulguları; P2W satın alımlarının yalnızca rekabetçi bir avantaj aracı olarak değil, aynı zamanda oyun içi statü ve kimlik inşasının somut bir göstergesi olarak işlev gördüğünü ortaya koymuştur. Oyuncuların büyük çoğunluğunun bu tür harcamaları bilinçli bir statü yatırımı olarak konumlandığı ve sosyal gruplaşma dinamiklerinin satın alma kararlarını güçlü biçimde belirlediği saptanmıştır.

Sezgin ve Uzunoğlu (2022), Loot Box Ekonomisi ve Dijital Karaborsalar: FIFA Örneği başlıklı çalışmalarında, betimsel analiz ve vaka çalışması desenini bir arada kullanarak FIFA Ultimate Team oyununun ekonomik işleyişini ve kullanıcıların dış platformlardaki etkileşimlerini nitel bir yaklaşımla incelemiştir. Araştırma; dijital oyunlardaki loot box sisteminin ekonomik ve davranışsal dinamiklerini derinlemesine ele almaktadır. Araştırma bulguları; loot box mekanizmalarının kullanıcılarda şans odaklı tekrarlı satın alım alışkanlığı oluşturduğunu ve bu alışkanlığın zamanla oyun dışı dijital karaborsaların oluşmasına zemin hazırladığını somut biçimde ortaya koymuştur. Söz konusu sistemlerin mevcut etik ve yasal çerçeveler açısından ciddi denetim boşlukları doğurduğu ve tüketici koruma mekanizmalarının yeniden düzenlenmesi gerektiği sonucuna ulaşılmıştır.

Akhan ve Özdemir (2022), The Effect of In-Game Product Placement on Attitude Towards In-Game Advertisements and In-Game Purchase Intention: A Study on Young Consumers başlıklı çalışmalarında, kantitatif yöntemle anket tekniğini kullanmış ve verileri Yapısal Eşitlik Modellemesi ile analiz etmiştir. Dijital oyunlardaki ürün yerleştirmelerin kullanıcıların reklam algısı ile satın alma eğilimi üzerindeki etkisini inceleyen araştırma, genç tüketici profilini merkeze almaktadır. Araştırma bulguları; oyun içi ürün yerleştirmenin kullanıcılarda oyun içi reklamlara yönelik olumlu bir tutum geliştirdiğini ve bu tutumun UİSA niyeti üzerinde doğrudan ve istatistiksel olarak anlamlı bir etkiye yol açtığını kanıtlamıştır. Oyun içi pazarlama uyarıcılarının satın alma kararını şekillendirmedeki rolünün, klasik tutum-niyet modellerini doğrular nitelikte olduğu sonucuna varılmıştır.

Koçoğlu (2019), Üniversite Öğrencilerinin Çevrimiçi Oyun Bağımlılık Düzeyine Göre Tüketici Karar Verme Tarzlarının Değerlendirilmesi başlıklı çalışmada, 314 üniversite öğrencisiyle yüz yüze anket uygulayarak elde ettiği nicel verileri istatistiksel analiz yöntemleriyle değerlendirmiştir. Araştırma; dijital ekosistemlerde geçirilen süre ve bağımlılık düzeyinin sanal mağazalardaki tüketici kararları üzerindeki etkisini sorgulamaktadır. Araştırma bulguları; çevrimiçi oyun bağımlılık düzeyi arttıkça kullanıcıların daha sadık ve sistematik birer dijital tüketiciye dönüştüğünü, sanal ürünler aracılığıyla farklılaşma ve öne çıkma motivasyonunun ise bu grupta belirgin biçimde güçlendiğini göstermiştir. Bağımlılık düzeyi yüksek oyuncuların, düşük bağımlılık düzeyindeki bireylere kıyasla daha dürtüsel ve daha az fiyat duyarlı karar alma örüntüsü sergilediği de saptanmıştır.

Kara ve Hünkar (2018), Medya İşletmelerinde Yeni Nesil Pazarlama: Freemium Spotify Üzerine Bir Araştırma başlıklı çalışmalarında, tarama modelini benimseyerek freemium pazarlama yönteminin satın almaya etkisini ölçmek amacıyla aktif Spotify kullanıcıları üzerinde anket uygulamış ve bulguları nicel yöntemlerle analiz etmiştir.

Spotify örneği üzerinden freemium iş modelinin dönüşüm dinamiklerini inceleyen araştırma, ücretsiz kullanımın ücretli aboneliğe geçişi nasıl beslediğini test etmektedir. Araştırma bulguları; ücretsiz versiyondaki reklam ve kısıtlamaların kullanıcılarda belirgin bir satın alma reaksiyonu yarattığını ve freemium modelinin ücretli aboneliğe dönüşüm oranını istatistiksel olarak anlamlı düzeyde artırdığını göstermiştir. Kullanıcıların ücretsiz deneyim sürecinde platforma alışmaları ve bağlanmalarının ücretli abonelik kararını doğrudan hızlandırdığı, bunun mobil uygulama UİSA davranışıyla güçlü bir kavramsal örtüşme sergilediği sonucuna varılmıştır.

Çetiner ve Çalışkan (2025), Motivators Affecting Pokemon Go Players' In-Game Purchase Intentions Using Microtransactions başlıklı çalışmalarında, 28 aktif Pokémon GO oyuncusuyla yarı yapılandırılmış görüşmeler gerçekleştirmiş ve verileri tümdengelimli içerik analizi yöntemiyle yorumlamıştır. Artırılmış gerçeklik oyunlarındaki mikro işlemleri nitel bir yaklaşımla inceleyen araştırma, bu tür oyunların kendine özgü satın alma dinamiklerini sorgulamaktadır. Araştırma bulguları; fiziksel efor azaltma, sosyal etkileşimi derinleştirme ve oyun içi işlevselliği artırma beklentilerinin Pokémon GO oyuncularında satın alma kararını standart mobil oyunlara kıyasla belirgin biçimde farklılaştırdığını ve hızlandırdığını göstermiştir. Konum tabanlı oyun mekaniklerinin kullanıcıların gerçek dünya deneyimleriyle iç içe geçmesi nedeniyle UİSA motivasyonlarının klasik modellerden bağımsız, kendine özgü bir yapı sergilediği sonucuna ulaşılmıştır.

Karakoyunlar ve Oğuztürk (2025), Mikroişlemler ve Tüketici Davranışı Bağlamında Dijital Oyun Ekonomisinin Evrimi başlıklı çalışmalarında, ilgili literatür, sektör raporları ve ikincil veri kaynaklarını tarayarak nitel bir derleme ve kavramsal analiz ortaya koymuşlardır. Araştırma; dijital oyunlarda mikroişlemlerin ekonomik ve davranışsal etkilerini bütüncül biçimde incelemektedir. Araştırma bulguları; mikroişlem sistemlerinin salt bir gelir modeli olmadığını, aynı zamanda oyuncu psikolojisini yönlendiren, tüketim davranışını dönüştüren ve ciddi etik tartışmalara zemin hazırlayan çok boyutlu yapılar olduğunu ortaya koymuştur. Özellikle loot box ve P2W mekanizmalarının oyun endüstrisindeki hızlı yaygınlaşmasının düzenleyici otoriteler tarafından yakın denetime alınması gerektiği vurgulanmış; tüketici haklarının korunmasına yönelik yeni politika çerçevelerine duyulan ihtiyaç da araştırmanın temel sonuçları arasında yer almıştır.

Enache, Friberg ve Wiklander (2023), Demand for In-App Purchases in Mobile Apps---A Difference-in-Difference Approach başlıklı çalışmalarında, beş oyun ve altı Avrupa ülkesinde Apple platformunda gerçekleşen fiyat değişimlerinin etkisini Google uygulamalarını kontrol grubu olarak kullanarak farkların farkı (difference-in-difference) yöntemiyle analiz etmiştir. Mobil oyunlarda uygulama içi satın alım talebinin fiyat esnekliğini ampirik düzeyde test eden araştırma, platform ekonomisi bağlamında güçlü bir nedensellik çerçevesi sunmaktadır. Araştırma bulguları; fiyat artışlarının kullanıcı sayısını anlamlı düzeyde etkilemediğini, yani UİSA talebinin fiyat bakımından büyük ölçüde inelastik olduğunu ortaya koymuştur. Bununla birlikte ücretli ödüllü video izleme seçeneğinin kullanıcılar için önemli bir ikame unsuru oluşturduğu ve bu ikame davranışının UİSA geliri üzerinde ölçülebilir bir baskı yarattığı da saptanmıştır.

Cai, Wohn ve Freeman (2019), Who Purchases and Why? Explaining Motivations for In-Game Purchasing in the Online Survival Game Fortnite başlıklı çalışmalarında, 215 Fortnite oyuncusuna uygulanan çevrimiçi anket verilerini binom lojistik regresyon ve negatif binom regresyon ile analiz etmiştir. Araştırma; Fortnite oyuncularının oyun içi satın alma davranışlarını belirleyen faktörleri hem satın alım gerçekleştirme kararı hem de harcama miktarı düzeyinde incelemektedir. Araştırma bulguları; genç kullanıcıların ve oyunu uzun süredir oynayan bireylerin harcama yapmaya daha yatkın olduğunu ortaya koymuştur. Öte yandan satın alma motivasyonlarında sosyal baskının değil bireysel farklılık arzusunun ve özgün kimlik sunma isteğinin belirleyici rol oynadığı saptanmış; bu bulgu UİSA davranışının salt sosyal etki çerçevesiyle açıklanamayacağını ve bireysel kimlik dinamiklerinin modellere dahil edilmesi gerektiğini göstermiştir.

Hamari vd. (2017), Why Do Players Buy In-Game Content? An Empirical Study on Concrete Purchase Motivations başlıklı çalışmalarında, oyun içi satın alım yapmış 519 oyuncudan anket yoluyla topladıkları verileri açılımlayıcı ve doğrulayıcı faktör analizi ile altı motivasyon boyutuna ayırmış; ardından çoklu regresyon analiziyle bu boyutların harcama miktarıyla ilişkisini test etmiştir. Araştırma; oyun içi satın alma motivasyonlarının yapısını ve bu motivasyonların gerçek harcama davranışına yansımaları ampirik olarak sınamaktadır. Araştırma bulguları; engelsiz oyun deneyimi, sosyal etkileşim ve ekonomik gerekçe boyutlarının kullanıcıların harcama miktarını anlamlı biçimde artırdığını ortaya

koymuştur. Buna karşın rekabet, çocukları şımartma ve içerik açma motivasyonlarının harcama miktarı üzerinde istatistiksel olarak anlamlı bir etkisinin bulunmadığı da gösterilmiş; böylece tüm motivasyon boyutlarının davranışa eşit güçte yansımadağı, bazı güdülerin niyet düzeyinde kalıp harcamaya dönüşmediğı sonucuna ulaşılmıştır.

SONUÇ VE DEĞERLENDİRME

Hamari vd. (2017), 519 oyuncu üzerinde gerçekleştirdikleri anket çalışmasında açımlayıcı ve doğrulayıcı faktör analizini çoklu regresyonla destekleyerek UİSA motivasyonlarını altı boyuta ayırmıştır. Araştırma; "engelsiz oyun deneyimi", "sosyal etkileşim" ve "ekonomik gerekçe" boyutlarının harcama miktarıyla pozitif yönde ilişkili olduğunu gösterirken rekabet, içerik açma ve çocukları şımartma boyutlarının bu ilişkide istatistiksel bir anlam taşımadığını ortaya koymuştur. Buna karşın Ayvaz (2020), 157 kişilik Türkiye örnekleminde faktör analizi uygulayarak motivasyon yapısını dört boyuta indirmiş; fonksiyonellik, korumacılık, gösteriş ve kişiselleştirme olarak belirlediğı bu boyutların uluslararası literatürle büyük ölçüde örtüştüğünü göstermiştir. Hamari vd.'nin sosyal etkileşim ve ekonomik gerekçe vurgusunun Ayvaz çalışmasında korumacılık ve gösteriş boyutlarına dönüştüğü dikkat çekmektedir. Bu örtüşme kısmi olmakla birlikte kültürel bağlamın motivasyon boyutlarını yeniden şekillendirebileceğini düşündürmektedir.

Erdoğan (2023), 479 Türkiye kullanıcısına Yapısal Eşitlik Modellemesi (YEM) uyguladığı çalışmasında Planlı Davranış Teorisi'ni genişletmiş; tutum, öznel norm ve algılanan davranışsal kontrolün UİSA niyetini doğrudan etkilediğini ampirik olarak kanıtlamıştır. Öte yandan Hamari vd. (2017) ile Ayvaz (2020) motivasyonları bağımsız değişken olarak ele alırken Erdoğan (2023) bu motivasyonların tutuma nasıl dönüştüğünü ve niyeti hangi mekanizma üzerinden beslediğini sınamaktadır. Böylece Erdoğan çalışması, motivasyonların niyet üzerindeki etkisinin salt doğrusal bir süreç olmadığını; yapışkanlığın bu ilişkide belirleyici bir aracı rol üstlendiğini göstermesi bakımından önceki araştırmaların teorik çerçevesini genişletmektedir.

Cai, Wohn ve Freeman (2019), Fortnite oyuncuları üzerinde binom lojistik ve negatif binom regresyon uyguladıkları çalışmalarında genç ve oyunu uzun süredir oynayan bireylerin harcama yapmaya daha yatkın olduğunu ortaya koymuş; ayrıca satın alma kararında sosyal baskıdan çok bireysel farklılık arzusunun belirleyici olduğunu saptamıştır. Bu bulgu, sosyal etkileşim boyutunu ön plana çıkaran Hamari vd. (2017) bulgularıyla kısmen çelişmekte; motivasyon hiyerarşisinin oyun türüne ve kullanıcı profiline göre değiştiğini ima etmektedir. Çetiner ve Çalışkan (2025) ise nitel bir yaklaşımla Pokemon GO oyuncularını incelemiş ve fiziksel efor ile konum tabanlı oyun mekaniklerinin satın alma niyetini standart mobil oyunlara kıyasla önemli ölçüde farklılaştırdığını göstermiştir. Artırılmış gerçeklik oyunlarının getirdiğı bu özgün dinamik, mevcut motivasyon modellerinin yeni oyun türleri için yeniden kalibre edilmesi gerektiğine işaret etmektedir.

Akhan ve Özdemir (2022) ise motivasyon boyutundan farklılaşarak oyun içi ürün yerleştirmenin UİSA niyeti üzerindeki etkisini YEM ile test etmiş ve reklama yönelik tutumun harcama kararında doğrudan bir belirleyici olduğunu göstermiştir. Bu bulgu, UİSA davranışının yalnızca içsel motivasyonlarla değil pazarlama uyarıcılarıyla da şekillendiğini ortaya koyarak literatüre tamamlayıcı bir boyut katmaktadır.

Sancar (2025), kavramsal bir inceleme formatında battle pass sistemlerini ele almış ve kaçırma korkusu (FOMO) ile kademeli ödüllendirme mekanizmalarının oyuncuları gönüllü katılımdan psikolojik zorunluluğa dayalı bir tüketim pratiğine nasıl sürüklediğini analiz etmiştir. Keke (2024) ise 399 tüketiciden oluşan bir örnekleme ilişkisel tarama modeli uygulamış ve dijital pazarlamanın özellikle hedonik ve kompulsif satın alma davranışlarını güçlü biçimde tetiklediğini göstermiştir. Sancar'ın oyuna özgü mekanizmalara odaklanmasına karşın Keke'nin bulgularının genel dijital pazarlama bağlamında üretilmesi, iki çalışma arasında kavramsal düzeyde bir süreklilik olduğunu ve FOMO ile kompulsif davranışın farklı dijital ortamlarda benzer süreçlerle beslendiğini düşündürmektedir.

Koçoğlu (2019), 314 üniversite öğrencisiyle yürüttüğü nicel çalışmada artan oyun kullanım süresinin ve bağımlılık düzeyinin oyuncuları sadık tüketicilere dönüştürdüğünü ve sanal ürünler aracılığıyla farklılaşma motivasyonunu güçlendirdiğini ortaya koymuştur. Sancar (2025) ve Keke (2024) davranış dış mekanizmalar üzerinden açıklarken Koçoğlu (2019) bağımlılık değişkenini bireysel bir öncül olarak konumlandırmaktadır. Bu fark, psikolojik baskı tartışmasına hem sistem merkezli hem de birey merkezli açıklamaların katkı sunduğunu göstermekte ve iki yaklaşımın birbirini dışlamadığını ortaya koymaktadır.

Saral (2025), PLS-SEM modeliyle 407 katılımcı üzerinde kişiselleştirilmiş yönlendirmelerin, can sıkıntısının ve tutumluluk düzeyinin plansız satın alma sürecini hızlandırdığını göstermiştir. Bu bulgu, yukarıda söz edilen psikolojik zorunluluk mekanizmasının bağlamsal faktörlerle de beslendiğini ortaya koyması bakımından Sancar ve Keke'nin bulgularını destekler niteliktedir.

Kara ve Hünkar (2018), Spotify kullanıcıları üzerinde gerçekleştirdikleri tarama modeli çalışmasında freemium modelin temel işleyişini test etmiş; ücretsiz versiyondaki kısıtlamaların tüketicileri ücretli aboneliğe yönlendirdiğini göstermiştir. Bu çalışma, freemium modelinin öngördüğü dönüşüm mekanizmasının işlevsel olduğuna dair ampirik bir kanıt sunmakta ve mobil oyun bağlamındaki UİSA teorisine zemin hazırlamaktadır.

Enache, Friberg ve Wiklander (2023) ise farkların farkı (difference-in-difference) yöntemiyle Apple platformundaki beş oyun ve altı Avrupa ülkesini incelemiş; fiyat artışlarının kullanıcı sayısını etkilemediğini, ancak ücretli ödüllü video izlemenin UİSA için önemli bir ikame oluşturduğunu ortaya koymuştur. Kara ve Hünkar (2018) modelin dönüşüm gücüne vurgu yaparken Enache vd. (2023) fiyat esnekliğinin düşüklüğünü kanıtlamaktadır. Bu iki bulgu birlikte ele alındığında freemium tabanlı UİSA talebinin ekonomik anlamda oldukça inelastik olduğu ve kullanıcıların platforma bağımlılaştıktan sonra fiyat değişimlerine görece dirençli hale geldiği anlaşılmaktadır; ancak ikame seçeneklerinin varlığı bu direncin mutlak olmadığını da göstermektedir.

Sezgin ve Uzunoğlu (2022), FIFA Ultimate Team vaka çalışmasında loot box sisteminin ekonomik ve davranışsal dinamiklerini nitel betimsel analizle incelemiş; rastgele ödül satın alımlarının dijital karaborsalara zemin hazırladığını göstermiştir. Karakoyunlar ve Oğuztürk (2025) ise nitel bir derleme çalışmasında hem loot box hem de P2W sistemlerini bütüncül bir perspektiften değerlendirmiş ve bu mekanizmaların yalnızca bir gelir modeli olmadığını, aynı zamanda oyuncu psikolojisini yönlendiren ve etik tartışmalara zemin hazırlayan çok boyutlu yapılar olduğunu savunmuştur. Sezgin ve Uzunoğlu somut bir oyun evreni üzerinden sistemi belgelemeye odaklanırken Karakoyunlar ve Oğuztürk daha geniş bir kavramsal çerçeve sunmaktadır. Bu iki çalışma birbirini tamamlar niteliktedir; ancak her ikisi de nicel bir sınama içermemediğinden bulguların genel geçerliliği sınırlı kalmaktadır.

Talay (2022), oyuncularla derinlemesine mülakatlar gerçekleştirdiği nitel çalışmasında P2W sistemlerinin oyuncularda başarı algısını emek ve zaman harcamaktan uzaklaştırarak doğrudan satın alıma yönelttiğini ortaya koymuş; bu davranışın bir ekonomik tercihten öte statü ve kimlik inşasıyla ilişkili olduğunu vurgulamıştır. Talay'ın bulguları, Karakoyunlar ve Oğuztürk'ün (2025) teorik çerçevesini desteklemekte ve P2W davranışına psikolojik bir derinlik katmaktadır. Bununla birlikte her üç çalışmanın da nicel bir test içermemesi, loot box ve P2W üzerine kontrol gruplu ve geniş örneklemli araştırmaların alana katkı sunabileceğini düşündürmektedir.

Kahraman ve Tarhan (2024), sosyolojik tüketim teorileri üzerinden yürüttükleri nitel kavramsal çalışmada dijital oyun ortamlarının birer tüketim sahnesine dönüştüğünü ve oyuncuların sanal ürün harcamalarının arkasında güçlü bir sosyo-psikolojik tatmin arayışı bulunduğunu savunmuştur. Bu yaklaşım, UİSA davranışını mikro ekonomik bir rasyonalite hesabının ötesinde makro kültürel değişimlerin bir yansıması olarak konumlandırmaktadır.

Ökten (2025) ise Ki-kare testleriyle yürüttüğü üç kuşaklı karşılaştırmalı çalışmada Z kuşağının %85,71 oranında aktif katılımı dijital satın alımları domine ettiğini, buna karşın X ve Y kuşaklarının temkinli bir tüketim yaklaşımı benimsediğini ortaya koymuştur. Kahraman ve Tarhan'ın kültürel dönüşüm tezi, Ökten'in demografik bulgularıyla kesiştirilerek okunduğunda dijital tüketim kültürünün en güçlü biçimde Z kuşağında somutlaştığı anlaşılmaktadır. Ancak Ökten'in nicel bulgularının Kahraman ve Tarhan'ın nitel yorumlarıyla karşılaştırılabilmesi için iki çalışmanın ortak değişkenler üzerinden doğrudan test edilmesi gerekmektedir; bu durum karma yöntemli araştırmaların bu alanda ne denli kritik olduğunu göstermektedir.

Genel Değerlendirme

İncelenen çalışmalar bütüncül biçimde değerlendirildiğinde, UİSA davranışının tek boyutlu ve doğrusal bir olgu olmadığı açıkça görülmektedir. Davranış; bireysel motivasyonlar, psikolojik baskı mekanizmaları, sistem tasarımı, sosyal dinamikler ve kültürel bağlam arasındaki karmaşık etkileşimden doğmakta; bu çok katmanlı yapı, alandaki herhangi bir çalışmanın tek başına yeterli bir açıklama sunamamasına yol açmaktadır. Motivasyonlar düzleminde en kapsamlı çerçeveyi sunan Hamari vd. (2017), harcamayı yordayan boyutları sistematik biçimde belirlemiş olsa da bulguların Türkiye

bağlamına aktarılması Ayvaz (2020) tarafından gerçekleştirilmiş ve kültürel özgüllüklerin motivasyon yapısını yeniden biçimlendirdiği gösterilmiştir. Erdoğan (2023) ise bu motivasyon tartışmasını davranışsal niyet düzlemine taşıyarak tutum-niyet ilişkisinde yapışkanlığın aracı rolünü ampirik olarak kanıtlamış ve teorik çerçeveyi genişletmiştir. Bu üç çalışma ardışık bir bilgi birikimini temsil etmekte, her biri bir öncekinin açık bıraktığı boşluğu doldurmaktadır.

Psikolojik baskı mekanizmaları ele alındığında, Sancar (2025), Keke (2024) ve Koçoğlu (2019) farklı yöntemler ve bağlamlar aracılığıyla aynı temel olguyu; dijital platformların kullanıcıları gönüllü tercihten zorunluluğa dayalı tüketime sürüklediğini ortaya koymaktadır. Ancak bu çalışmalar arasında önemli bir yöntemsel ayrışma mevcuttur: Sancar kavramsal bir derleme sunarken Keke anket verilerine, Koçoğlu ise istatistiksel analizlere dayanmaktadır. Bu farklılık, bulguların güvenilirliği ve kapsam genişliği açısından değerlendirildiğinde nicel sınamaların niteliksel yorumları destekleyen güçlü bir tamamlayıcı işlev üstlendiğini ortaya koymaktadır. Saral (2025) ise kişiselleştirilmiş yönlendirme ve bireysel bağlam faktörlerini plansız satın alma sürecine dahil ederek bu tartışmaya ek bir boyut kazandırmaktadır.

Freemium iş modeli açısından Kara ve Hünkar (2018) ile Enache vd. (2023), benzer bir ekonomik soruya farklı örneklem ve farklı metodolojilerle yaklaşmış ve bulgular birbiriyle tutarlı bir tablo ortaya koymuştur: freemium tabanlı UİSA talebi görece fiyat inelastiktir ve dönüşüm mekanizması işlevsel olarak çalışmaktadır. Bu tutarlılık, farklı coğrafi ve platform bağlamlarında elde edildiğinden bulguların dış geçerliliğini güçlendirmektedir.

Etik tartışmalar boyutunda ise Sezgin ve Uzunoğlu (2022), Karakoyunlar ve Oğuztürk (2025) ile Talay (2022) loot box ve P2W sistemlerine ilişkin kaygıların somut verilerle desteklenebildiğini göstermiştir. Söz konusu çalışmalar arasında temel yöntemsel fark, Talay'ın derinlemesine mülakat yoluyla psikolojik içgörü sunması, Sezgin ve Uzunoğlu'nun tek bir oyun ekosistemi üzerinden sistemi belgelemesi ve Karakoyunlar ile Oğuztürk'ün geniş bir kavramsal sentez ortaya koymasındır. Her üç çalışma, geniş örneklemli nicel araştırmalarla desteklendiğinde çok daha güçlü politika ve düzenleme önerilerine zemin hazırlayacaktır.

Sosyo-kültürel boyut açısından Kahraman ve Tarhan (2024) ile Ökten (2025) birbirinden yöntemsel olarak bağımsız, ancak bulgular itibarıyla birbiriyle uyumlu bir tablo çizmektedir. Dijital tüketimin kültürel bir olgu olarak Z kuşağında kristalleştiği görülmekte; bu durum hem akademik hem de endüstri perspektifinden stratejik bir demografik öneme sahiptir.

Tüm bu değerlendirmeler ışığında alandaki temel metodolojik boşluklar şu başlıklar altında özetlenebilir: Türkiye özelinde gerçekleştirilen çalışmaların sayısı sınırlı kalmakta ve mevcut araştırmaların önemli bir bölümü yalnızca motivasyon boyutunu ele almaktadır. Bunun yanı sıra loot box ve P2W gibi etik kaygı yaratan türler üzerine geniş örneklemli nicel araştırmalar yetersizdir. Ayrıca UİSA türleri arasında karşılaştırmalı tepki örüntüsünü bütüncül biçimde sınavan çok boyutlu karma yöntem çalışmalarına ihtiyaç duyulmaktadır. Son olarak, kuşak değişkenini UİSA motivasyon modelleriyle birleştiren teorik çerçeveler geliştirilebilir.

Sonuç olarak, uygulama içi satın alım literatürü son yıllarda önemli bir derinlik kazanmış; motivasyonlar, psikolojik mekanizmalar, ekonomik yapılar ve etik boyutlar farklı çalışmalar tarafından çeşitli açılardan ele alınmıştır. Bununla birlikte çalışmalar arasındaki yöntemsel çeşitlilik ve bağlamsal farklılıklar, henüz tutarlı ve bütünlüklü bir kuramsal çerçevenin oluşmadığına işaret etmektedir. Farklı UİSA türlerine yönelik kullanıcı tepkilerini karşılaştırmalı olarak sınavan, Türkiye örneğini temsil eden ve karma yöntem yaklaşımını benimseyen araştırmaların bu boşluğu doldurmaya katkı sunması beklenmektedir. Bu çalışmanın söz konusu amaca yönelik bir adım oluşturması amaçlanmaktadır.

KAYNAKÇA

- Akhan, C. E., & Özdemir, E. (2022). The effect of in-game product placement on attitude towards in-game advertisements and in-game purchase intention: A study on young consumers. *Erciyes Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, (61), 385-406. <https://doi.org/10.18070/erciyesiibd.990855>
- Ayvaz, İ. (2020). Oyun içi satın alımını etkileyen faktörler: Türkiye pazarına yönelik keşifsel bir çalışma. *Avrasya Sosyal ve Ekonomi Araştırmaları Dergisi*, 7(1), 162-172.
- Cai, J., Wohn, D. Y., & Freeman, G. (2019). Who purchases and why? Explaining motivations for in-game purchasing in the online survival game Fortnite. *Proceedings of the Annual Symposium on*

- Computer-Human Interaction in Play (CHI PLAY '19)*, 391-396.
<https://doi.org/10.1145/3311350.3347196>
- Çetiner, B., & Çalışkan, A. (2025). Motivators affecting Pokemon Go players' in-game purchase intentions using microtransactions. *Anadolu Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 25(1), 295-314.
<https://doi.org/10.18037/ausbd.1554425>
- Enache, A., Friberg, R., & Wiklander, M. (2023). Demand for in-app purchases in mobile apps: A difference-in-difference approach. *International Journal of Industrial Organization*, 88, Makale 102945. <https://doi.org/10.1016/j.ijindorg.2023.102945>
- Erdoğan, G. (2023). Kullanıcıların mobil uygulamalarda uygulama içi satın alma davranışsal niyeti belirleyicileri: Geliştirilmiş planlı davranış teorisi ile bir model önerisi. *Business and Economics Research Journal*, 14(2), 289-301.
- Hamari, J., Alha, K., Järvelä, S., Kivikangas, J. M., Koivisto, J., & Paavilainen, J. (2017). Why do players buy in-game content? An empirical study on concrete purchase motivations. *Computers in Human Behavior*, 68, 538-546.
- Icon-Era. (2025). In-game purchase spending habits statistics 2025. Erişim tarihi: 23 Nisan 2026, <https://icon-era.com/blog/in-game-purchase-spending-habits-statistics-2025.343/>
- Kahraman, İ., & Tarhan, A. (2024). Sanal ürünler ve değişen tüketim: Sanal ürün tüketimini dijital oyunlar üzerinden okumak. *Selçuk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, (54), 175-192.
<https://doi.org/10.52642/susbed.1468526>
- Kara, T., & Hünkar, T. (2018). Medya işletmelerinde yeni nesil pazarlama: Freemium Spotify üzerine bir araştırma. *The Turkish Online Journal of Design, Art and Communication*, 8(4), 684-693.
<https://doi.org/10.7456/10804100/008>
- Karakoyunlar, E., & Oğuztürk, B. S. (2025). Mikroişlemler ve tüketici davranışı bağlamında dijital oyun ekonomisinin evrimi. *Journal of Pure Social Sciences Sak Sosyal Bilimler Dergisi*, 6(10), 93-103.
- Keke, M. E. (2024). Dijital pazarlama uygulamaları tüketicilerin plansız, kompulsif ve hedonik satın alma davranışlarını etkiler mi? *Üçüncü Sektör Sosyal Ekonomi Dergisi*, 59(2), 735-753.
<https://tisej.com/index.php/pub/article/view/1171>
- Kolovrat, D. (2025). *Microtransactions as a power tool of the three major gaming production companies (Ubisoft, Electronic Arts, Rockstar)*. Yayınlanmamış lisans tezi, Haaga-Helia University of Applied Sciences.
- Koçoğlu, D. (2019). Üniversite öğrencilerinin çevrimiçi oyun bağımlılık düzeyine göre tüketici karar verme tarzlarının değerlendirilmesi. *Manas Sosyal Araştırmalar Dergisi*, 8(2), 1815-1830.
- Newzoo. (2025). *The PC and console gaming report 2025*. Erişim tarihi: 23 Nisan 2026, <https://newzoo.com/resources/trend-reports/the-pc-console-gaming-report-2025>
- Ökten, B. (2025). X, Y ve Z kuşağının dijital tüketim eğilimleri: Sosyal medya ve bilinçli harcama perspektifi. *Journal of Internet Applications and Management*, 16(1).
<https://doi.org/10.34231/iuyd.1466441>
- Rec0deD:88. (t.y.). In-game purchase spending habit statistics. Erişim tarihi: 23 Nisan 2026, <https://rec0ded88.com/statistics/in-game-purchase-spending-habit-statistics/>
- Saral, İ. (2025). Plansız satın alma davranışı: Akış deneyiminin ve satış geliştirme çabalarının aracılık rolleri. *Fiscaoeconomia*, 9(4), 2229-2251. <https://doi.org/10.25295/fsecon.1674564>
- Sancar, N. (2025). Dijital oyunlardaki battle pass sistemlerinin tüketiciler üzerindeki etkileri: Davranışsal tepkiler bağlamında bir inceleme. *Bilgi Teknolojileri ve İletişim Dergisi*, 3(2), 63-91.
- Sezgin, S., & Uzunoğlu, S. (2022). Loot box ekonomisi ve dijital karaborsalar: FIFA örneği. *The Journal of Social Science*, 6(11), 125-138. <https://doi.org/10.30520/tjsosci.1059661>
- Statista. (2025). *Video game market revenue worldwide from 2017 to 2030*. Erişim tarihi: 23 Nisan 2026, <https://www.statista.com/forecasts/1344668/revenue-video-game-worldwide>
- Straits Research. (2025). *In-app purchase market size, share, growth & trends forecast by 2033*. Erişim tarihi: 23 Nisan 2026, <https://straitresearch.com/report/in-app-purchase-market>
- Talay, Ö. (2022). Dijital oyunlarda başarının kestirme yolu: Oyun içi ekonomik etkinliklerde güç ve statü alışverişi. *Ankara Üniversitesi İLEF Dergisi*, 9(2), 286-311.

**DİJİTAL ÇAĞDA TOPLUMSAL GERİLEME: SOSYAL MEDYA ALGORİTMALARININ
BENLİĞİN FARKLILAŞMASI ÜZERİNDEKİ ETKİLERİ***SOCIETAL REGRESSION IN THE DIGITAL AGE: THE EFFECTS OF SOCIAL MEDIA
ALGORITHMS ON THE DIFFERENTIATION OF SELF***Assoc. Prof. Dr. Meral SERT**

Marmara Üniversitesi Atatürk Eğitim Fakültesi

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-0065-8913>**Talip UĞUŞ**Yük. Lis. Öğr, Marmara Üniversitesi, Eğitim Bilimleri Enstitüsü, Rehberlik ve Psikolojik Danışmanlık,
İstanbul, TürkiyeORCID ID: <https://orcid.org/0009-0006-5426-1347>**Abstract**

In Murray Bowen's Family Systems Theory, "differentiation of self" is the individual's ability to separate emotion and logic. According to Bowen, societies under increasing stress, just like families, lose their ability to think logically and begin to act entirely emotionally and reactively. Bowen defines this situation as "Societal Regression." This study aims to conceptually examine Bowen's theory in the context of today's social media algorithms. Today, social media algorithms create "filter bubbles" and echo chambers by bringing people together only with ideas similar to their own views. The constant bombardment of information and the feeling of being watched in the digital environment create chronic anxiety in society. In addition, because algorithms often reward anger and sudden reactions, people's capacity to approach events objectively (differentiation of self) is gradually weakening. Instead of thinking rationally, people act on their emotions and conform to "herd mentality." This picture, which Bowen explains as the loss of individuality and people becoming emotionally "fused" (fusion), is clearly seen on social media today. In conclusion, this review study reveals how social media algorithms accelerate societal regression by feeding instant emotional reactions and offers psychological counselors a new perspective to cope with the problems brought by the digital age.

Keywords: Bowen Family Systems Theory, Societal Regression, Differentiation of Self, Social Media, Filter Bubbles.

Özet

Murray Bowen'ın Aile Sistemleri Kuramı'nda "benliğin farklılaşması", bireyin duygu ve mantığını birbirinden ayırabilme becerisidir. Bowen'a göre artan stres altındaki toplumlar da tıpkı aileler gibi mantıklı düşünme yetilerini kaybederek tamamen duygusal ve tepkisel (reaktif) davranmaya başlarlar. Bowen bu durumu "Toplumsal Gerileme" olarak tanımlar. Bu çalışma, Bowen'ın kuramını günümüz sosyal medya algoritmaları bağlamında kavramsal olarak incelemeyi amaçlamaktadır. Günümüzde sosyal medya algoritmaları, insanları yalnızca kendi görüşlerine benzeyen fikirlerle bir araya getirerek "filtre balonları" ve yankı fanusları oluşturmaktadır. Dijital ortamdaki sürekli bilgi bombardımanı ve gözetlenme hissi, toplumda kronik bir kaygı yaratmaktadır. Ayrıca algoritmalar genellikle öfkeyi ve ani tepkileri ödüllendirdiği için, insanların olaylara objektif yaklaşma (benliğini farklılaştırma) kapasitesi giderek zayıflamaktadır. İnsanlar rasyonel düşünmek yerine duygularıyla hareket ederek "sürü psikolojisine" uymaktadır. Bowen'ın bireyselliğin kaybolması ve insanların duygusal olarak "iç içe geçmesi" (fusion) şeklinde açıkladığı bu tablo, günümüzde sosyal medyada açıkça görülmektedir. Sonuç olarak bu derleme çalışması, sosyal medya algoritmalarının anlık duygusal tepkileri besleyerek toplumsal gerilemeyi nasıl hızlandırdığını ortaya koymakta ve psikolojik danışmanlara dijital çağın getirdiği sorunlarla başa çıkmak için yeni bir bakış açısı sunmaktadır.

Anahtar kelimeler: Bowen Aile Sistemleri Kuramı, Toplumsal Gerileme, Benliğin Farklılaşması, Sosyal Medya, Filtre Balonları.

1. GİRİŞ

Günümüzde sosyal medya birer iletişim aracı olmanın ötesine geçerek yaşamın merkezine yerleşmiş durumdadır. İnsanlar artık dijital platformları salt bilgi alışverişinde bulunmak için kullanmazlar.

Kendilerini ifade etmek, güncel olayları takip etmek, sosyal ilişkilerini sürdürmek ve toplumda yaşanan olaylara tepki vermek amacıyla gündelik yaşamlarında kullanır (Rodilosso, 2024). Bu durum, insanların çevreyle kurdukları etkileşimleri derinden etkiler ve toplumsal dinamiklerin dijital anlamda yeni bir şekil almasına zemin hazırlar.

Gündelik hayatımızda sıklıkla kullandığımız sosyal medya platformlarının ardında büyük ölçüde karmaşık yapay zekâ teknolojileri ve algoritmalar mevcuttur. Bu algoritmalar, bireylerin dijital ayak izlerini yani; beğenilerini, ekranda kalma/izleme sürelerini, yaptıkları yorum ve paylaşımları devamlı bir şekilde takip ve analiz eder (Bilgici, 2023). Bu şekilde elde edilen büyük veriler aracılığıyla sistem, kullanıcıların eğilimlerini, ihtiyaçlarını ve beklentilerini tahmin ederek kişiye özel bir içerik akışı oluşturacak şekilde tasarlanmıştır (Bilgici, 2023). Kullanıcıların dijital ortamlardaki deneyimleri bu sistemsel mekanizmayla sürekli bir şekilde şekillenmektedir (Bilgici, 2023). Platformların bu özelliği, ilk bakışta kullanıcıların ilgisini çekecek içeriklere hızlı bir şekilde ulaşmasına imkan tanıyarak deneyimi kolaylaştırmaktadır (Bilgici, 2023). Sosyal medya platformlarındaki filtreleme mekanizmaları ile bilgi yığınları arasında ayıklamanın yapılması kullanıcı için daha zahmetsiz hale gelmektedir. Fakat bu durum bireyin sürekli kendi dünya görüşüne duygusal dengesine ve tepki biçimlerine benzer içeriklerle karşılaşmasına neden olmaktadır (Rodilosso, 2024). Sistem bireyin daha uzun süre kalmasını sağlayıp kişinin hoşuna gidebilecek şeyleri göstererek bireyin farklı bakış açılarına teması sınırlandırarak belirli bir fikir anlayışına hapsedmektedir (Bilgici, 2023).

Algoritmaların yaratmış olduğu dijital çevreler, literatürde genellikle “filtre balonları” ve “yankı fanusları” kavramlarıyla açıklanmaktadır (Interian vd., 2023). Filtre balonları ve yankı fanusları, bireylerin kendi görüşlerini yansıtan yankılarla çevrelediği ve karşıt ya da rahatsız edici fikirlerin algısal olarak dışarıda bırakıldığı sanal yapıları ifade etmektedir (Bilgici, 2023; Interian vd., 2023). Kullanıcıların yalnızca kendi inanç çerçevesindeki görüşleri ve inançları doğrulayan içeriklere maruz kalması diğer fikir ve görüşlere karşılaşma olasılığını azaltabilir ve bu durum mevcut olan inanç ve duygularımızın daha da pekişmesine neden olmaktadır (Keijzer ve Mäs, 2022). Bu yalıtılmışlık ve duygusal pekişme durumu Murray Bowen’ın Aile Sistemleri Kuramı üzerinden farklı bir bakış açısıyla anlamlandırılabilir. Bukuramın temel taşlarından biri olan “benliğin farklılaşması”, bireyin duygusal süreçleri ile entelektüel düşünce süreçlerini birbirinden ayırabilme kapasitesini yansıtmaktadır (Bridge, 2019). Kurama göre, bu benlik farklılaşması düzeyi yüksek olan bireyler stresli koşullar altında mantıklı düşünebilme kabiliyetlerini koruyabilirken, kaygı ve stres arttığında bu kapasite zayıflar ve gerçekçi değerlendirmeler yerine daha dürtüsel, tepkisel davranışları sergileme eğiliminde olurlar. (Bridge, 2019).

Bu kuramsal çerçeveden yola çıkarak; sosyal medya algoritmalarının, filtre balonlarının ve yankı fanuslarının yarattığı dijital sistemin, bireylerin olaylara tarafsız yaklaşma yetisini nasıl etkileyebileceği tartışmaya açılabilir. Sürekli bir bilgi bombardımanına maruz kalma ve dijital iz bırakma durumu toplumda belirli bir düzeyde kronik kaygı oluşturmaktadır. Ayrıca, sosyal medya algoritmalarının çalışma şekli dolaylı dikkat çekmek ve etkileşimi artırmak amacıyla anlık duygusal tepkileri (öfke vb.) ve kutuplaştırıcı durumları daha fazla ödüllendirmesi, kullanıcıları gerçekçi ve yapıcı bir tartışma zemininden uzaklaştırmaktadır (Rodilosso, 2024). Dijital mecralardaki bu dinamikler, bireylerin mantıklı düşünme kapasitelerinden uzaklaşarak duygusal bir iç içe geçmesi şeklinde tanımlanan “fusion” (füzyon) durumunu tetiklemektedir. İnsanın kendi bağımsız fikirlerini üretmek yerine duygusal bir bulaşma yoluyla sürü psikolojisine uymaya yatkın duruma gelmesi, benliğin farklılaşma kapasitesinin zayıflaması ve bunların sonucunda ortaya çıkabilecek “toplumsal gerileme” kavramlarıyla birlikte ele alınmaya oldukça elverişli görünmektedir (Bridge, 2019).

Bu çalışmada, sosyal medya algoritmaları, filtre balonları ve yankı fanuslarının bireyin benliğini farklılaştırma kapasitesi ve toplumsal gerileme kavramlarının bağlamında nasıl tartışılabileceğini Bowen Aile Sistemleri Kuramı çerçevesinde kavramsal olarak incelemeyi amaçlamaktadır.

2. KAVRAMSAL ÇERÇEVE

2.1. Bowen Aile Sistemleri Kuramı ve Benliğin Farklılaşması

Bu bölümde, çalışmanın kuramsal temelini oluşturan Bowen Aile Sistemleri Kuramı ve özellikle bu kuramın merkezinde yer alan “benliğin farklılaşması” kavramı ele alınmaktadır.

2.2. Bowen Aile Sistemleri Kuramı'nın Temel Yaklaşımı

Murray Bowen, bireyi tek başına, yalıtılmış bir varlık olarak incelemek yerine onu içinde bulunduğu ilişkisel ve duygusal sistemlerin ayrılmaz bir parçası olarak değerlendirmiştir. Bu yaklaşımda aile, üyeleri arasında devamlı ve karşılıklı duygusal etkileşimin yaşandığı canlı bir sistem olarak kabul edilmektedir (Bridge, 2019). Sistem içerisindeki bireyin stres, kaygı ve diğer olaylara tepki verme biçimlerinin sadece o kişinin bireysel özellikleriyle açıklanamayacağını, aynı zamanda bu ilişkisel bağlamda da doğrudan ilgili olduğu kuramsal olarak vurgulanmaktadır. Dolayısıyla, aile sistemi içerisindeki duygusal etkileşimler, bireyin düşünme, karar verme ve çevreyle ilişki kurma biçimlerini derinden etkileyebilecek bir potansiyel taşımaktadır (Gendelman vd., 2026).

2.3 Benliğin Farklılaşması Kavramı

Benliğin farklılaşması kavramı Bowen kuramının temelini oluşturur ve en genel tanımıyla bireyin duygu ve düşünce süreçlerini birbirinden ayırt etme kapasitesi olarak tanımlanmaktadır (Bridge, 2019). Farklılaşma düzeyi yüksek olan bireylerin, yoğun stres altında ve ya baskı altındayken bile düşünme kapasitelerini koruyabildikleri, rasyonel düşünebildikleri, ilişkilerinde kendi benliklerini kaybetmeden var olabildikleri ifade edilmektedir. Bu kişiler ilişkilerinde hem kendi bağımsızlıklarını koruyup sağlıklı hem de sağlıklı bir şekilde ilişkisel bağlılık sürdürme becerisine sahiptirler (Bridge, 2019). Farklılaşma düzeyi düşük olan bireylerde ise duygu-mantık ayırımı zorlaşmakta ve duygusal tepkisellik yüksek olmaktadır. Bu bağlamda, düşük farklılaşma sergileyen bireylerin dışarıdan daha çok onay ihtiyacı hissedebileceği, rasyonel düşünceler yerine daha çok anlık tepkilerle hareket edebileceği, baskı altında kendine has olan düşüncelerini korumakta zorlanacağı değerlendirilmektedir (Gendelman, vd., 2026).

2.4 Fusion Kronik Kaygı ve Sahte Benlik

Bireyin kendi duygu ve düşüncelerini başkalarının duygu ve düşüncelerinden ayırmakta zorlanması kuramda "fusion" (duygusal iç içe geçme) kavramıyla açıklanmaktadır. Bu fusion durumunda kişinin içinde bulunduğu topluluğa, aileye veya ilişkiye sınırlarını kaybedecek şekilde yoğun bir duygusallıkla bağlanabileceği belirtilmektedir (Bridge, 2019). Bu yoğun iç içe geçme hali genellikle sistem içerisinde sürekli ve yaygın bir gerilim durumu olarak düşünülebiyecek kronik kaygı ile birlikte seyretmektedir. Düşük farklılaşma düzeyi ve artan kronik kaygı birlikte görüldüğünde, bireyin olaylar karşısında daha tepkisel, savunmacı ve daha az düşünerek hareket etme eğilimi gösterebileceği bildirilmektedir (Kuşuncu vd., 2023). Bireyin kendine özgü değerlerinden ziyade dış dünyadan gelen onay ve beklentilere göre şekillenen bu yapı "sahte benlik" gelişimine yol açmaktadır. Diğerlerinin beklenti ve onayına göre şekillenen bu sahte benlik, günümüzde sosyal medyadaki beğeni, görünürlük ve onay arayışıyla ilişkilendirilir (Gendelman vd., 2026).

2.5. Toplumsal Gerileme Kavramına Geçiş

Bowen'ın kuramsal çerçevesi sadece aile içindeki dinamiklerle sınırlı değildir. Aile sistemlerinde görülen kaygı, düşük farklılaşma süreçlerinin makro düzeyde toplum boyutunda da düşünülebiyeceğini ileri sürmektedir (Bowen, 1976; akt. Bridge, 2019). Bu durum toplumsal gerileme kavramıyla ifade edilmektedir. Bu kavram, yoğun stres veya belirsizlik altında olan toplumların daha az düşünsel olup daha fazla duygusal ve tepkisel davranma eğiliminde olmalarını açıklamaktadır (Bridge, 2019). Bir toplumda kaygı düzeyi arttığında o toplumda suçlama, kutuplaşma, sürü psikolojisinden etkilenme, grup baskısına boyun eğme ve olaylara hızlı tepki verme gibi dinamikler güçlenebileceği belirtilmektedir. Bireylerin mantıklı düşünmekten uzaklaşıp duygusal bulaşmalarla hareket ettiği bu toplumsal gerileme durumu, dijitalleşme ve sanal iletişim ağlarının doğurduğu yeni süreçlerle yeniden yorumlanabilir (Kuşuncu vd., 2023). Bundan ötürü Bowen kuramındaki benliğin farklılaşması, fusion, kronik kaygı ve toplumsal gerileme gibi kavramlar, sosyal medya çağında dijital etkileşim şekillerini tartışmak için kuramsal bir zemin hazırlar.

2.6. Sosyal Medya Algoritmaları ve Algoritmik Kültür

Dijital çağda sosyal medya platformları, sadece kullanıcıların içerik paylaştığı ve tükettiği pasif alanlar değildir artık, hangi bilgilerin öne çıkartılacağını, kimin neleri görebileceğini hesaplayan yapılara dönüşmüştür (Bilgici, 2023). Bilişimsel sistemlerin günlük yaşam pratiklerini ve kültürel unsurları

büyük ölçüde etkilemesiyle ortaya çıkan bu yeni durum, literatürde genellikle “algoritmik kültür” kavramıyla açıklanmaktadır (Bilgici, 2023). Algoritmik kültürde sosyal medya ortamları, bilgi akışını tesadüfi bir şekilde değil, matematiksel algoritmalarla yönetmektedir. Sosyal medya platformlarının arka planında sürekli çalışan algoritmalar yapay zekanın da desteğiyle kullanıcıların beğenilerini takipte oldukları hesapları, ekranda kalma sürelerini, izleme sürelerini, yaptıkları paylaşımları ve yorumlarını detaylıca analiz etmektedir. Toplanan bu devasa veriler işlenerek her bireyin kendi ilgi alanlarına, beklentilerine, ihtiyaçlarına ve eğilimlerine göre içerik akışı kurgulanıp sunulmaktadır (Ergül ve Şahin, 2025; Rodilosso, 2024). Bu özellik ilk başta hızlı ve zahmetsiz bir şekilde içeriklere ulaşılabilirlik sağladığı için pratik görünmektedir. Fakat, kullanıcıların ilgisini çekmeyeceği varsayılan içerikler sistem tarafından otomatik olarak ayıklanması, bireyin deneyimini sınırlandırarak yalnızca belirli içeriklerin daha görünür hale gelmesine neden olmaktadır (Bilgici, 2023). Bireyin sürekli kendi mevcut eğilimleriyle baş başa kalarak dijital ortamlardaki bilgiye erişim özerkliğini ve dış dünyaya karşı bağımsız duruşunu da tartışmalı hale getirebilir (Magalhães ve Yu, 2022).

Sosyoloji ve iletişim literatüründe Kaplan ve Ertürk (2012), kullanıcıların algoritmik sistemler içerisindeki her hareketinin sürekli olarak kaydediliyor olmasını “dijital panoptikon” kavramı bağlamında ele almaktadır. Yazarlara göre, dijital ortamdaki davranışlar anlık takip edilmekte, veriye dönüştürülmekte ve elde edilen bu veriler kullanıcının sonraki dijital adımlarını yeniden yönlendirmek amacıyla kullanılmaktadır. Ergül ve Şahin (2025) ise; şeffaflık, etkileşim ve sosyalleşme motivasyonları adı altında gerçekleşen bu yoğun veri toplama süreçlerinin, bireyin sosyal medyada sürekli, görünür izlenebilir ve ölçülebilir bir konumda yer almasına yol açtığını vurgulamaktadır. Ortaya çıkan bu yapıda birey sadece sunulan içerikleri izlemekle kalmamakta, kendisi de diğer algoritmik sistemler tarafından sürekli izlenebilir bir nesne haline gelmektedir. Özellikle de beğenilerin sayısı, yorumlar, izlenme/görüntülenme sayısı, yorumlar ve paylaşımlar gibi nicel göstergeler, bireyin dijital dünyada kendini sunma biçimini ve dışarıdan kabul görme arzularını önemli ölçüde şekillendirmektedir (Ergül ve Şahin, 2025; Kaplan ve Ertürk, 2012).

Kişinin her an görünür olması ve yukarıda bahsedilen nicel göstergeler üzerinden sürekli bir değerlendirilme hissiyle karşı karşıya gelmesi, Murray Bowen’ın Aile Sistemleri Kuramı bağlamında ele alınabilecek bazı psikolojik yansımalar barındırmaktadır. Sosyal medyanın gözetim mekanizması ve görünürlük baskısı, bireylerin içsel duygularından ve düşüncelerinden uzaklaştırarak dış onaya daha bağımlı hale gelmesine yol açabilir. Bu durum, bahsedilen “kronik kaygı” kavramıyla ilişkilendirilebilir (Bridge, 2019). Sürekli izlenme, değerlendirilme ve etkileşimde kalma mecburiyeti hissi, toplum genelinde hissedilen kronik kaygıyı artırabilir. Devamlı gözetlenen ve kendi benzerlerine yönlendirilen kullanıcının bu durumu, ilerleyen bölümde ayrıntılı olarak tartışılacak filtre balonları, yankı fanusları ve toplumsal kutuplaşma gibi süreçlerin önemli dinamiklerinden birini oluşturmaktadır (Bilgici, 2023; Rodilosso, 2024).

2.7. Filtre Balonları, Yankı Fanusları ve Kutuplaşma

Algoritmik kişiselleştirme, kullanıcıların dijital ayak izlerine göre bilgi akışını şekillendirmekte ve literatürde “filtre balonları” olarak adlandırılan sanal yapıların ortaya çıkmasına yol açmaktadır (Bilgici, 2023; Interian vd., 2023). Filtre balonları bireyin verileri, beğenileri ve etkileşim geçmişine yönelik sadece kendi mevcut eğilimlerine uygun içeriklerle karşılaşması sonucunda, farklı olan ya da rahatsız edici görüşlerden kısmen yalıtıldığı dijital bilgi alanları anlamına gelmektedir (Interian vd., 2023). Diğer yandan “yankı fanusları”, bireylerin benzer düşüncelere sahip diğer kullanıcılarla ve bilgi kaynaklarıyla tekrar eden etkileşimler sonucu mevcut inanç ve görüşlerinin daha fazla onaylanarak pekiştiği çevrimiçi ortamlar olarak tanımlanmaktadır (Cinelli vd., 2021). Filtre balonu kavramı ile yankı fanusu kavramı arasındaki temel fark; filtre balonunda arka planda çalışan algoritmik kişileştirmenin daha ön planda olması, yankı fanusunda ise benzer düşünen bireyler arasındaki sosyal etkileşimin ve grup içerisindeki pekişmelerin daha belirgin bir rol oynamasıdır (Interian vd., 2023).

Bir diğer kavramımız kutuplaşmadır. Literatürde kutuplaşma, bir toplumun birbirine taban tabana zıt alt gruplara ayrılarak kutuplaşması olarak ele alınır (Interian vd., 2023). Bu durum aynı fikirdeki kişilerin grup içerisindeki uyumunu artırırken rakip gruplar arasındaki fikir ayrılıklarını giderek keskinleştirir (Interian vd., 2023). Yapılan çeşitli değerlendirmelerde, kullanıcı etkileşimini artırmak için benzer içerikleri önceliklendiren algoritmik filtreleme, sosyal ağlarda kutuplaşma eğilimlerini arttırabilecek biçimde işleyebileceği tartışılmaktadır (Chitra ve Musco, 2020). Fakat, filtre balonları ile görüş

kutuplaşması arasındaki bu etkileşimin tek yönlü ve kesin bir nedensellik ilişkisi söz konusu olmadığı tam tersi karmaşık bir yapıya sahip olduğu belirtilmektedir (Keijzer ve Mäs, 2022). Bu nedenle yalıtılmışlığın her platformda, her tartışmada veya her kullanıcı grubunda aynı biçimde ve aynı güçte kutuplaşma yaratmayabileceği düşünülebilir.

Yankı fanuslarının oluşumu ve kutuplaşma biçimleri her sosyal medya platformunda aynı değildir. Örneğin Facebook ve Twitter/X gibi haber akış algoritmalarının ve takip ağlarının egemen olduğu platformların tasarımı ile Reddit gibi daha farklı etkileşim mekanizmalarına sahip platformların yankı fanusu oluşturma eğilimleri aynı düzeyde olmayabilir (Cinelli vd., 2021). Rodilosso'nun (2024) belirttiği üzere, algoritmik kişiselleştirme kullanıcıları özellikle toplumsal ve politik alanda farklı bakış açısından uzaklaştırması ve giderek daha katı ve kutuplaşmış fikirlerin benimsenmesine ortam hazırlamaktadır.

Aile Sistemleri Kuramı değerlendirildiğinde farklı düşüncelerin dışlandığı ve benzer duygusal tepkilerin sürekli bir şekilde yankılandığı dijital ortamlarda bireyler olaylara sakin ve objektif yaklaşabilme, yani "benliğin farklılaşması" becerileri zayıflamaktadır (Bridge, 2019; Gendelman vd., 2026). Sanal ortamlardaki sürekli onaylanma hissi ve yoğun duygusal uyaranların yarattığı sanal atmosfer bireyi kendi düşünmesine odaklanmak yerine grup duygusuyla daha fazla bütünleştirmesine neden olmaktadır. Bu da duygusal iç içe geçmesine (fusion) sebep olmaktadır (Bridge, 2019; Gendelman vd., 2026).

Dış fikirlere kapalı olma ve grup içi yankıların sonuçları toplumda hissedilen kronik kaygıyı besleyebilir, öfkeli ve reaktif davranışların artmasına kuramın da bahsettiği "toplumsal gerilemeyi dijital bağlamda tartışılmasına yer açar (Bridge, 2019; Rodilosso, 2024).

2.8. Sosyal Medyada Benlik Sunumu, Sahte Benlik ve Fusion

Sosyal medya bireyler için yalnız içerik tüketilen bir yer olmamakta, dijital kimliklerini kurgulayıp sergiledikleri de bir yerdir. Bireyler aldıkları etkileşimlerle başkalarında belli bir izlenim yaratmaya çalışırlar. Fakat; kurgulanan bu kimlik her zaman gerçek hayatı yansıtmaz. Hollenbaugh (2021), platformların sunduğu görünür olma, içeriklerin kalıcılığı ve anonimlik gibi özelliklerin bireylerin kendini sunuş biçimlerini derinden etkilediğini belirtmektedir.

Özellikle genç bireylerin dijital ortamlardaki benlik sunumları, büyük oranda akran beklentileri ve sosyal onay arzusuyla şekillenmektedir. Genç bireyler diğerlerinin kendilerini nasıl sunduğunu gözlemleyip o platformun normlarına bu şekilde uyum sağlarlar (Zillich ve Wunderlich, 2024). Bu nedenle, sosyal medyanın kimlik gelişimi üzerinde ekranda geçirilen süre dışında, kullanım şekli, sosyal karşılaştırmalar ve aktif katılımı doğrudan ilişkilidir (Avcı vd., 2025). Dış dünya odaklı kurgulanan dijital kimlik, Bowen'ın sahte kimlik (Pseudo-self) kavramıyla direkt olarak örtüşmektedir. Platform kullanıcılarının paylaşım yaparken kendi doğrularına göre değil de genelde dış odaklı olup "Kaç beğeni alırım?" ya da "Nasıl görünürüm?" kaygısıyla paylaşım yapmaları bağımsız benliklerinden uzaklaştıklarını gösterir (Bridge, 2019). Dijital ortamdaki performans kaygısı, kuramdaki "fusion"(duygusal iç içe geçme) durumunu da tetikler. Farklı düşüncelerin ve çok sesliliğin dışlandığı yankı fanusları, bireyin bağımsız düşünmek yerine kalabalık grubun duygusuna sorgulamadan uyum sağlamasını kolaylaştırır (Interian vd., 2023).

Platformlar benliğin yansıtıldığı bir ayna değil, bireyi zamanla dönüştüren aktif ortamlardır (Marin, 2025). Engelmann ve arkadaşlarına (2022) göre; algoritmaların kullanıcıların hareketlerini sürekli bir şekilde izleyerek kimlik çıkarımları yapması, kişinin kendi kimliği üzerinde kontrolünü ve özerkliğini zayıflatmaktadır. Yankı fanusları durumuyla da birey kendi gerçekliğinden koparak grubun beklentileri doğrultusunda davranış sergileme eğiliminde olur. Bu onay mekanizmaları, duygusal iç içe geçme ve algoritmik baskı, bireyde süregelen hale gelebilecek yetersizlik hissi ile kaygı yaratabilir. Onaylanmayacak olma korkusuyla sınırların bulanıklaştığı bu durumda, mantık yerini dürtüsel davranışlara bırakır. Bu da bir sonraki başlıkta ele alınacak olan "toplumsal gerileme" ile "kronik kaygı" süreçlerine zemin hazırlar.

2.9. Kronik Kaygı, Reaktif Davranışlar ve Toplumsal Gerileme

Sosyal medyada yoğun bilgi akışı ve hızla değişen kriz gündemleri, bireylerin olayları zihinsel süzgecinden geçirme süresini daraltmaktadır. Linç edilme kaygısı ve sürekli görünür olma baskısıyla birlikte bu durum, Bowen'ın kuramında sistemlerdeki kalıcı gerilimi tanımlayan "kronik kaygı"nın dijital dünyadaki karşılığıdır (Bridge, 2019). Kaygının böylesine arttığı durumlarda bireyler ani ve

dürtüsel davranma eğiliminde olurlar. Kullanıcıda görülen bu tepkisel durum, etkileşimi artırmalı için anlık duygusal reaksiyonları ve öfkeyi ödüllendiren sosyal medya algoritmaları ile daha da pekiştirilir (Rodilloso, 2024). Dijital ağlarda içeriğin doğruluğundan çok karşısındaki yoğun duygu uyandırması ve dikkat çekmesi bilginin yayılım hızını belirler (Bak ve Weed, 2025; Cinelli vd., 2021). Yanlış bilgilerin hızlı bir şekilde etkileşime girmesi, doğrudan kullanıcıların reaktif(tepkisel) eğilimleriyle ilişkilidir (Bak ve Weed, 2025). Ayrıca bu durum, anonimliğin de vermiş olduğu bir rahatlık ile yalnızlık ve intikam gibi duyguları çevrimiçi trolleme ve saldırganlık eylemlerine dönüşmesini kolaylaştırmaktadır (Gümüşlü ve Kahraman, 2025).

Yankı fanusları ve filtre balonları içinde yalnızca kendi görüşlerinin tekrarlandığı bir durumda olan kullanıcı, kendi bağımsız duruşunu yitirerek grup baskısına teslim olmaktadır (Cinelli vd., 2021; Interian vd., 2023). Bireysel düzeyde başlayan bu dürtüsel hal ve grup ile iç içe geçme (fusion) halleri makro boyuta ulaştığında ise Bowen'ın "toplumsal gerileme" olgusu ortaya çıkar. Algoritmaların farklı sesleri dışlayıp hakikat ötesi (post-truth) durumları beslemesi, demokratik kültürü zedeleyip toplumsal kutuplaşmayı derinleştirmektedir (Mertek, 2024; Rodilloso, 2024). Özetle, sosyal medya algoritmaları tek başına sosyal gerilemeyi doğurmasa da, kronik kaygıyı artıran, öfkemizi ödüllendiren ve yanlış bilgilerin yayılmasını körükleyen yapısından dolayı bu çözülme için güçlü bir elverişli zemin sunmaktadır.

2.10. Psikolojik Danışma Sürecine Yönelik Çıkarımlar

Günümüz dijital çağında yürütülen psikolojik danışma süreçlerinde, sosyal medya kullanımı yalnızca "ekran süresi" gibi bir ölçüt ile sınırlamak doğru olmaz. Sosyal medyayı tamamen yasaklamak veya sadece patolojik bir alan olarak görmekten ziyade kullanımın niteliği, bireyin kimlik gelişimi, onay arayışı, duygu düzenleme mekanizmaları ve ilişkisel bağlamı çok boyutlu olarak ele alınmalıdır (Avcı vd., 2025).

Bowen Aile Sistemleri Kuramı merkeze alındığında, temel terapötik hedeflerden biri danışanın dijital ortamlarda da benliğini farklılaştırma kapasitesini desteklemektir (Bridge, 2019). Danışanların, yoğun sosyal medya ortamında "Ben gerçekten en düşünüyorum?" ile "Dijital kalabalıklar benden ne bekliyor?" sorularının ayrımını yapabilmesi sağlanmalıdır. Bireyin kendi doğrularından çok dijital grupların beklentilerine göre hareket etmesi (Zillich ve Wunderlich, 2024), kuramdaki dış onaya bağımlı "sahte benlik" yapısını beslemektedir. Bu noktada da, algoritmaların içerikleri nasıl filtrelediğine dair farkındalık kazandırmak (Bilgici, 2023) ve beğeni, takipçi sayısı vb. etkileşim göstergelerinin birey dış onay belirtisi olduğunu fark ettirmek (Hollenbaugh, 2021), danışanın olaylara nesnel bir şekilde yaklaşmasına yardımcı olacaktır.

Danışma seanslarında, duygu ve düşünce ayrımını somutlaştırmak için çevrimiçi deneyimler üzerinden gidilebilir. Danışanın sosyal medyada karşılaştığı öfke, dışlanma veya kıskançlık duyma gibi duyguların etkisinde kalıp dürtüsel tepkiler vermesi yerine, olayla arasına düşüncel bir mesafe koyması desteklenebilir (Bridge, 2019). Ayrıca hızlı yapılan paylaşımlar, linç kültürüne dahil olma veya trolleme gibi reaktif davranışların altında yatan yalnızlık ve intikam alma arzusu gibi dinamikler araştırılabilir (Kuşuncu vd., 2023).

Özetle psikolojik danışmanlar için dijital çağın doğurmuş olduğu en temel görev; bireylerin sadece yüz yüze ilişkilerde değil, karmaşık algoritmik ortamlarda da kendi düşüncesini koruyup ayırabilen, dış onaya ihtiyaç duymayan bağımsız, esnek ve sağlam benlik algısı gelişiminde destek olmaktır.

3. YÖNTEM

Bu çalışma, veri toplamaya dayanmayan, literatür temelli kavramsal bir tartışma ve kuramsal inceleme olarak tasarlanmıştır. Temel olarak Murray Bowen'ın Aile Sistemleri Kuramı ile güncel sosyal medya algoritmaları literatürü arasında kavramsal bir bağlantı kurmayı ve ilişkilendirmeyi amaçlamaktadır.

İncelemenin kuramsal zeminini benliğin farklılaşması, duygusal iç içe geçme(fusion), kronik kaygı ve toplumsal gerileme gibi psikolojik süreçler ile sosyal medya algoritmaları, filtre balonları, yankı fanusları, dijital benlik sunumu ve çevrimiçi davranışlar gibi dijital dinamikler oluşturmaktadır. Çalışma sosyal medya algoritmaları ile bireyin benliğini farklılaştırma kapasitesi arasında doğrudan nedensel bir ilişki kurmadığını özellikle vurgular. Bunun yerine mevcut literatürden hareketle bu kavramlar arasında kuramsal ve tartışmaya açık bir ilişki kurgular, dijital sistemin birey ve toplum üzerindeki etkilerini farklı bir perspektifle tartışmaya açar (Bilgici, 2023; Bridge, 2019).

Çalışmanın kavramsal kısmı için kullanılan literatür Bowen kuramı, filtre balonları, yankı fanusları, algoritmik kültür, benlik sunumu, sosyal medya bağımlılığı, trolleme, yanlış bilgi ve kutuplaşma gibi başlıklardan oluşmaktadır. Bu çalışma, elde edilen araştırmalar ile dijitalleşmenin ve algoritmik sistemlerin akılcı düşünme becerileri üzerindeki etkilerine yönelik kuramsal bir değerlendirme sunmaktadır.

4. SONUÇ VE TARTIŞMA

4.1. Sınırlılıklar ve Gelecek Araştırmalar

Bu inceleme çalışması nicel veya nitel analizlere ampirik veri toplamaya veya saha çalışmasına dayanan bir çalışma değildir. Literatürü temel alan kavramsal tartışma ve kuramsal bir inceleme niteliği taşır. Bu yüzden çalışmada bahsedilen kavramlar (sosyal medya algoritmaları, benliğin farklılaşması, kronik kaygı ve toplumsal gerileme) arasında doğrudan bir nedensellik yoktur. Amaç doğrusal bir nedensellik ilişkisi kurarak açıklama yapmak değildir. Bunun yerine mevcut literatürden hareketle tartışmaya açık kuramsal bir çerçeve sunmaktır.

Filtre balonları, yankı fanusları ve kutuplaşma arasındaki ilişkinin karmaşık olması araştırmanın diğer bir sınırlılığıdır. Bu bahsettiğimiz ilişki basitçe açıklanamaz. Kişilerin görüşlerinin kutuplaşması ve filtre balonları arasındaki ilişki bireylerin kendine özgü eğilimlerine, yerel ağ yapılarına ve sosyal platformdaki algoritmik yapılara göre büyük oranda değişir (Keijzer ve Mäs, 2022). Ek olarak, sosyal medya platformlarının hepsi aynı teknik yapıya sahip değildir. Facebook, Twitter/X, Reddit, Instagram, Tiktok, Snapchat vb. uygulamalar kullanıcıların etkileşimleri, içeriklerin ön plana çıkma yolları bakımından farklılık göstermektedir. Bu nedenle yankı fanuslarının nasıl oluşup ne kadar etkili olduğu platformdan platforma değişiklik göstermektedir (Cinelli vd., 2021).

Sosyal medya etkileri sadece kullanım süresine bakılarak açıklamak yeterli olmayabilir. Nasıl kullanıldığı da ne kadar süre kullanıldığı kadar önemlidir (Avci vd., 2025). Sosyal medya kimlik sorunları veya kimlik keşfi gibi hem olumlu hem de olumsuz sonuçlar doğurabilir (Zillich ve Wunderlich, 2024). Dolayısıyla, sosyal medya, platform özellikleri ve bağlamsal etkileri ile birlikte değerlendirilmelidir (Hollenbaugh, 2021).

Bowen kuramı ile sosyal medya arasındaki ilişkinin gelecekte çalışmalarla test edilmesine gereksinim duyulmaktadır. Gelecekte nitel ve nicel çalışmalar yapılarak çalışmada geçen kavramlar arasındaki ilişkiler daha iyi açıklanabilir ve ağ ve algoritmaların kişi üzerindeki yansımaları daha iyi anlaşılabilir. Sınırlılıkları da göz önüne alındığında bu çalışma, psikolojik danışma ve ruh sağlığı alanında önemli bir tartışma zemini oluşturmayı hedefler. Çalışmanın önde gelen katkısı bahsedilen algoritmaların, dijital dinamiklerin, sanal yalıtılmışlığın sadece teknik değil, Bowen’ın benliğin farklılaşması ve toplumsal gerileme kavramlarıyla düşünölmeye yol açmasıdır (Bridge, 2019). Bu anlamda çalışma, dijital çağın yaratmış olduğu zorlukları anlamada kuramsal bir derinlik kazandıracak potansiyel taşımaktadır.

4.2. Sonuç

Bu çalışmada Bowen Aile Sistemleri Kuramı temelinde, sosyal medya algoritmaları, filtre balonları ve yankı fanusları, bireyin benliğinin farklılaştırma kapasitesi ve toplumsal gerileme durumu tartışılmıştır. Günümüzde dijital platformların temelini algoritmik sistemler oluşturur. Bu sistemler kullanıcıların dijital izlerinden hareketle karşlarına kendi eğilimleri doğrultusunda içerikler çıkarır. Böylece, bireyler dijital dünyada kendi görüşlerine, değerlerine ve duygusal durumlarına paralel/benzer içeriklerle daha sık karşılaşmaktadır (Bilgici, 2023). Bu kişiselleştirilmiş akışın doğurmuş olduğu filtre balonları ve yankı fanusları yalnızca bilginin dolaşımını sınırlandırmaz ayrıca bireyin duygusal ve ilişkisel konumunu da derinden etkileyebilir (Interian vd., 2023). Ortaya çıkan yalıtılmışlık hali ve grup içi etkileşimler, Bowen kuramındaki benliğin farklılaşması kavramı ile değerlendirilebilir. Fakat sosyal medyadaki sürekli görünür olma baskısı, dış onay arama, grup duygusu ve anlık tepkisel davranışlar bireyin olaylara nesnel yaklaşmasını zorlaştırabilecek süreçlerdir. Bireylerin varoluşunu içsel olarak değil de beğenilere, yorumlara, takipçi sayılarına ve aidiyet kurdukları dijital grupların beklentilerine göre şekillendirmesi, Bowen’ın “sahte benlik” kavramıyla; kendi özgün düşüncesini üretmeyip grubun duygusuna sorgusuz bir şekilde uyum sağlama eğilimi ise “fusion” kavramıyla birlikte özetlenebilir (Bridge, 2019).

Bireysel düzeyde gözlemlenen sınır kaybı ve dış onaya bağımlılık, iletişim ağlarının hızlarıyla birleştiğinde daha farklı büyük bir boyut kazanabilir. Dijital ortamlarda saniyeler içerisindeki gündem değişimi, hızca yayılan yanlış bilgiler, öfke dolu paylaşımlar ve linç kültürü toplum genelinde kronik bir kaygı atmosferini beslemektedir. İnsanların sakin ve rasyonel bir şekilde kalmaları yerine dürtüsel ve tepkisel davranışlar sergilemeye yatkınlaştığı bu ortamlar, Bowen'ın "toplumsal gerileme" olgusuyla bağlantılı olarak yorumlanabilir.

Bütün bu kuramsal değerlendirmeler, ruh sağlığı alanında ve psikolojik danışma uygulamalarında farklı ve yeni bakış açılarının benimsenmesini gerektirmektedir. Dijital çağdaki psikolojik danışma süreci, danışanın sadece ekran başında geçirdiği süreye indirgeyip buna odaklanmamalı bunun ötesine geçmelidir. Bunun yerine danışanın sosyal medyada yaşamış olduğu dış onay ihtiyacı, sosyal olarak karşılaştırma eğilimleri, hissettiği kronik kaygı, maruz kaldığı grup baskısı, öfke davranışı ve sergilediği reaktif davranış örüntüleri özellikle dikkate alınmalıdır (Avci vd., 2025).

Günümüz dijital dünyasında farklılaşmış benlik, sadece aile ve yakın diğer ilişkilerde değil, sosyal medyadaki korunması ve güçlendirilmesi gereken temel bir psikolojik kapasite olarak görülmelidir.

KAYNAKÇA

- Avci, H., Baams, L., & Kretschmer, T. (2025). A systematic review of social media use and adolescent identity development. *Adolescent Research Review*, 10, 219–236. <https://doi.org/10.1007/s40894-024-00251-1>
- Bak, P. de P., & Weed, E. (2025). Sharing, commenting, and reacting to Danish misinformation: A case study of cognitive attraction on Facebook. *Nordicom Review*, 46(1), 55–75. <https://doi.org/10.2478/nor-2025-0003>
- Bilgici, C. (2023). Yapay zekâ ve algoritmik kültür bağlamında sosyal medya deneyiminin geleceği üzerine bir değerlendirme. *Yeni Medya Elektronik Dergisi*, 7(3), 216–237.
- Bridge, E. N. (2019). Review of a case study in light of Bowen theory: Differentiation of self. *Life Skills Journal of Psychology*, 3(5), 65–72. <https://doi.org/10.31461/ybpd.556080>
- Chitra, U., & Musco, C. (2020). Analyzing the impact of filter bubbles on social network polarization. *Proceedings of the 13th ACM International Conference on Web Search and Data Mining*, 115–123. <https://doi.org/10.1145/3336191.3371825>
- Cinelli, M., De Francisci Morales, G., Galeazzi, A., Quattrociocchi, W., & Starnini, M. (2021). The echo chamber effect on social media. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 118(9), e2023301118. <https://doi.org/10.1073/pnas.2023301118>
- Engelmann, S., Scheibe, V., Battaglia, F., & Grossklags, J. (2022). Social media profiling continues to partake in the development of formalistic self-concepts. Social media users think so, too. *Proceedings of the 2022 AAAI/ACM Conference on AI, Ethics, and Society*, 1–15. <https://doi.org/10.1145/3514094.3534192>
- Ergül, G., & Şahin, K. (2025). Dijitalleşen tüketim toplumunda sosyal medyanın rolü. *Kırıkkale Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 15(1), 353–370.
- Gendelman, L., Peleg, O., & Hadar, E. (2026). From family patterns to eating disorder risk: The role of social media, appearance ideals, and body image among emerging and young adults. *Nutrients*, 18(10), 1497. <https://doi.org/10.3390/nu18101497>
- Gümüşlü, A. U., & Kahraman, S. (2025). Investigating revenge and loneliness as predictors of online trolling behavior in social media users. *Discover Psychology*, 5(66). <https://doi.org/10.1007/s44202-025-00407-7>
- Hollenbaugh, E. E. (2021). Self-presentation in social media: Review and research opportunities. *Review of Communication Research*, 9, 80–98. <https://doi.org/10.12840/ISSN.2255-4165.027>
- Interian, R., Marzo, R. G., Mendoza, I., & Ribeiro, C. C. (2023). Network polarization, filter bubbles, and echo chambers: An annotated review of measures and reduction methods. *arXiv*. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2207.13799>
- Kaplan, K., & Ertürk, E. (2012). Dijital çağ ve bireyin ideolojik aygıtları. *The Turkish Online Journal of Design, Art and Communication*, 2(4), 7–12.
- Keijzer, M. A., & Mäs, M. (2022). The complex link between filter bubbles and opinion polarization. *Data Science*, 5, 139–166. <https://doi.org/10.3233/DS-220054>

- Kurşuncu, M. A., Griffiths, M. D., Baştamur, Ş., & Şal, F. (2023). Triangling in family of origin, internet addiction, and social media addiction: What is the role of experiential avoidance in the relationship?. *International Journal of Mental Health and Addiction*. <https://doi.org/10.1007/s11469-023-01221-9>
- Magalhães, J. C., & Yu, J. (2022). Social media, social unfreedom. *Communications*, 47(4), 553–571. <https://doi.org/10.1515/commun-2022-0040>
- Marin, L. (2025). Becoming oneself online: Social media platforms as environments for self-transformation. *Humanities & Social Sciences Communications*. <https://doi.org/10.1057/s41599-025-04495-7>
- Mertek, S. (2024). Dijitalleşme ve demokrasinin krizi. *Muhafazakâr Düşünce Dergisi*, 20(67), 38–58.
- Rodiloso, E. (2024). Filter bubbles and the unfeeling: How AI for social media can foster extremism and polarization. *Philosophy & Technology*, 37(71). <https://doi.org/10.1007/s13347-024-00758-4>
- Zillich, A. F., & Wunderlich, A. (2024). The impact of social norms on adolescents' self-presentation practices on social media. *Social Media + Society*, 10(4), 1–15. <https://doi.org/10.1177/20563051241299829>

ART-BASED PRACTICES IN COUPLE AND FAMILY THERAPY: A SYSTEMATIC REVIEW*ÇİFT VE AİLE TERAPİLERİNDE SANAT UYGULAMALARI: SİSTEMATİK BİR DERLEME***Doç. Dr. Meral SERT**

Marmara Üniversitesi, Atatürk Eğitim Fakültesi, Eğitim Bilimleri Bölümü

ORCID: 0000-0003-0065-8913

Eslem Meryem YILDIRIM

Yüksek Lisans Öğrencisi, Marmara Üniversitesi, Atatürk Eğitim Fakültesi, Eğitim Bilimleri Bölümü

ORCID: 0009-0001-0953-7395

ABSTRACT

Couple and family therapy, a widespread practice in today's world, can be conducted by integrating the therapeutic context of art with the family environment. This study aims to contribute to future research by systematically framing existing academic studies, interventions, and expert opinions from both national and international literature regarding art-based practices in the field of couple and family therapy within an evidence-based framework. Accordingly, the study was conducted in accordance with the PRISMA (2020) methodology. The study systematically reviewed (1) current literature published between 2021 and 2026, (2) focusing on art interventions and expert opinions within the context of couple and family therapy, also (3) studies in English and Turkish. Outdated studies, art therapy applications conducted solely on an individual basis outside the targeted sample, and non-intervention studies such as systematic reviews and book reviews were excluded. By examining various international and national databases, the study ultimately reached 15 studies.

The current international literature indicates that art interventions within the family system, as well as in couple and dyadic relationships (parent-child), provide opportunities for both externalization and concretization by establishing a nonverbal channel of communication. It has been observed that art's reflective function creates a shared space within family system relationships, allowing unexpressed, unseen, or repressed emotions and thoughts to surface and find a safe place to be acknowledged. It has been found that art interventions establish a structure that contributes to the family's well-being and resilience. However, empirical studies in this area are quite limited in the national literature. These findings highlight the need to diversify research in the Turkish literature.

Keywords: Family Art Therapy, Art Therapy, Couple Therapy, Parent-Child Relationship, PRISMA**ÖZET**

Günümüzde yaygın bir pratik olan çift ve aile terapileri, sanatın terapötik bağlamını aile ortamıyla buluşturarak icra edilebilmektedir. Bu çalışma, çift ve aile terapileri düzleminde yapılmış olan sanat temelli uygulamalara yönelik hem ulusal hem de uluslararası literatürdeki mevcut akademik çalışmaları, müdahaleleri ve uzman görüşlerini kanıta dayalı bir yapıda çerçevelendirerek gelecekteki araştırmalara katkıda bulunmayı hedeflemektedir. Bu doğrultuda çalışma, PRISMA (2020) metodolojisine uygun şekilde yürütülmüştür. Çalışmada; (1) 2021-2026 yılları arasında yayınlanmış güncel literatürdeki (2) çift ve aile terapilerini kapsayarak sanat müdahalelerini ve uzman görüşlerini konu edinmiş (3) İngilizce ve Türkçe çalışmalar sistematik olarak incelenmiştir. Güncel olmayan ve hedeflenen örneklem dışındaki salt birey bazında yapılmış sanat terapisi uygulamaları ile sistematik derlemeler, kitap incelemeleri gibi müdahale içermeyen çalışmalar dahil edilmemiştir. Çalışmada çeşitli uluslararası ve ulusal veri tabanları incelenerek nihai olarak 15 çalışmaya erişilmiştir.

Güncel uluslararası literatür; aile sistemi, çift ve diyalik (ikili) ilişkiler (ebeveyn-çocuk) kapsamındaki sanat müdahalelerinin, sözel olmayan bir iletişim kanalı oluşturarak hem bir dışsallaştırma hem de somutlaştırma imkânı tanıdığını göstermektedir. Sanatın yansıtıcı işlevinin aile sistemindeki ilişkilerde ortak bir paylaşım alanı oluşturduğunu ve bu doğrultuda ifade edilemeyen, görülmeyen veya bastırılan duygu ve düşüncelerin yüzeye çıkarak güvenli bir zeminde kendilerine yer bulduğu görülmüştür. Temelde ailenin iyi oluşunu ve dayanıklılığını destekleyerek katkıda bulunan bir yapı ortaya koyduğu saptanmıştır. Ancak ulusal literatürde bu kapsamdaki ampirik çalışmalar oldukça sınırlıdır.

Bu bağlamdaki bulgular Türkiye literatüründeki çalışmaların çeşitlendirilmesi hususunu ortaya koymaktadır.

Anahtar Kelimeler: Aile Sanat Terapisi, Sanat Terapisi, Çift Terapisi, Ebeveyn-Çocuk İlişkisi, PRISMA

GİRİŞ

Günümüz modern toplumunun yapısındaki sosyo-kültürel ve psikolojik değişimler, beraberinde toplumun dinamiklerinin de dönüşmesine sebep olmuştur (Yıldırım, 2021). Bu değişim ve dönüşümler aile, çift ve ebeveyn-çocuk ilişkisinin de yeniden şekillenmesine yol açmıştır (Algan, 2016). Dinamiklerin bu boyutlarda farklılaşması paralel olarak ailenin yapısını, sosyal etkileşim ve iletişimlerini ve de ruh sağlığını hem doğrudan hem de dolaylı olarak etkilemektedir. Bu noktada aile terapileri ön plana çıkmaktadır (Boyacı, 2023).

Aile terapileri, aileyi bir sistem olarak ele almaktadır. Bu sistem kendi içerisinde duygusal, ruhsal ve davranışsal güçlükler yaşadığında bunun sistemdeki kişilerarası ilişkilerle alakalı olduğu ve çözümün de bu ilişkisel bağlamın düzenlenmesiyle sağlanabileceği argümanları aile terapilerinin temelini oluşturmaktadır. Bu yaklaşımdaki terapilere “Sistemik Aile Terapileri” denmektedir (Boyacı, 2023). Sistemik bir anlayışta olan ve sanatın terapötik bağlamı ile aileyi terapi ortamında buluşturan terapi yöntemi “Aile Sanat Terapisi” olarak adlandırılmaktadır (Shalmon ve ark., 2012).

Esasında sanat terapisi, Amerikan Psikolojik Derneği [APA] (2018) tarafından; psikoterapilerde resim veya kil gibi sanat faaliyetlerinin dahil edilmesiyle yürütülen bir psikoterapi çeşidi ve yöntemi şeklinde tanımlanmaktadır. Sanat terapisinin; bireylerin soyut veya somut yaratıcı bir ürün üretmesine katkı sağlayarak bu ürünü terapötik ortamda bir iletişim aracına dönüştürdüğünü ve bu yolla bireylerin iç görüşü ve farkındalık geliştirdiğini, çatışma ve problem çözmede farklı yollar denemesine teşvik ettiği ifade edilmektedir. Başka bir ifadeyle sanat terapisi terapötik büyüme sağlamak amacıyla bir araç niteliğinde tanımlanmıştır.

Sanatı aile terapilerine entegre ederek ilk defa ailelerle sanat terapisi uygulamaları yapan sanatçı ve aile terapisti Hanna Yaxa Kwiatkowska, Ulusal Ruh Sağlığı Enstitüsü’nde (National Institute of Mental Health [NIMH]) sanat terapisi departmanının yürütücülüğünü yapmıştır. Psikodinamik temelli Nathan Ackermann ve Murray Bowen gibi aile terapisinde öncü isimlerin de görev yaptığı bu enstitüde, alanları farklı pek çok ruh sağlığı uzmanının temel gayesi; bireylerin ailelerindeki karşılıklı etkileşimsel transaksyonlarında, şizofreniye yönelik psikodinamik bir yorumu ortaya koymaktır. Bu yorumu ortaya koyma çabaları, aile üyelerini bir bütün olarak terapi sürecine dahil ettikleri sistemik anlayışı doğurmuştur. Kwiatkowska’nın buradaki çalışmaları, sanatın aileler için farklı bir iletişim yolu oluşturmaya ve üyelerin kendilerini sistem içerisinde yeni bir ifade türüyle dışa vurmalarına yardımcı olmuştur. Ayrıca bu yöntem ile ailenin dinamiklerini anlamanın ve ailenin bir bütün olarak nasıl işlediğini görmenin mümkün olması terapistin danışanını ve ailesini gözlemlemesine imkân vermiştir (Kwiatkowska, 2001).

Kwiatkowska’nın ifadelerine göre (2001) aile sanat terapisi, beklenmedik bir şekilde ortaya çıkmıştır. Enstitüdeki hastalarla bire bir sanat terapileri yapan Kwiatkowska; hastalarını ziyarete gelen hasta yakınlarının hastaların isteği üzerine oturumlara katılmaları ve kendi sanat çalışmalarını yakınlarına göstermek istemesiyle tüm aile üyelerinin sanat oturumunda bir araya geldiğini belirtmiştir. Hastanın ailesiyle etkileşimi sonucu ortaya çıkan sanat çalışmalarında çeşitli ve ilgi çekici terapötik malzemelerin aile dinamiklerini açığa vurduğunu ifade ederek bu uygulamalarla sık sık aileleri bir araya getirmenin nasıl olabileceği sorusunu sormuştur. Böylelikle bu uygulamayı yapılandırılmış terapi müdahalelerine dönüştürmeye karar vermiştir. Kwiatkowska bu terapide temel hedefin, üyelerin spontane olarak kendilerini ifade etmesi olduğunu belirtmiştir. Kwiatkowska’ya göre sözel terapilerle karşılaştırıldığında Aile Sanat Terapisi; aile sisteminin daha az gard alarak ve kendisini savunmaya geçmeyerek aile içi dinamikleri ve yapısal özellikleri (gruplaşma ve bağlılık gibi) ortak sanat ürününe yansıtmasında etkili ve de güvenli bir alan açmaktadır.

Aile Sanat Terapisinde dinamo ve öncü bir isim olan Helen B. Landgarten (1981) ise sanatın, terapistin danışanı gözleriyle dinleyebilmesine imkân veren bir araç olduğunu belirtmektedir. Bu minvalde terapötik bir kanala dönüşen sanat; duygu, düşünce ve davranışın ifade edilmesinde pek çok yolun kullanılabildiği önemli bir terapötik tekniğe dönüşmektedir. Bir disiplin olarak ise bireylerin farklı yollarla kendilerini yansıtmasında yardımcı olarak çeşitli modaliteleri sayesinde uygulama alanı geniş

bir temel oluşturmaktadır. Bu doğrultuda; müzik, resim, dans, drama, kil, şiir ve hikâye gibi kanallar sanat terapisinde kullanılabilmektedir (Özdal, 2023).

Río Diéguez ve arkadaşları (2024) yaptıkları çalışmada alan uzmanlarıyla görüşerek sanat terapisinin çeşitli terapötik faydalarını araştırmışlardır. Uzmanların ortak fikirleri; sanat terapisinin regüle edici, danışanların anlatısını kolaylaştıran veya yeniden şekillendiren, anlatılarını anlamlandıran, iyi oluşlarını arttıran ve sözel yollarla ulaşılması zor olan danışanlarda destekleyici olduğu şeklinde belirtilmiştir. Nitekim Lusebrink & Alto (2004), sanat terapisinin; zihinsel, duygusal ve fiziksel iyileşmenin desteklenmesinde, bilişsel ve duygusal gelişimin güçlendirilmesinde ve fiziksel rehabilitasyon süreçlerinde de etkili olabileceğini ifade etmektedirler.

Söz konusu avantajları ele alındığında ailelerle de yapılan sanat temelli terapötik çalışmaların literatürde kendine yer bulduğu görülmüştür. Ancak uluslararası literatürde bu kapsamda yapılan çalışmaların ulusal literatüre göre daha yaygın olduğu gözlenmiştir. Farklı kültürlerde farklı pratik ve yöntemlerle icra edilen aile sanat terapisinin bu pek çok boyuttaki uygulama alanlarının nasıl olduğu ve terapötik çıktılarının aile sistemlerine olan etkileri merak konusu olmuştur. Nitekim ulusal literatürümüze bu terapötik yaklaşımın bir sistematik derleme şeklinde kazandırılmasının ve yeni bir yöntem olarak referans kaynağı şeklinde sunulmasının önemli olduğu düşünülmektedir. Bu gerekçelerle çift ve aile terapileri düzleminde yapılmış olan sanat temelli uygulamalara yönelik hem ulusal hem de uluslararası literatürdeki mevcut akademik çalışmaları, müdahaleleri ve uzman görüşlerini kanıta dayalı bir yapıda çerçevelendirerek gelecekteki araştırmalara katkıda bulunmak hedeflenmiştir.

YÖNTEM

Bu çalışmanın temel amacı çift ve aile terapileri düzleminde yapılmış olan sanat temelli uygulamalara yönelik hem ulusal hem de uluslararası literatürdeki mevcut akademik çalışmaları, müdahaleleri ve uzman görüşlerini kanıta dayalı bir yapıda çerçevelendirerek sistematik bir derleme yapmaktır. Çalışma metodolojisi -çalışmanın hedefine uygun olarak- sistematik derlemeler ve meta-analizler için literatürde sıklıkla başvuru alan "PRISMA 2020" (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses) kılavuzunun kullanılmasıyla oluşturulmuştur (Page ve ark., 2021).

Uygunluk (Dahil Etme ve Dışlama Kriterleri)

Bu sistematik derleme kapsamına dahil edilen çalışmalar için; (1) 2021-2026 yılları arasında yayınlanmış Türkçe ve İngilizce güncel literatürü kapsayan, (2) bağlamı; aile, çift veya ebeveyn-çocuk (ikili) ilişkisi olan sanat terapisi müdahaleleri, (3) nicel araştırmalar ve nitel çalışmalardan olgu sunumları ile bu alanda çalışan uzman perspektiflerini ele alan metodolojideki çalışmalar ve nihayetinde (4) çalışmanın tam metninin erişilebilir olması şartları aranmıştır. Salt birey bazında yapılmış sanat terapileri ile bu kapsamda yapılmış meta-analizler ve sistematik derlemeler çalışmaya dahil edilmemiştir. Teorik derlemeler, kitap incelemeleri, bildiriler ve hedef örneklem (aile, çift veya ebeveyn-çocuk) dışındaki çalışmalar ile 2021 yılı öncesindeki çalışmalar da derlemeye dahil edilmeyerek bu kriterler bütüncül şekilde çalışmanın dışlama kriterlerini oluşturmuştur. Bu uygunluk kriterleri belirlenirken sistematik derlemeler için bir standart olan "PICOS" (Population, Intervention, Comparison, Outcome, Study Design) bileşenleri ve modeli temel alınmıştır (Chandler ve ark., 2019) Tablo 1'de ilgili tablo gösterilmektedir.

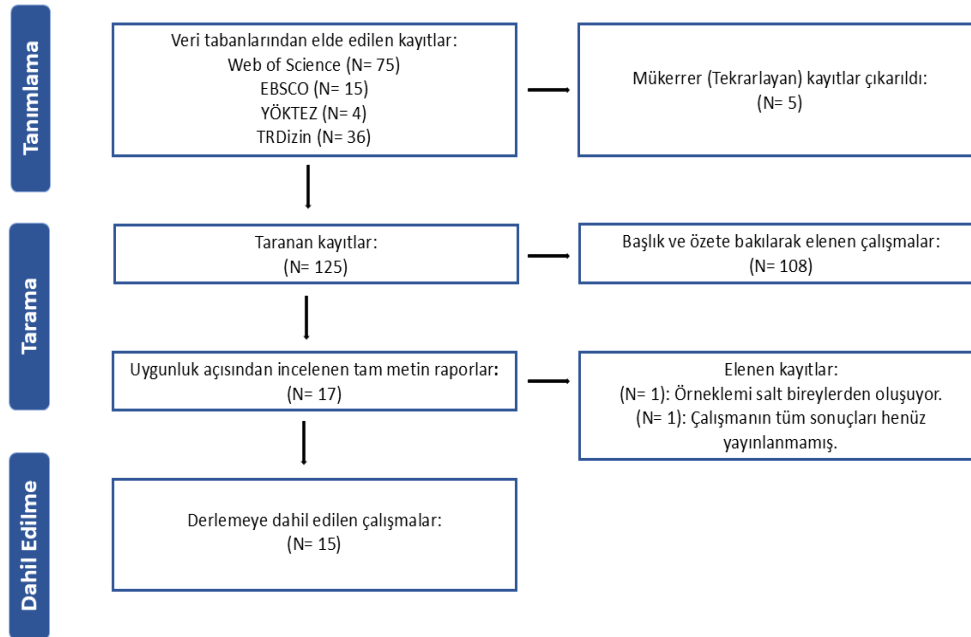
Tablo 1 Çalışmanın Uygunluk Kriterlerine İlişkin PICOS Şablonu

PICOS Bileşeni	Dahil Etme Kriterleri	Hariç Tutma Kriterleri
P (Katılımcı)	Aileler, çiftler veya ebeveyn-çocuk ikilisi	Sadece birey odaklı çalışmalar
I (Müdahale)	Sanat terapisi teknikleri ve dışavurumcu sanat uygulamaları içeren müdahaleler	Sanat terapisi tekniği barındırmayan diğer sistemik aile terapileri

C (Karşılaştırma)	Herhangi bir karşılaştırma grubu bulunmamaktadır.	-
O (Sonuçlar)	Evlilik, çift, aile ve ebeveyn-çocuk dinamiklerine yönelik terapötik çıktılar	Birey bazındaki klinik veya terapötik çıktılar
S (Çalışma Deseni)	Nicel, nitel veya karma yöntemle yürütülmüş hakemli dergilerdeki ulusal-uluslararası akademik çalışmalar ve YÖKTEZ Merkezi kapsamındaki lisansüstü tezler	Kitap bölümleri, bildiriler, derleme çalışmaları

Bilgi Kaynakları ve Arama Stratejisi

Çalışmanın kapsamına giren akademik çalışmalara erişmek ve nitelikli bir sentez yapmak üzere çeşitli veri tabanları ve arama motorları ulusal ve uluslararası düzlemde taranmıştır. Bu noktada Web of Science, EBSCO, TRDizin ve YÖKTEZ bünyesindeki çalışmalara erişmek üzere tarama yapılmıştır. Uluslararası literatüre erişmek hedefiyle çalışmanın bağlamına uygun arama filtreleri kullanılmıştır. (art therapy OR "art therapies" OR "arts therapy" OR "arts therapies" OR "expressive arts"), (family OR couple* OR marital OR marriage OR partner* OR dyad*) şeklinde iki adımlı filtreler uygulanarak hedef akademik çalışmalara ulaşılması amaçlanmıştır. Ulusal literatürde ise “aile terapisi” AND “sanat”, “çift terapisi” AND “dışavurumcu sanat*” şeklinde filtreler uygulanmıştır. Arama filtrelerinde çalışmaların son beş yıl içinde yayınlanmış hakemli dergilerdeki çalışmalar olması ile İngilizce veya Türkçe dillerde tam metninin olmasına dikkat edilmiştir. Veri tabanlarındaki arama işlemi Mayıs 2026 itibarıyla sonlanarak tamamlanmıştır. Uluslararası literatürde 90, ulusal literatürde ise toplam 40 çalışmaya erişilmiştir. Ulaşılan 130 kaynak için mükerrer (duplicate) olan yayınlar herhangi bir otomasyon aracı kullanılmadan özveri ile kaynak setinden ayıklanmıştır. İlgili arama stratejisi “PRISMA 2020 Flow Chart” (Akış Diyagramı) kullanılarak Şekil 1’deki gibi özetlenmiştir (Page ve ark., 2021).



Şekil 1 Çalışmaların Seçim ve Eleme Süreçlerine İlişkin PRISMA Akış Diyagramı

Senteze dahil edilen çalışmaların seçim ve eleme aşamaları Şekil 1’de gösterilmiştir. Veri tabanlarından elde edilen ulusal ve uluslararası kayıtlar nihayetinde 130 çalışmaya ulaşılmıştır. Bu kaynaklar arasında mükerrer kayıtların olduğu görülmüş ve bu kayıtlar çıkartılmıştır. Ardından tarama aşamasına geçilmiş geriye kalan çalışmaların özet ve başlıkları detaylıca incelenmiştir. Uygunluk kriterlerini karşılamayan çalışmalar bu süreçte elenmiştir. Tam metninin incelenmesine karar verilen 17 çalışmanın tamamının tam metnine erişilmiştir. Ancak bu aşamada iki kaynağın daha çalışma kapsamına dahil edilemeyeceği belirlenmiştir. Nihai olarak senteze 15 çalışmanın dahil edilmesine karar verilmiştir.

BULGULAR

Derlemeye dahil edilmiş olan çalışmaların yöntemsel özellikleri ve temel bulguları Tablo 2’de özetlenerek gösterilmektedir.

Tablo 2 Derlemeye Dahil Edilen Çalışmalara İlişkin Çıktıların Özeti

Yazar/Yıl	Çalışmanın Amacı	Örneklem/Çalışma Grubu	Tür/Yöntem	Müdahale	Temel Bulgu
1. Armstrong ve ark. (2025)	0-3 yaş arası çocukları olan aileler için doğa temelli bir grup sanat terapisi programı uygulayarak ailelerin iletişim süreçlerini ve beraber yaratıcı vakit geçirmelerini desteklemek.	Bakım verenleriyle katılan (anne, büyük kardeş vb.) 6 çocuk.	Araştırma makalesi. Uygulama odaklı pilot bir çalışma.	5 hafta süren, açık havada gerçekleştirilen grup temelli bir çalışma.	Ailelerin tamamı olumlu geri dönüşler yaparak müdahale sonucu çocukların özgüvenlerinin arttığını ve kendilerinin de iyi birer oyun eşliğisine dönüştüğünü belirtmiştir.
2. Armstrong & Ross (2023)	Ebeveyn-çocuk bağlamında iyilik hallerini ve bağlanma ilişkilerini desteklemek üzere uygulanan sanat temelli müdahale programı sonucu annelerin deneyimlerini incelemek.	Bağlanma temelli problemlerle çocuklarıyla beraber 50 anne katılmıştır. Nitel araştırmaya yalnızca 29 annenin doldurduğu form sonuçları ve 8 annenin derinlemesine görüşmelerinin analizi dahil edilmiştir.	Araştırma makalesi. Nitel araştırma. Refleksif tematik analiz kullanılmıştır.	12 hafta süren grup temelli bir çalışma.	Anneler, müdahalenin ardından çocuklarını daha iyi anladığını ve ebeveynlik rollerinden daha çok keyif alarak daha özgüvenli hissettiklerini belirtmişlerdir. Sanatın ebeveyn-çocuk ilişkisini destekleyen yapısına vurgu yapılmıştır.
3. Park ve ark. (2023)	Aile sanat terapisi ile terminal evredeki kanser hastaları ve ailelerinin terapi sürecindeki deneyimlerini keşfetmek, aile dayanıklılığını arttırmak.	4 terminal kanser hastası ve 6 aile üyesi olmak üzere toplamda 10 katılımcı.	Araştırma makalesi. Nitel araştırma. Çoklu vaka çalışması.	Psikosibernetik Sanat Terapisine dayalı 4 oturumluk bir çalışma.	Çalışma sonucu 9 tema belirlenmiştir. Müdahalenin ardından katılımcılardan alınan geri dönüşlerde; sanatın pişmanlık ve üzüntü gibi karmaşık duyguların ortaya konmasında bir köprü olduğu ve aile içi destek konusunda yardımcı bir araç olduğu belirtilmiştir.
4. Yang ve ark. (2023)	John Bowlby’nin 4 evreli yas kuramını temele alarak çocuklarını kaybeden yaşlı aileler için sanat terapisinin terapötik etkisini ve bu etkinin günlük yaşama uyum sağlamalarına nasıl yardımcı olduğunu incelemek.	İlk çocuklarını bir hastalıktan ötürü kaybeden anne, baba ve küçük çocuktan oluşan tek bir aile.	Araştırma makalesi. Nitel araştırma. Tek vaka çalışması.	Bowlby’nin yas evreleriyle paralel ilerleyen 19 oturumluk sanat terapisi programı.	Müdahalelerin ardından aile, Bowlby’nin kuramındaki son evreye geçerek iyileşmeye başlamıştır. Sanat terapisi aileye güvenli bir alan açarak acılarını somut bir hale getirmeye fırsat tanımıştır. Bu süreç ailenin iç dünyasının tekrardan anlamlandırılmasına yardımcı olmuş ve ilişki dinamiklerinin

					daha olumlu bir yöne evrildiği vurgulanmıştır.
5. Herman & Chilton (2023)	Travmatik beyin hasarı ve travma sonrası stres bozukluğu yaşayan askerler ve aileleri için tasarlanan Hayvan Güçleri ve Aile Ortamı adlı sanat terapisi programını tanıtmak ve vaka örnekleriyle etkisini açıklamak.	Programın uygulandığı ailelerden seçilen iki aile.	Araştırma makalesi. Nitel bir araştırma. Retrospektif vaka çalışması.	7 aşamalı Hayvan Güçleri ve Aile Ortamı sanat terapisi programı.	Müdahale sonrası, askeri kültürün getirdiği sert tutumlar ile duyguların ifade edilmesinin yerine sessizliğin tercih edildiği davranışsal örüntünün kırılarak aile içi iletişimin desteklendiği, empatinin arttığı ifade edilmektedir. Aile içi çatışmaların güvenli bir ortamda yansıtıldığı belirtilmiştir.
6. Nielsen ve ark. (2021)	Bir çocuk-ergen psikiyatri yatan hasta kliniğinde; aile sanat terapisinin kullanımına ilişkin örnekler sunmak ve bu terapi yönteminin ailelerdeki işlevsel bozuklukları ortaya koymada, ebeveyn-çocuk uyumunu desteklemede etkilerini göstermek üzere vaka örnekleri sunmak.	Yatan hasta servisinde tedavi gören ve ruh sağlığı bozuklukları olan (depresyon, TSSB ve kendine zarar verme davranışı gibi) ergenler ve ailelerinden oluşan 3 vaka.	Araştırma makalesi. Nitel araştırma. Çoklu vaka çalışması.	3, 6 ve 12 seans olmak üzere vakaya göre değişen aile sanat terapisi uygulamaları.	Çalışmanın kuşaklararası aktarılan travmayı ve aile içi işlevsiz örüntüleri yansıtarak bir sağaltım süreci oluşturduğu ifade edilmektedir. Ebeveynlerin kendi ruh sağlıkları konusunda bilinçlendiği ve çocukların kendine zarar verme gibi olumsuz davranışlarının müdahale sonrası azaldığı belirtilmiştir.
7. Meshulam Heskia ve ark. (2025)	Ahşap işçiliği temelli grupla ebeveyn-çocuk sanat psikoterapisine katılan babaların bu deneyime ilişkin öznel deneyimleri ve bu yöntemin oğullarıyla olan ilişkileri hususunda etkilerini incelemek.	10 baba ve yaşları 6 ile 13 arasında değişen oğulları.	Araştırma makalesi. Nitel araştırma. Tematik analiz yapılmıştır.	14 hafta boyunca uygulanan Ahşap İşçiliği ile grup Ebeveyn-Çocuk Sanat Psikoterapisi.	Müdahalenin babaların çocuklarıyla kaliteli zaman geçirmesine ve ilişkilerinin güçlenmesine destek olduğu belirtilmiştir. İş hayatı nedeniyle çocuklarından uzak kalan babaların suçluluk hissettiğini ancak program sayesinde bu hissiyatın hafiflediği ifade edilmiştir.
8. Gavron & Harel (2025)	Ebeveyn-çocuk sanat terapisi kapsamında, terapistin ebeveynlerin yetersiz yönlerinden ziyade onların olumlu yönlerini ve eylemlerini ön plana çıkararak desteklediği "pembe gözlükler" yaklaşımını tanıtmak ve bir vaka üzerinden bu yaklaşımın etkilerini ortaya koymak.	Tek bir aile. Evlat edinilmiş bir çocuk ve annesi.	Araştırma makalesi. Nitel araştırma. Tek vaka çalışması.	Pembe gözlükler yaklaşımıyla yürütülmüş Ebeveyn-çocuk Sanat Terapisi programı.	Terapistin pembe gözlükler yaklaşımı annenin kendisini çocuğu için "iyi bir nesne" olarak algılamasını sağlamış ve ilişkisel bir büyümeyi desteklediği ifade edilmiştir. Nitekim sanat terapinin aile sisteminde kelimelerle dökülmeyen travmatik ve sarsıcı yaşantılar için güvenli bir alan açtığı belirtilmiştir.

9. Treviño (2025)	Meksika’da artan boşanma oranları kapsamında, boşanma sürecindeki aileleri desteklemek üzere anlatsal, sistemik ve bağlanma perspektiflerinden bir sanat terapisi programı uygulamak.	Boşanmış bir çift ve üç çocuğu.	Araştırma makalesi. Nitel araştırma. Tek vaka çalışması.	6 oturumdan oluşan sanat terapisi temelli ortak bir “Aile Kitabı” oluşturma çalışması.	“Aile Kitabı” çalışmasının değişen aile sistemi içinde hem ortak bir anlatı oluşmasına hem de yeni sisteme uymada bir geçiş nesnesi olduğu belirtilmiştir. Bu bağlamda ortak bir sanat ürünü oluşturma ailenin değişen sisteminde yeniden yapılandırılmış bir iletişim örüntüsünü sembolize ettiği ve dayanıklılığı artırarak duygusal bağları güçlendirdiği ifade edilmiştir.
10. Bernhard & Zeevi (2025)	Sanal Gerçeklik (VR) ortamının sanatsal müdahalelerdeki etkisini keşfetmek üzere ortak boyama yöntemiyle 9-12 yaş aralığındaki kız çocuklarının ve annelerinin arasındaki ilişki dinamiklerini incelemek.	16 anne ve kız çocukları.	Araştırma makalesi. Nitel bir araştırma. Tematik analiz yapılmıştır.	Sanal Gerçeklik (VR) ortamında 5 aşamadan oluşan ortak boyama yapma programı. Katılımcılar avatar şeklinde sürece katılmıştır.	Yenilikçi bir sanat terapisi alanı olarak Sanal Gerçeklik ortamının, anneler ve kızları arasında özgür ve de açık etkileşimli bir alan sağlayarak bu ilişkideki dinamikleri (yakınlık seviyeleri, özerklik ihtiyacı ve çatışma gibi) yansıttığı belirtilmiştir. Katılımcıların “şimdi ve burada” bir deneyim yaşamasına alan açmıştır.
11. Amirian ve ark. (2023)	Araştırmacılar tarafından geliştirilen sanat terapisi programının, 7-9 yaş arasındaki çocuklarda karşıt gelme bozukluğu semptomlarının ve bağlanma örüntülerinin üzerindeki etkilerini belirlemek.	Karşıt gelme bozukluğu tanısı olan 24 çocuk ve anneleri. Kontrol ve deney grubu olarak ikiye ayrılmıştır.	Araştırma makalesi. Ön-test ve son-test ölçümlü, kontrol gruplu yarı deneysel nicel bir araştırma.	Araştırmacılar tarafından geliştirilmiş 14 seanslık İkili Sanat Terapisi programı.	Müdahale sonucunda deney grubundaki çocukların bağlanma puanlarında anlamlı ($p < .01$) bir artış görüldüğü ve karşıt gelme bozukluğu semptomlarında ise anlamlı ($p < .05$) bir azalma olduğu belirtilmiştir. Bağlanma örüntülerindeki sorunların çocukların karşıt gelme davranışlarını tetikleyebileceği eklenmiştir. Sanat müdahalesinin sunduğu deneyimsel alanın anne ve çocuk etkileşimindeki güvenli bağlanma için gerekli olan duygusal uyumu tesis edebileceği ifade edilmiştir.
12. Jiang ve ark. (2024)	Çiftlerde doğum sonrası depresyon semptomlarını azaltarak aile içi mutluluklarını güçlendirmede sosyal medya tabanlı sanat terapisi etkinliklerinin etkililiğini belirlemek ve karşılaştırma yapmak.	Kontrol grubu ($n = 79$), dans terapisi ($n = 78$), görsel sanat terapisi ($n = 78$) ve hikâye anlatıcılığı terapisi ($n = 78$) şeklinde gruplarla ayrılan 313 aile.	Araştırma makalesi. Ön-test ve son-test ölçümlü, kontrol gruplu yarı deneysel nicel bir araştırma.	Toplam 20 seansdan oluşan ve WhatsApp uygulamasıyla gerçekleştirilen dans, görsel sanat ve hikâye anlatıcılığı terapi programları.	Araştırmada, her üç müdahalenin de çiftlerde doğum sonrası depresyon semptomlarını azaltmada ($p < .01$) ve aile içi mutluluklarını arttırmada ($p < .05$) anlamlı sonuçlar elde edildiği ifade edilmiştir. Erkek katılımcıların görsel sanat terapilerinde kadın katılımcıların

					ise hikâye anlatıcılığı terapisinde depresyon semptomlarının etkili biçimde azaldığı belirtilerek aile mutluluğunun artmasında dans terapisinin daha etkili olduğu vurgulanmıştır.
13. Ak Örnek (2024)	Araştırmacı tarafından uygulanan sanat terapisi programının evli çiftlerin evlilik uyumu ve mutluluk düzeyleri üzerindeki etkisini incelemek.	Kontrol ($n = 7$) ve deney grubundan ($n = 7$) oluşan 14 katılımcı.	Yüksek lisans tezi. Ön-test ve son-test ölçümlü, kontrol gruplu yarı deneysel nicel bir çalışma.	8 hafta boyunca uygulanan yapılandırılmış Grup Sanat Terapisi.	Müdahale sonrası deney grubunun evlilik uyumu ve mutluluk düzeylerinde anlamlı bir artış görüldüğü ancak evlilik çatışmasında anlamlı bir farkın görülmeyeceği belirtilmiştir. Nitekim deney ve kontrol grubu son test puanlarında da anlamlı bir değişiklik olmadığı eklenmiştir.
14. Fjellfeldt & Rokka (2022)	Uygulayıcı perspektifinden, ilişkisel kriz yaşayan çiftlerle yapılan sanat terapilerinin neden, ne zaman ve nasıl etkili olabileceğini keşfetmek.	7 sanat terapisti/aile danışmanı.	Araştırma makalesi. Nitel araştırma. Tematik analiz yapılmıştır.	Yarı yapılandırılmış görüşmeler.	Araştırma sonucunda; sözel terapide konuşulması danışanlar açısından zor olan konuların sanat terapisiyle somutlaştırılabildiği ve resim yapmak gibi faaliyetlerin yeni bir iletişim kanalı oluşturarak süreci kolaylaştırdığı terapistler tarafından ifade edilmiştir. İlişkilerde olumsuz bir etki bırakarak eşlerin olaylara birbirlerinin gözlerinden bakmasına yardımcı olmaktadır. Ancak bu terapi yönteminin her çift için uygun olmayabileceği de eklenmiştir.
15. Fjellfeldt ve ark. (2026)	Mevcut bir sanat terapi yönteminin (PATd) çiftlerle kullanımını aile danışmanları aracılığıyla test etmek ve bu bağlamda yeni bir yöntem oluşturmak.	10 aile danışmanı.	Araştırma makalesi. Nitel bir araştırma.	Danışmanlarla yapılan odak grup ve bireysel görüşmeler, açık uçlu anketler ve seanslarda üretilmiş sanat ürünleri.	Çalışma sonucunda PATd sanat terapisi yönteminin çiftlerle uygulandığında çeşitli faydaları olabileceği eklenerek uzun süren bir yöntem olduğu vurgulanmış ve bu minvalde aile danışmanlarının geri dönüşleri ve araştırmacıların analizleriyle CATcouples adlı protokol geliştirilerek sunulmuştur. Tüm bu süreçlerde sanat terapisi uygulamalarının çiftlerin ilişki dinamiklerini desteklediği ifade edilmiştir.

Tablo 2’de derlemeye dahil edilen 15 çalışmanın yöntemsel özellikleri ve temel bulgularına ilişkin özet gösterilmektedir.

Çalışmalardan 14'ü uluslararası literatürden araştırma makaleleri olup yalnızca bir tanesi (13.) Türkiye'de yapılmış yüksek lisans tezidir. Çalışmaların metodolojik yönelimleri incelendiğinde üç tanesinin nicel bir araştırma kapsamında yürütülmüş yarı deneysel desendeki çalışmalar olduğu görülmektedir. Geriye kalan 12 çalışmanın tamamının nitel desende vaka çalışmaları/sunumları olduğu görülmektedir. Araştırmaların örnekleme/çalışma gruplarına bakıldığında ise çalışmalardan altı tanesinin ebeveyn-çocuk aile alt sistemine odaklandığı, altı kaynağın aile sisteminin bütününe sanat terapi programlarına dahil ettiği, bir çalışmanın salt evli çiftler ile yapıldığı ve son olarak iki çalışmanın ise uzman görüşlerini kapsadığı saptanmıştır (14. ve 15.)

Tablo 2'de detaylandırılan müdahale süreçleri analiz edildiğinde kullanılan sanat modalitelerinin; resim-çizim ve kil çalışmaları gibi görsel teknikler, ahşap işçiliği gibi üç boyutlu ve dokunsal çalışmalar, kolajlar, yenilikçi ve teknolojik teknikler ile son olarak şiir ve hikâye anlatıcılığı gibi dışavurumcu tekniklerin olduğu değerlendirilmiştir. Çalışmaların tamamının kuramsal bir temele dayanan pratikler olduğu görülmüştür. Senteze dahil edilen 15 çalışmanın temel bulguları ve çıktıları ele alındığında üç temel vurgu göze çarpmaktadır: (i) *sözlü iletişimin tıkandığı noktalarda sanat terapisinin sözsüz bir iletişim kanalı oluşturması*, (ii) *ortak sanat üretimi sayesinde "biz" algısının gelişerek ailelerde ilişkisel bir onarımın yaşanması ve bağlanmada güvenli örüntülere erişilmesi*, (iii) *sanat pratikleriyle sağaltım tesis edilmesi ve bu doğrultuda ailede veya aile alt sistemlerinde psikolojik iyi oluşun desteklenmesi*. Çalışmalardan elde edilen bulgular ile bu vurgular desteklendiğinde sanat terapisinin yalnızca bir etkinlik değil savunmaları ve dirençleri güvenli bir ortam açarak kıran bir çeşit iletişim-etkileşim aracı olduğu düşünülmüştür.

SONUÇ

Bu sistematik derleme çalışmasında çift ve aile terapileri düzleminde yapılmış uluslararası ve ulusal literatürdeki sanat uygulamalarına ve uzman görüşlerine yer verilmiştir. Literatürle paralel olarak sanat terapisinin ailelere ve çiftlere uygulanmasında pek çok terapötik yararın olduğu somut örneklerle açıklanmıştır (Kerr ve ark., 2011; Ricco, 2007). Bu örnekler, aile sistemindeki sözel iletişime bir alternatif olabilecek aile içi iletişimde ve çatışmalarda güvenli bir alan açarak sağaltımı kolaylaştıran sanat terapisi yöntemine dair olguları ve kanıtları sunmaktadır.

Uluslararası literatürde sıklıkla aile, çift ve ebeveyn-çocuk terapi programları kapsamında kullanılan bu yöntemin terapötik faydaları detaylandırılmıştır. Bu çalışmada Öztürk'ün (2025) çalışması ile benzer sonuçlara ulaşılmış ve ulusal literatürümüzde aileler, çiftler ve aile alt sistemleriyle yapılmış sanat terapisi uygulamalarının oldukça kısıtlı olduğu saptanmıştır. Gelişmekte olan bir alan olduğu ele alınarak çift ve aile terapileri düzleminde sanat terapisi uygulamaları yapılmasının hem birey hem de toplumsal bazda faydaları olabileceği düşünülmüştür. Bu minvalde özellikle sözel iletişimi kısıtlı danışanlarla çalışan veya aile içi çatışmaların kronikleştiği durumlarla karşı karşıya kalan alan uzmanlarına yapılandırılmış sanat terapisi programlarının kendi pratiklerine entegre etmeleri tavsiye edilmektedir. Ulusal nitelikteki bu ampirik boşluğun ise ilerideki araştırmalara bir referans kaynağı olabileceği düşünülmüştür. Grup çalışmaları, müdahale programları ve türevi pek çok terapötik çalışmanın tasarlanabileceği de öneri olarak sunulmaktadır. Nitekim bu çalışmanın belirli sınırlılıkları bulunmaktadır. Belirlenen uygunluk kriterlerinin kısıtlı olması, yalnızca dört veri tabanının taranması ve çalışmaların çoğunlukla uluslararası ölçekte olmasıyla ele alınan sanat terapisi uygulamalarındaki bulguların kültürel ve de bağlamsal olarak genellenmesini zorlaştırmaktadır.

KAYNAKÇA

- Ak Örnek, B. (2024). *Sanat terapisi programının evli bireylerin evlilik çatışması, evlilik uyumu ve mutluluk düzeylerine etkisi* [Yüksek lisans tezi, Üsküdar Üniversitesi]. YÖK Ulusal Tez Merkezi.
- Algan, T. (2016). Aile danışmanlığı uygulaması: Dünü, bugünü ve yarını. *İnsan ve Toplum Bilimleri Araştırmaları Dergisi*, 5(7), 2208-2217.
- American Psychological Association. (2018). Art therapy. APA dictionary of psychology içinde. Erişim tarihi 10 Nisan 2026, <https://dictionary.apa.org/art-therapy>
- Amirian, A., Sharifi Daramadi, P., & Asgari, M. (2023). Efficacy of dyad art therapy on attachment component and the symptoms of oppositional defiant disorder. *Journal of Psychological Science*, 21(120), 2365–2381. <https://doi.org/10.52547/JPS.21.120.2365>

- Armstrong, V. G., & Ross, J. (2023). Actually, today was a good day, so today we're doing all right: Parental perspectives on a dyadic group art therapy intervention for parent and infant wellbeing and attachments. *The Arts in Psychotherapy*, 85, 102057. <https://doi.org/10.1016/j.aip.2023.102057>
- Armstrong, V. G., McFarland, G., & Ramm, A. (2025). Wee art in the Wee Forest: a nature-based community art therapy pilot. *International Journal of Art Therapy*, 30(1), 17–27. <https://doi.org/10.1080/17454832.2024.2404672>
- Bernhard, A., & Shamri Zeevi, L. (2025). "Mom, what are you painting?" Virtual reality assessment of mother–daughter dynamics through joint art-making. *Frontiers in Psychology*, 16, 1597831. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2025.1597831>.
- Boyacı, M. (2023). *Aile danışmanlığı: Kuram, uygulama ve araştırma* (5. Baskı). Pegem Akademi Yayıncılık.
- Chandler, J., Cumpston, M., Li, T., Page, M. J., & Welch, V. J. H. W. (2019). Cochrane handbook for systematic reviews of interventions. *Hoboken: Wiley*, 4(1002), 14651858.
- Fjellfeldt, M., & Rokka, D. (2022). Practitioner perspectives on art therapy with couples in relational crisis: a qualitative exploration. *International Journal of Art Therapy*, 27(4), 152–158. <https://doi.org/10.1080/17454832.2022.2096087>
- Fjellfeldt, M., Rokka, D., & Blomdahl, C. (2026). What is useful? Exploring art therapy interventions when supporting couples with concerns. *Art Therapy*, 43(1). <https://doi.org/10.1080/07421656.2025.2604712>
- Gavron, T., & Harel, J. (2025). Parent-child art therapy: Strengthening parents' representations of the 'good object' through the 'rose-colored glasses' approach. *The Arts in Psychotherapy*, 96, 102363. <https://doi.org/10.1016/j.aip.2025.102363>.
- Herman, J., & Chilton, G. (2023). Art therapy with military families: The animal strengths and family environment directive. *The Arts in Psychotherapy*, 83, 102016. <https://doi.org/10.1016/j.aip.2023.102016>
- Jiang, X., Anselm, A. U., Agujiobi-Odoh, N., Erojikwe, I., Ekwueme, O., Ohaja, E. U., & Gever, V. C. (2024). Social media-based dance, storytelling and visual art therapies as communication and counselling interventions for reducing postpartum depression and strengthening family happiness. *Current Psychology*, 43, 29764–29772. <https://doi.org/10.1007/s12144-024-06566-5>.
- Kerr, C., Hoshino, J., Sutherland, J., Parashak, S. T., & McCarley, L. L. (2011). *Family art therapy: Foundations of theory and practice*. Routledge.
- Kwiatkowska, H. Y. (2001). Family art therapy: Experiments with a new technique. *American Journal of Art Therapy*, 40(1), 27.
- Landgarten, H.B. (1981). *Clinical Art Therapy: A Comprehensive Guide* (1st ed.). Routledge. <https://doi.org/10.4324/9780203776100>
- Lusebrink, V. B., & Alto, P. (2004). Art therapy and the brain: An attempt to understand the underlying processes of art expression in therapy. *Art Therapy*, 21(3), 125–135. <https://doi.org/10.1080/07421656.2004.10129496>
- Meshulam Heskia, S., Regev, D., Gabriely Adler, M., & Saranga, N. (2025). Fathers' experiences of group parent – child art psychotherapy with woodworking. *International Journal of Art Therapy*, 1–8. <https://doi.org/10.1080/17454832.2025.2483666>
- Nielsen, F., Feijo, I., Renshall, K., & Starling, J. (2021). Family art therapy: A contribution to mental health treatment in an adolescent inpatient setting. *Australian and New Zealand Journal of Family Therapy*, 42(2), 145–159. <https://doi.org/10.1002/anzf.1449>
- Öztürk, H. (2025). Aile ve Sanat Terapisi: Disiplinler Arası Araştırmalar Üzerine Bibliyometrik Analiz. *Doğu Karadeniz Sağlık Bilimleri Dergisi*, 4(4), 324–337.
- Page, M. J., McKenzie, J. E., Bossuyt, P. M., Boutron, I., Hoffmann, T. C., Mulrow, C. D., Shamseer, L., Tetzlaff, J. M., Akl, E. A., Brennan, S. E., Chou, R., Glanville, J., Grimshaw, J. M., Hróbjartsson, A., Lalu, M. M., Li, T., Loder, E. W., Mayo-Wilson, E., McDonald, S., McGuinness, L. A., ... Moher, D. (2021). The PRISMA 2020 statement: An updated guideline for reporting systematic reviews. *International journal of surgery (London, England)*, 88, 105906. <https://doi.org/10.1016/j.ijsu.2021.105906>

- Park, N., Na, I. I., & Kwon, S. (2023). Art therapy in patients with terminal cancer and their families: A multiple case study. *Journal of Hospice and Palliative Care*, 26(4), 171–184. <https://doi.org/10.14475/jhpc.2023.26.4.171>
- Ricco, D. L. (2007). *Evaluating the use of art therapy with couples in counseling: A qualitative and quantitative approach*. The Florida State University.
- Río Diéguez, M. d., Peral Jiménez, C., Sanz-Aránguez Ávila, B., & Bayón Pérez, C. (2024). Art therapy as a therapeutic resource integrated into mental health programmes: Components, effects and integration pathways. *The Arts in Psychotherapy*, 91, Article 102215. <https://doi.org/10.1016/j.aip.2024.102215>
- Shalmon, M., McLaughlin, H., & Keefler, J. (2012). The use of art in couples and family therapy. *Intervention, la revue de l'Ordre des travailleurs sociaux et des thérapeutes conjugaux et familiaux du Québec*, 137(2), 37-46.
- Treviño, A. L. (2025). Creative rituals: Family art therapy in the context of divorce in Mexico. *Journal of Marital and Family Therapy*, 52: 1–10. <https://doi.org/10.1111/jmft.70107>.
- Yang, S. A., An, S. H., Kim, C. H., & Kim, M. S. (2023). An Analysis of John Bowlby's Mourning Stages in Family Art Therapy as a Way to Help the Family Mourning Process. *Journal of hospice and palliative care*, 26(2), 27–41. <https://doi.org/10.14475/jhpc.2023.26.2.27>
- Yıldırım, İ. (2021). Neoliberal küreselleşme ve ailenin dönüşümü. *Siirt Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 9(1), 98-120.

**GLİKO ALTIN NANOPARTİKÜL VE GLİKONANOTEKNOLOJİ UYGULAMALARI İÇİN
YENİ 2-TİP TİYO-GLUKOZ SENTEZİ VE KARAKTERİZASYONLARI***SYNTHESIS AND CHARACTERIZATION OF TWO NOVEL THIO-GLUCOSE DERIVATIVES FOR
GOLD GLYCONANOPARTICLE AND GLYCONANOTECHNOLOGY APPLICATIONS***Tolga ÖZEL**

Ege University, Faculty of Science, Chemistry Department, 35100 Bornova, Izmir, Turkey
ORCID:ID/0009-0004-0478-8189

Assoc. Prof. Dr. Gökhan KÖK

Ege University, Faculty of Science, Chemistry Department, 35100 Bornova, Izmir, Turkey
ORCID:ID/0000-0002-7536-578X

Prof. Dr. Yeşim Gül SALMAN

Ege University, Faculty of Science, Chemistry Department, 35100 Bornova, Izmir, Turkey
ORCID:ID/0000-0003-2731-6497

Abstract

Nanostructures play a crucial role within the realms of science and technology. Especially within the realm of pharmacology, their employment as drug carrier systems is highly prevalent, with their functional properties subject to ongoing optimization. Driven by the rapid development of nanotechnology, research has increasingly focused on the synthesis of various nanostructures. Gold nanoparticles represent one of the most prominent nanostructures yielded by these investigations. Due to their robust fluorescence properties, gold nanoparticles exhibit successful and improvable therapeutic effects as bioimaging agents, as well as in photothermal and photodynamic therapy applications. In addition, nanoparticles and hybrid organic/gold nanoparticles hold significant promise for applications in biodiagnostics and site-specific targeted therapy. Nevertheless, AuNPs alone are unstable under diverse physiological conditions. Additionally, their translocation through specific biological membranes and cell surfaces remains highly difficult. In addition, their efficacy in target cell recognition is insufficient. To seamlessly exploit the extraordinary properties of gold nanostructures, their outer surfaces must be recognized by living tissues, capable of crossing membrane barriers, and able to bind to specific receptors. To achieve this, gold nanostructures must be conjugated with amino acids, proteins, and carbohydrates. To overcome these limitations, current research has increasingly focused on the design and synthesis of novel glyconanoparticulate structures. In particular, surface modifications of gold nanoparticles with mono- and oligosaccharides not only impart colloidal stability to the nanostructures but also render them highly suitable for drug delivery and transport applications by encapsulating therapeutic agents such as drugs or genes. Within the scope of this study, two novel thiol-functionalized carbohydrate derivatives incorporating various spacer arms were synthesized for subsequent conjugation onto gold nanoparticles. For this purpose, diacetone-D-glucose was initially synthesized, followed by the conjugation of alkyl chains with 4- and 6-carbon lengths bearing thiol functional groups. Consequently, candidate compounds with appropriate potential were obtained to yield gold nanoparticles masked with carbohydrate moieties via these thiol functional groups.

Keywords: Gold nanoparticles (AuNPs), Glyconanoparticles (GNPs), Gold glyconanoparticles

Özet

Nano yapılar bilim ve teknoloji alanında oldukça önemli bir yere sahiptir. Özellikle farmakoloji alanında ilaç taşıyıcı sistem olarak kullanımı yaygın ve kullanım özellikleri sürekli olarak geliştirilmektedir. Nanoteknolojinin hızlı gelişimi ile çeşitli nano yapıların sentezi çalışmalarına da yönelim artmıştır. Bu çalışmalar ile elde edilen nano yapılar arasında önemli olanlardan biriside altın nanopartiküllerdir. Altın nanopartiküller; güçlü floresans özellikleri sayesinde, biyo görüntüleme ajanı, fototermal ve fotodinamik tedavi yöntemlerinde, başarılı ve geliştirilebilir olumlu etkilere sahiptir. Ayrıca nanopartiküller ve hibrit organik/altın nanopartiküller biyoteşhis ve hedeflenmiş bölgede terapi alanında büyük önem taşımaktadır.

Fakat AuNP'ler tek başlarına, çeşitli fizyolojik şartlarda stabil değildir. Ayrıca bazı biyolojik membran ve zar yüzeylerine girişimlerinde oldukça zordur. Bunlara ek olarak hedef hücre tanınmasında etkinliği yetersizdir. Altın nanopartikül yapıların sahip olduğu olağanüstü özelliklerin sorunsuz olarak kullanılabilmesi için, altın nanopartikül yapının dış yüzeyinin canlı doku tarafından tanınabilmesi, yapının membran yüzeyden geçebilmesi, reseptörlere tutunabilmesi gerekmektedir. Bunun için altın nanopartikül yapıların, amino asitler, proteinler ve karbohidrat yapılar ile bağlanması gerekmektedir. Bu sorunların üstesinden gelebilmek amacıyla günümüzde birçok yeni glikonopartiküler yapının tasarlanıp sentezlenmesi çalışmalarına yönelim gerçekleşmiştir. Özellikle gold nanopartiküllerin mono ve oligosakkaritlerle yapılan yüzey modifikasyonları, gold nanopartikül yapılarına hem kolloidal bir kararlılık sağlar, hem de ilaç veya genler gibi terapötik ajanların yüzeylerinin kaplanmasıyla ilaç dağılımı ve taşınması uygulamaları için kullanışlı olmalarını sağlamaktadır. Çalışma kapsamında, çeşitli aralayıcı gruplar üzerinden tiyol grubu barındıran ve altın nanopartiküllere bağlanabilecek iki yeni karbohidrat bileşiği sentezlenmiştir. Bu amaçla önce Diaseton-D-Glukoz sentezlenmiş, sonrasında bu bileşiğe 4 ve 6 karbon sayılı ucu tiyol fonksiyonel grubu içeren alkil zincirleri bağlanmıştır. Böylece tiyol fonksiyonel grupları üzerinden karbohidrat bileşikleriyle maskelenmiş altın nanopartikül bileşikler elde etmek için uygun potansiyelli bileşikler elde edilmiştir.

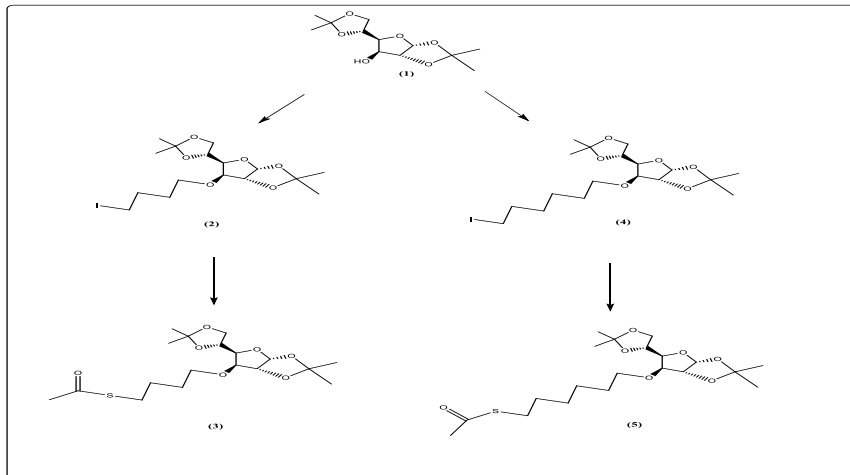
Anahtar kelimeler: Altın nanopartikül, Gliko nanopartikül, Gliko altın nanopartikül

1.GİRİŞ

Nanoteknoloji, bilim ve teknoloji alanında artan bir ivmeyle büyüyen çok önemli bir alan olmaktadır. Nano yapıların, ilaç taşıyıcı sistem olarak kullanım alanı oldukça yaygındır. Özellikle kanserli hücre tedavi sürecinde kullanılacak bazı ilaçların taşınması için nanopartiküler ilaç taşıyıcı sistemler kullanılmakta ve bu konu üzerine yoğun çalışmalar yapılmaktadır (Chan ve ark., 2010). Nanoteknolojinin, biyoloji ve tıp bilimindeki gelişime paralel olarak gelişim göstermesi farklı çeşitlerde nanomateryal elde edilmesi çalışmalarına teşvik etmiştir. Bu çalışmalar sonucunda altın, gümüş, kobalt, demir, bakır, platin gibi nanopartiküler maddeler üretilmiştir. Üretilen bu nanopartikül çeşitleri arasında altın nanopartiküller (AuNP), farmasötik alanda sahip olduğu optik ve Yüzey Plazma Rezonans (SPR) özelliklerinden dolayı diğer nanomateryallerden daha çok tercih edilen ilaç taşıyıcı sistemler olarak kullanılmaktadır (Dykman ve Khlebtsov, 2016). Altın nanopartikül yapılar sahip oldukları yüzey kimyası ile, biyomedikal çalışmalar için oldukça uygun hale gelmiştir. AuNP'lerin yüzeyi, fosfatlar, aminler ve özellikle tiyoller gibi fonksiyonel gruplar içeren biyomakro veya biyomikro moleküller ile kolayca modifiye edilebilmektedir (Mirkin ve ark., 2010). AuNP'lerin yüzey modifikasyonlarıyla oluşturulmuş multifonksiyonel yapılar; biyosensör, görüntüleme ajanı, ilaç taşıyıcı sistem, hedef tümörü öldürme gibi çeşitli amaçlar için kullanılabilmiştir (Guo ve ark., 2017). Fakat AuNP'ler, çeşitli fizyolojik şartlarda stabil olmamaları, bazı biyolojik membran ve zar yüzeylerine girişimlerinin zor olması ve yetersiz hedef hücre tanınması gibi handikaplara sahip olmaları nedeniyle bazı çözülmesi gereken sorunlar mevcut hale gelmiştir. Bu sorunların üstesinden gelebilmek amacıyla günümüzde birçok yeni glikonopartiküler yapının tasarlanıp sentezlenmesi çalışmalarına yönelim gerçekleşmiştir. İlk altın glikonopartiküller, disakkarit olan laktozun veya trisakkarit Lewis X'in (Gal β 1-4[Fuca1-2]GlcNAc β 1, Lex) tiyol uçlu glikokonjugatlarının metanolik veya sulu çözeltisinin eklenmesiyle tek adımlı bir yöntemle elde edilmiştir (Fuente ve ark., 2001). Bu GNP'ler, Lex antijeni yoluyla karbohidrat-karbohidrat etkileşiminin seçici olarak kendini tanımasını araştırmak için hazırlanmıştır ve bu metodoloji, küresel şekle sahip çok çeşitli, suda çözünür ve çok değerlikli karbohidrat dizilerinin tek adımda hazırlanması için çok yönlü bir yol sağlamaktadır (Barrientos ve ark., 2003). Glikonopartiküller temel glikobiyolojiden klinik uygulamalara kadar çok çeşitli alanlardaki çalışmalar için kullanışlı araçlar sunabilme potansiyeli bulunan, karbohidratlarla türevlendirilmiş yapılardır. Karbohidrat kaynaklı etkileşimler; inflamasyon süreçleri, metastaz, glikoprotein ve patojenik enfeksiyonlar gibi birçok biyolojik olayda önemli roller oynarlar (Narain, 2011). Glikonopartiküllerin, biyokimya, klinik biyoloji alanlarındaki önemini anlatan önemli örnekler mevcuttur. Son zamanlarda sinir sistemi bozukluklarını tedavi etmek için yeni glikonopartikül materyaller geliştirilmiş ve bazı biyomedikal problemlere yaklaşmak için klinik öncesi çalışmalarda uygulanmıştır (Orive ve ark., 2009). Glikonopartiküller, karbohidrat aracılı biyolojik süreçlere müdahale etmek için kullanışlı bir yapıya sahiptir. Mikrobik canlıların hücrelere yapışması, karbohidrat-protein ya da karbohidrat-karbohidrat etkileşimi yoluyla gerçekleşebilir.

Karbohidratların, tanıma sürecindeki önemli rolünün keşfedilmesi, onların bu yapışmayı önleyebilmesi potansiyeline dayalı yeni bir antimikrobiyal tedavi önermiştir. Geleneksel antibiyotiklere karşı bakteriyel direncin arttığı göz önüne alındığında, konak glikokonjugatlarının karbohidrat analoglarına dayalı antimikrobiyal yapışma ajanlarının kullanımı, mevcut antibiyotik bazlı tedavilere olası bir alternatif olarak öngörülmüştür (Sharon, 2006). Ayrıca bu tip özelliklere sahip glikonanopartiküllerin yapımı ve uygulanması çalışmaları mevcuttur. Mikroorganizmanın tespiti ve kontrolünde farklı tipte karbohidrat ile işlevselleştirilmiş nanomateriyallerin uygulanması çalışmaları yapılmıştır (Luo ve Stutzenberger, 2008). Başka bir örnek ise; HIV yayılım sürecini yavaşlatma girişiminde glikonanopartiküller, HIV zarf glikoproteini gp120'nin konakçı reseptörlerle etkileşimdeki rolünü araştırmak için kullanılmıştır. Galaktosil seramid, mukozal membran hücrelerinde eksprese edilen ve bu tür hücrelere viral girişte rol oynayan bir glikofingolipiddir (GSL) (Nolting ve ark., 2003). Dentritik hücrelerde (DC) bulunan ve bu hücreye özgü reseptörlerini hedeflemek üzere tasarlanan manno-GNP'ler, virüsü, transenfeksiyon adı verilen bir mekanizma yoluyla viral replikasyonun gerçekleştiği T lenfositlerine aktarabildiği görülmüştür (Geijtenbeek ve ark., 2000). Ayrıca bu GNP'ler insan tarafından aktive edilen periferik kan mononükleer hücrelerinin DC-SIGN aracılı HIV transenfeksiyonunu nanomlar konsantrasyonlarda inhibe edebilmiştir (Martínez-Ávila ve ark., 2009). Bunlara ek olarak, son zamanlarda, globotrioz işlevselleştirilmiş GNP'ler, globotriaosilseramidi (globotrioz kan ggrubu antijeni) spesifik olarak tanıyan Shiga benzeri toksinlerin pentamerik B alt birimi ile SPR rekabetli bağlanma analizlerinde kullanılmıştır (Chien ve ark., 2008). Yakın kızılötesi floresan boya ile etiketlenmiş hyaluronik asit ile kaplanmış çok işlevli altın GNP'lerin sistematik enjeksiyonu üzerine farelerde artritlik inflamasyon ve insan yumurtalık karsinomu (OVCAR-3) tümörünün in vivo görüntülenmesi sağlanmıştır. Boya ve altın yüzey arasındaki enerji aktarımı yoluyla floresans sönümü, GSMH'ler, reaktif oksijen türlerinin ve hyaluronidazın aşırı eksprese edildiği ve haluronik asit parçalarını sinerjistik olarak bozduğu hedef bölgelere ulaştığında devre dışı bırakılır. Boya salınımı, bu hasatlık durumlarının in vivo floresans görüntüleme yoluyla ultra hassas şekilde tespit edilmesine olanak tanır. Bu sonuçlar, altın nanoprobaların sadece in vitro moleküler ve hücresel görüntüleme sensörleri olarak değil aynı zamanda lokal hyaluronik asit parçalayıcı hastalıkların tespiti için in vivo optik görüntüleme ajanları olarak da kullanılabileceğini göstermektedir (Lee ve ark., 2008). Son olarak, glikonanopartiküllerin moleküler ve hücresel görüntülemeye Globotrioz-GNP'ler, protein için boyuta ve bağlayıcı uzunluğuna bağlı affinite göstermiştir ve B alt ünitesinin hücre lizatlarından saflaştırılması için çok değerlikli probalar olarak kullanılmıştır. Karbohidratları içeren bu etkileşimlerin çoğu yüksek spesifite ve düşük affiniteye sahiptir. Düşük affinite, hücre yüzeyindeki glikobiyolojide önemli bir konu haline gelmiştir. Bu amaçla günümüzde, bu etkileşimlerin mekanizmasını anlamak için, küresel veya doğrusal karbohidrat dizilerini içeren çok çeşitli model sistemler geliştirilmiştir. Tasarlanan bu model sistemler endojen lektinler, bakteriyel toksinler için mükemmel ligand özellikleri göstermiş ve klinik uygulamalar için önemli bir potansiyel sunmuştur (Abadeer ve Murphy, 2016).

2.MATERYAL METOD



Şema 1. 2-Tip Tiyo-Glukoz sentezi

2.1 Genel Metodlar

Karbon-13 NMR (100 MHz) ve ¹H (400 MHz) spektrumlarının kaydında Varian AS 400 cihazı kullanıldı. IR spektrumu kontrolleri, Perkin Elmer Spectrum 100-FT-IR cihazı ile yapıldı. D-Glukoz ve reaktifler Merck ve Glycon firmalarından temin edildi. İşlemler; alüminyum plakalar ve silika jel G-60 kullanılarak kolon kromatografisi ve TLC yöntemleriyle gerçekleştirildi. Kolon kromatografisi sırasında kullanılan çözücüler, deneyin yapıldığı ilgili bölümlerde belirtilmiştir. Tüm kimyasal deneyler inert gaz (Argon) altında yürütüldü ve uçucu bileşenler evaporatörde vakum altında uzaklaştırıldı.

2.2 Sentezler

2.2.1 1,2:5,6-O-izopropiliden- α -D-glukofuranoz (1)

200 gram D-glukoz bir buz banyosunda 4 L aseton ile iyice karıştırıldı. Ardından %96'lık sülfürik asit 20'şer mililitre halinde 15 dakikada bir 8 kez ilave edildi. Tüm işlemler 5-10 santigratderecede gerçekleştirildi. Karıştırma 5 saat sürdü. Sonra sıcaklık 20-25 santigratdereceye yükseltildi. Buz banyosu kullanılarak çözelti tekrar soğutuldu. %50 lik sodyum hidroksit çözeltisi nerdeyse nötr hale gelene kadar yavaş yavaş eklendi. 1 gece beklendikten sonra tuzlar süzülerek çıkarıldı. Ürün sıcak hekzan içerisinde kristallendirilerek saflaştırıldı (O.T. Schmidt, 1963).

2.2.2 3-(4-iyodo-bütil)-1,2:5,6-O-izopropiliden- α -D-glukofuranoz (2)

Bileşik 1 (0,50 g, 1,92 mmol) ve NaH (0,15 g) 5ml kuru DMF ile inert gaz ve buz banyosu altında 2 saat süreyle oda koşullarında karıştırıldı. Bu karışım, aynı koşullarda 30 dakika boyunca karışmış olan 5ml kuru DMF içerisinde çözünmüş olan di-iyodo-bütan (4,33 g) bileşiği üzerine inert gaz altında eklendi. Bu karışım 1 saat süreyle karıştırıldı. Karışım oda koşullarında süzülerek alındı ve çözgen uçurularak uzaklaştırıldı. Elde edilen madde DKM ve su ile ekstraksiyon yapılarak organik faz ayrıldı. TLC kontrolünde gözlenen spotlar kolon kromatografisi (Hekzan:Etil Asetat) yöntemi ile ayrıldı. 0,65 gram jel saf ürün elde edildi. (Verim: %76) ¹HNMR (CDCl₃, δ (ppm)): 5,86 (d, 1H, $J=4,0$ Hz, H-1), 4,51 (d, 1H, $J=4,0$ Hz, H-2), 4,27 (m, 1H, H-5), 4,10 (dd, 1H, $J=3,1$; 7,6 Hz, H-4), 4,07 (dd, 1H, $J=6,2$; 8,5 Hz, H-6a), 3,97 (dd, 1H, $J=5,8$; 8,5 Hz, H-6b), 3,83 (d, 1H, $J=3$ Hz, H-3), 3,59;3,50 (2 x dt, 2H, -OCH₂), 3,21 (t, 2H, -ICH₂), 1,92 (m, 2H, -OCH₂CH₂-), 1,68 (m, 2H, -OCH₂CH₂CH₂-), 1,49;1,42;1,35;1,31 (4 x s, 4x3H, 4 x izop. CH₃). ¹³CNMR (CDCl₃, δ (ppm)): 111,7 (C asetal), 108,9 (C asetal), 105,2 (C-1), 82,4 (C-2), 82,1 (C-3), 81,1 (C-4), 72,4 (C-5), 69,7 (-OCH₂), 67,4 (C-6), 33,35 (ICH₂-), 26,8; 26,2; 25,4; 24,9 (4xizop. CH₃).

2.2.3 3-(4-tiyoasetil-bütil)-1,2:5,6-O-izopropiliden- α -D-glukofuranoz (3)

İnert gaz altında bileşik 2 (0,25 g, 0,56 mmol) 5ml kuru DMF içerisinde çözöldü ve çözeltiye potasyum tiyoasetat (0,32 g) ilave edildi. Karışım oda koşulları altında 3 saat karıştırıldı. Karışım süzöldü ve DKM ve su ekstraksiyonu ile organik faz ayrıldı. Organik faz kuruyana kadar gaz faz uçuruldu. TLC yoluyla görölen spotlar, kolon kromatografisi (Hekzan:Etil Asetat) yöntemi kullanılarak ayrıldı. 0,19 gram jel saf ürün elde edildi. (Verim: %86) ¹HNMR (CDCl₃, δ (ppm)): 5,86 (d, 1H, $J=4,0$ Hz, H-1), 4,51 (d, 1H, $J=4,0$ Hz, H-2), 4,29 (m, 1H, H-5), 4,10 (dd, 1H, $J=3,0$; 7,6 Hz, H-4), 4,07 (dd, 1H, $J=6,6$; 8,6 Hz, H-6a), 3,97 (dd, 1H, $J=5,9$; 8,5 Hz, H-6b), 3,83 (d, 1H, $J=4$ Hz, H-3), 3,61;3,52 (2 x dt, 2H, -OCH₂), 2,88 (t, 2H, -SCH₂), 2,31 (s, 3H, -CH₃C=O), 1,64;1,63 (m, 4H, -OCH₂CH₂CH₂-), 1,48;1,41;1,33;1,31 (4 x s, 4x3H, 4 x izop. CH₃). ¹³CNMR (CDCl₃, δ (ppm)): 195,7 (C=O), 111,7 (C asetal), 108,9 (C asetal), 105,2 (C-1), 82,4 (C-2), 82,1 (C-3), 81,2 (C-4), 72,4 (C-5), 69,8 (-OCH₂), 67,3 (C-6), 30,61 (CH₃C=O), 26,76; 26,23; 25,56; 25,39 (4xizop. CH₃).

2.2.4 3-(4-iyodo-hekzil)-1,2:5,6-O-izopropiliden- α -D-glukofuranoz (4)

Bileşik 1 (0,50 g, 1,92 mmol) ve NaH (0,15 g) 5ml kuru DMF ile inert gaz ve buz banyosu altında 2 saat süreyle oda koşullarında karıştırıldı. Bu karışım, aynı koşullarda 30 dakika boyunca karışmış olan 5ml kuru DMF içerisinde çözönmüş olan di-iyodo-hekzan (4,33 g) bileşiği üzerine inert gaz altında eklendi. Bu karışım 1 saat süreyle karıştırıldı. Karışım oda koşullarında süzölenerek alındı ve çözgen uçurularak uzaklaştırıldı. Elde edilen madde DKM ve su ile ekstraksiyon yapılarak organik faz ayrıldı. TLC kontrolünde gözlenen spotlar kolon kromatografisi (Hekzan:Etil Asetat) yöntemi ile ayrıldı. 0,71 gram jel saf ürün elde edildi. (Verim: %78). ¹HNMR (CDCl₃, δ (ppm)): 5,86 (d, 1H, $J=3,7$ Hz, H-1), 4,51 (d,

1H, $J=3,72$ Hz, H-2), 4,28 (m, 1H, H-5), 4,10 (dd, 1H, $J=3,1$; 7,6 Hz, H-4), 4,07 (dd, 1H, $J=6,2$; 8,5 Hz, H-6a), 3,97 (dd, 1H, $J=5,8$; 8,5 Hz, H-6b), 3,83 (d, 1H, $J=3$ Hz, H-3), 3,59;3,50 (2 x dt, 2H, -OCH₂), 3,17 (t, 2H, -ICH₂), 1,81 (q, 2H, -OCH₂CH₂-), 1,56 (q, 2H, -OCH₂CH₂CH₂CH₂-), 1,49;1,41;1,34;1,31 (4 x s, 4x3H, 4 x izop. CH₃). ¹³CNMR (CDCl₃, δ (ppm)): 111,6 (C asetal), 108,8 (C asetal), 105,2 (C-1), 82,4 (C-2), 82,1 (C-3), 81,1 (C-4), 72,5 (C-5), 70,3 (-OCH₂), 67,2 (C-6), 33,35 (ICH₂-), 26,7; 26,24; 25,43; 24,99 (4xizop. CH₃).

2.2.5 3-(4-tiyoasetil-hekzil)-1,2:5,6-O-izopropiliden- α -D-glukofuranoz (5)

İnert gaz altında bileşik 4 (0,25 g, 0,53 mmol) 5ml kuru DMF içerisinde çözöldü ve çözeltiye potasyum tiyoasetat (0,30 g) ilave edildi. Karışım oda koşulları altında 3 saat karıştırıldı. Karışım süzöldü ve DKM ve su ekstraksiyonu ile organik faz ayrıldı. Organik faz kuruyana kadar gaz faz uçuröldü. TLC yoluyla görölen spotlar, kolon kromatografisi (Hekzan:Etil Asetat) yöntemi kullanılarak ayrıldı. 0,2 gram jel saf ürün elde edildi. (Verim: %90) ¹HNMR (CDCl₃, δ (ppm)): 5,86 (d, 1H, $J=3,64$ Hz, H-1), 4,51(d, 1H, $J=3,72$ Hz, H-2), 4,29 (m, 1H, H-5), 4,10 (dd, 1H, $J=3,0$; 7,6 Hz, H-4), 4,07 (dd, 1H, $J=6,6$; 8,6 Hz, H-6a), 3,97 (dd, 1H, $J=5,9$; 8,5 Hz, H-6b), 3,83 (d, 1H, $J=3$ Hz, H-3), 3,59;3,50 (2 x dt, 2H, -OCH₂), 2,85 (t, 2H, -SCH₂), 2,31 (s, 3H, -CH₃C=O), 1,61;1,50 (m, 4H, -OCH₂CH₂CH₂-), 1,49;1,41;1,34;1,31 (4 x s, 4x3H, 4 x izop. CH₃), 1,4;1,3 (m, 4H, -CH₂CH₂CH₂S-). ¹³CNMR (CDCl₃, δ (ppm)): 195,6 (C=O), 111,6 (C asetal), 108,9 (C asetal), 105,2 (C-1), 82,2 (C-2), 82,0 (C-3), 81,6 (C-4), 72,4 (C-5), 70,4 (-OCH₂), 67,2 (C-6), 30,61 (CH₃C=O), 26,76; 26,23; 25,56; 25,39 (4xizop. CH₃).

3. TARTIŞMA SONUÇ

Bu çalışmada 1,2:5,6-O-izopropiliden- α -D-glukofuranoz (1) sentezlendikten sonra bu bileşikten 2, 3, 4 ve 5 bileşikleri uygun koşullarda sentezlendi. Elde edilen bileşikler yapılan ¹HNMR, ¹³CNMR ve FT-IR analizleri yorumlanarak doğrulandı. Bileşik 2 ve 4, FT-IR analiz sonuçlarına göre; -OH pikinin kaybolmuş olması ve 700 cm⁻¹ dalga boyunda görölen pik -C-I varlığını gösterdi ayrıca alifatik hidrokarbon pikinin spacer molekül bağlamadan önceki durumuna göre büyümesi bileşikte hidrokarbon grubu içeren alifatik bileşiklerin eklendiğini ispatlamıştır. Bileşik 3 ve 5, FT-IR analiz sonuçlarına göre incelendiğinde; -OH pikinin ve 700 cm⁻¹ dalga boyunda görölen -C-I pikinin kaybolmuş olması ve 1520 cm⁻¹ (5) ile 1530 cm⁻¹ (3) dalga boyundaki piklerin oluşması bu bileşiklerin karbonil karbonu içerdüğünü göstermiştir. ¹HNMR analiz sonuçlarına göre; bleşik 2 için 3,21ppm de gözölenen triplet pik 2H'li -ICH₂ varlığını kanıtlamıştır. 3,59 ve 3,50 ppm de görölen 2H integrasyonundaki 2 pik, bileşikteki -OCH₂ varlığını, buna ek olarak 1,92 ve 1,68 ppm de görölen, toplamda 4H integrasyon değerine sahip piklerde bileşikteki spacer grubun 4 karbonlu düz zincir olduğunu desteklemiştir. Ayrıca bu bileşik için yorumlanan ¹³CNMR verilerine göre; bileşiğin C sayısı desteklenmiştir. ¹³CNMR 111,7 ve 108,9 ppm de görölen pikler asetal karbon varlığını desteklemiştir. Ayrıca 69,7 ppm de ki pik -OCH₂, 33,35 ppm de ki pik -ICH₂ yapılarının bileşikte varlığı desteklenmiştir. Bileşik 3 için ¹HNMR analiz sonuçları incelendiğinde, 2,31 ppm de görölen 3H'li pik karbonil grubuna bağlı metil grubu olduğunu, 3,21 ppm deki pikin kaybolmuş olması bleşik 2'deki iyot grubunun karbonil grubuyla değıştiğini kanıtlamıştır. Buna ek olarak 2,88 ppm deki üçlü pik kükürt atomuna bağlı alifatik H'lerin varlığını ispatlamıştır. Ayrıca ¹³CNMR da 195,7 ppm de ki pik bileşikte karbonil grubu karbonu olduğunu desteklemiştir. ¹HNMR analiz sonuçlarına göre; bileşik 4 için 3,59 ve 3,50 ppm deki iki adet çift dublet piki maddedeki spacer grubun bağlandığı oksijene bağlı düz zincirli iki -CH₂ ' nin varlığını ispatlamıştır. Ayrıca 3,17 deki 2H'li üçlü pik bileşikte iyota bağlı hidrojenlerin varlığını göstermiştir. Bu bileşiğin ¹³CNMR sonuçları analiz edildiğinde 33,35 ppm deki pik iyota bağlı karbonun, 70,3 ppm deki pikin oksijene bağlı spacer karbonun olduğunu kanıtlamıştır. ¹HNMR analiz sonuçlarına göre; bileşik 5 için 2,31 ppm deki 3H'li tek pik karbonil grubuna bağlı metil grubunun varlığını ispatlamış, bileşiğin ¹³CNMR verileri analiz edildiğinde 30,61 ppm deki pikler bu metil gruplarının varlığını desteklemiştir. Ayrıca 195,6 ppm deki pik karbonil grubunun varlığını kanıtlamıştır. Sonuç olarak, tiyol fonksiyonel grupları üzerinden karbohidrat bileşikleriyle maskelenmiş altın nanopartiköl bileşikleri elde etmek için uygun potansiyelli 2 adet glukoz türevli bileşik elde edilmiştir.

KAYNAKLAR

- Abadeer, N. S., Murphy, C. J. (2016). "Recent progress in cancer thermal therapy using gold nanoparticles", *The Journal of Physical Chemistry C*, 120(9), 4691-4716.
- Barrientos, A. G., de la Fuente, J. M., Rojas, T. C., Fernandez, A., and Penades, S. (2003). "Gold Glyconanoparticles: Synthetic Polyvalent Ligands Mimicking Glycocalyx-like Surfaces as Tools for Glycobiological Studies", *Chem.-Eur. J.* 9, 1909-1921.
- Chien, Y. Y., Jan, M. D., Adak, A. K., Tzeng, H. C., Lin, Y. P., Chen, Y. J., Wang, K. T., Chen, C. T., Chen, C. C., and Lin, C. C. (2008). "Globotriose-Functionalized Gold Nanoparticles as Multivalent Probes for Shiga-like Toxin" *ChemBioChem.*, 9, 1100-1109.
- de la Fuente, J. M., Barrientos, A. G., Rojas, T. C., Rojo, J., Canada, J., Fernandez, A., and Penades, S. (2001). "Gold Glyconanoparticles as Water-Soluble Polyvalent Models to Study Carbohydrate Interactions", *Angew. Chem.-Int. Ed.*, 40, 2258.
- Dykman, L. A., Khlebtsov, N. G. (2016). "Multifunctional gold-based nanocomposites for theranostics" *Biomaterials*, 108, 13-34.
- Geijtenbeek, T. B. H., Kwon, D. S., Torensma, R., van Vliet, S. J., van Duijnhoven, G. C. F., Middel, J., Cornelissen, I., Nottet, H., KewalRamani, V. N., Littman, D. R., Figdor, C. G., and van Kook, Y. (2000). "DC-SIGN, a Dendritic Cell-Specific HIV-1- Binding Protein That Enhances Trans-Infection of T Cells" *Cell*, 100, 587-597.
- Giljohann, D. A., Seferos, D. S., Daniel, W. L., Massich, M. D., Patel, P. C., Mirkin, C. A. (2010). "Gold nanoparticles for biology and medicine". *Angewandte Chemie International Edition*, 49(19), 3280-3294.
- Guo, J., Rahme, K., He, Y., Li, L. L., Holmes, J. D., O'Driscoll, C. M. (2017). "Gold nanoparticles enlighten the future of cancer theranostics", *International journal of nanomedicine*, 12, 6131.
- Kim, B. Y., Rutka, J. T., Chan, W. C. (2010). "Nanomedicine", *New England Journal of Medicine*, 363(25), 2434-2443.
- Lee, H., Lee, K., Kim, I. K., and Park, T. G. (2008). "Synthesis, Characterization, and in Vivo Diagnostic Applications of Hyaluronic Acid Immobilized Gold Nanoparticles" *Biometaterials*, 29, 4709-4718.
- Luo, P. G., and Stutzenberger, F. J. (2008). "Nanotechnology in the Detection and Control of Microorganisms" *Adv. App. Microbiol.*, 63, 145-181.
- Martínez-Ávila, O., Bedoya, L. M., Marradi, M., Clavel, C., Alcamí, J., and Penadés, S. (2009). "Multivalent Manno-Glyconanoparticles Inhibit DC-SIGN-Mediated HIV-1 Trans-Infection of Human T Cells" *ChemBioChem.*, 10, 1806-1809.
- Nolting, A., Yu, J. J., Liu, G. Y., Cho, S. J., Kauzlarich, S., and Gervay-Hague, J. (2003). "Synthesis of Gold Glyconanoparticles and Biological Evaluation of Recombinant Gp120 Interactions" *Langmuir*, 19, 6465-6473.
- O.T. Schmidt, Isopropylidene derivatives, *Methods Carbohydr. Chem.* 2:318 (1963)
- Orive, G., Anitua, E., Pedraz, J.L., and Emerich, D.F. (2009). "Biometaterials for Promoting Brain Protection, Repair and Regeneration", *Nat. Rev. Neurosci.*, 10, 682-692.
- R.Narain; *Engineered Carb. Based Materials for Biomedical Applications*, Wiley, 2011, 214.
- Sharon, N. (2006). "Carbohydrates as Future Anti-Adhesion Drugs for Infectious Diseases" *Biochim. Biophys. Acta*, 1760, 527-537.

WILL PREDICTIVE ARTIFICIAL INTELLIGENCE OR ENIGMATIC HUMAN INTELLIGENCE WIN IN BUSINESS?**Dr. Abdullah Kürşat MERTER**

Gebze Technical University, School of Business Administration, Department of Business Administration, Kocaeli, Türkiye
ORCID: 0000-0002-6181-3115

Tuana Deniz ÇELİK

Gebze Technical University, School of Business Administration, Department of Business Administration, Kocaeli, Türkiye
ORCID: 0009-0001-1145-5997

ABSTRACT

Business management and decision-making processes are among the most fundamental determinants of organizational success. Traditionally, human experience, intuition, and expertise have formed the basis of business decisions. However, the rapid developments in artificial intelligence technologies in recent years have led to the emergence of a new paradigm in business management. Predictive analytics and artificial intelligence based approaches have begun to radically transform corporate decision-making mechanisms. This technological shift has sparked a significant debate among academics and executives regarding whether predictive artificial intelligence or the enigmatic nature of human intelligence is more effective and reliable in business decisions. The primary objective of this study is to comprehensively compare the impacts of predictive artificial intelligence, human intelligence, and a hybrid model which combines both approaches on business performance. Within the scope of the research, data were collected via a scenario-based survey from 90 executives and professionals operating across various sectors in Turkey. The findings reveal a striking paradox between managerial preferences and data-driven reality. Although participants perceptually favored and highly desired the hybrid decision-making approach, multiple linear regression analyses demonstrated that predictive artificial intelligence is the strongest and most significant objective predictor of actual business performance. Conversely, human intelligence alone did not yield a statistically significant predictive effect on overall performance. Furthermore, during crisis situations, relying solely on human insight negatively impacted performance, whereas integrating artificial intelligence analytics with leader intuition produced positive outcomes. Ultimately, this study concludes that while a hybrid model is idealized by professionals, artificial intelligence stands as the primary driver of objective performance, signaling a critical transition towards augmented intelligence frameworks in future strategic corporate management.

Keywords: Predictive AI, Human Intelligence, Hybrid Decision-Making, Business Performance, Augmented Intelligence

INTRODUCTION

Decision-making processes constitute the core mechanism of business management and determine the survival and success of organizations in competitive environments. The twenty-first-century business landscape is characterized by high volatility, uncertainty, complexity, and ambiguity (Brynjolfsson & McAfee, 2014). In such an environment, the ability to make accurate, fast, and effective decisions provides a critical competitive advantage. Historically, organizational decision-making has heavily relied on human intelligence, encompassing experience, intuition, and contextual understanding. Human intelligence has been particularly valued in situations involving high risk, ethical dilemmas, and complex social interactions where rigid rules cannot be applied (Kahneman, 2011).

The second machine age has brought advanced technologies that challenge the supremacy of human decision-makers (Brynjolfsson & McAfee, 2014). The capacity of artificial intelligence, particularly in the domains of predictive analytics and machine learning, to process extensive datasets, uncover concealed patterns, and forecast forthcoming trends has been validated (Davenport & Ronanki, 2018). These technologies allow organizations to move from reactive management to proactive, data-driven strategies. This has sparked a paradigm shift within corporate governance, leading to fundamental

questions about where decision-making power actually lies (Raisch & Krakowski, 2021).

The argument pertains to the question of whether predictive artificial intelligence is as effective as human intelligence, the nature of which is notoriously elusive. As stated by Kaplan and Haenlein (2019), artificial intelligence is characterized by its rapid processing of data, its objectivity, and its capacity for data processing. However, it is important to note that this technology frequently encounters challenges in terms of transparency, ethical reasoning, and the interpretation of contextual nuances. In contrast, human intelligence is characterized by its flexibility and moral judgment, yet it is vulnerable to cognitive biases, fatigue, and constrained information processing capabilities (Kahneman, 2011). This dichotomy has led to the conceptualization of a hybrid decision-making approach, often termed augmented intelligence, which seeks to integrate the analytical power of machines with human insight (Wilson & Daugherty, 2018).

Despite the growing theoretical discourse on artificial intelligence in management, empirical studies comprehensively comparing these three approaches remain limited, particularly in the context of emerging economies (Oluwaseun et al., 2024). Existing literature frequently focuses on the technical aspects of artificial intelligence adoption, neglecting multidimensional organizational performance indicators such as employee satisfaction, strategic alignment, and crisis management effectiveness (López-Solís et al., 2025).

The primary motivation underpinning this research endeavor is to undertake an empirical investigation and comparative analysis of the impact of human intelligence, predictive artificial intelligence, and hybrid decision-making environments on business performance. The study utilizes a scenario-based methodology to capture professional perceptions and evaluate the influence of different decision-making paradigms on organizational outcomes. Moreover, the research investigates the unique features of decision-making in crisis situations, measuring the relative merit of human intuition versus artificial intelligence-supported analysis under stress. It is anticipated that the findings will make substantial contributions to the existing literature on augmented intelligence and offer valuable insights to business leaders as they navigate the digital transformation of management practices.

RESEARCH AND FINDINGS

The research methodology was designed to evaluate the comparative effectiveness of three distinct decision-making approaches on business performance. A scenario-based survey was developed to measure perceptions regarding Human Intelligence (S1), Artificial Intelligence (S2), and Hybrid Decision-Making (S3) scenarios. The dependent variable, Business Performance (D), encompassed dimensions such as efficiency, profitability, employee satisfaction, and adaptability. Data were collected from 90 professionals and executives working in various sectors in Turkey between July and November 2024. The sample was selected using purposive sampling to ensure a diverse representation of industries, managerial levels, and experience (Tabachnick & Fidell, 2013).

The demographic profile of the participants indicates a balanced gender distribution, with 53.3 percent male and 46.7 percent female respondents. The majority of the participants were aged between 26 and 45 years, and 75.5 percent held a bachelor's degree or higher. The sectoral distribution included services, manufacturing, technology, finance, and healthcare, ensuring a comprehensive view of the business landscape. Most respondents held mid-level or senior management positions, providing valuable insights into strategic decision-making processes.

Table 1. Demographic Characteristics of Participants

Demographic Variable	Category	Frequency (f)	Percentage (%)
Gender	Female	42	46.7
	Male	48	53.3
Age	18-25	12	13.3
	26-35	28	31.1
	36-45	31	34.4
	46-55	15	16.7
	56 and above	4	4.4
Education Level	High School	8	8.9
	Associate Degree	14	15.6

Sector	Bachelor's Degree	38	42.2
	Master's Degree	22	24.4
	Doctorate	8	8.9
	Manufacturing/Industry	18	20.0
	Services	24	26.7
	Finance/Banking	15	16.7
	Technology/IT	16	17.8
	Healthcare	10	11.1
Position	Other	7	7.8
	Senior Executive	22	24.4
	Mid-level Manager	35	38.9
	Specialist/Professional	28	31.1
Work Experience	Other	5	5.6
	1-5 years	24	26.7
	6-10 years	29	32.2
	11-15 years	21	23.3
	16 years and above	16	17.8

The reliability of the measurement scales was assessed using Cronbach's Alpha coefficients. The results demonstrated high internal consistency across all constructs. The Human Intelligence scale yielded an alpha of 0.883, the Artificial Intelligence scale 0.923, the Hybrid Decision-Making scale 0.958, and the Business Performance scale 0.954. These values exceed the commonly accepted threshold of 0.70, indicating that the survey instrument was highly reliable for measuring the intended constructs (Tavakol & Dennick, 2011).

Table 2. Cronbach's Alpha Reliability Coefficients

Scale	Number of Items	Cronbach's Alpha
S1 (Human Intelligence Decision Approach)	20	0.883
S2 (Artificial Intelligence Decision Approach)	20	0.923
S3 (Hybrid Decision Approach)	20	0.958
D (Business Performance)	10	0.954

Descriptive statistics revealed that participants evaluated the Hybrid Decision-Making approach most favorably, with the highest mean score of 3.780. The Human Intelligence approach followed with a mean of 3.484, while the Artificial Intelligence approach received the lowest mean score of 3.114. This indicates a strong perceptual preference for integrating human judgment with technological capabilities rather than relying solely on automated systems. The standard deviation values suggest that participant responses were most heterogeneous for the Business Performance scale, reflecting diverse organizational contexts and experiences.

Table 3. Descriptive Statistics

Scale	Overall Mean	Standard Deviation
S1 (Human Intelligence Decision Approach)	3.484	0.543
S2 (Artificial Intelligence Decision Approach)	3.114	0.633
S3 (Hybrid Decision Approach)	3.780	0.644
D (Business Performance)	3.442	0.855

To test the differences in participant evaluations across the three scenarios, a repeated measures ANOVA was conducted. Prior to the analysis, the normality assumption was verified by examining skewness and kurtosis values, which fell within the acceptable range of -1.5 to +1.5 (Tabachnick & Fidell, 2013). The analysis showed a statistically significant effect of the scenario variable on participant scores, $F(2, 178) = 31.582$, $p < 0.001$, partial $\eta^2 = 0.262$.

According to Cohen (1988), the partial eta squared value of 0.262 indicates a large effect size, confirming substantial variations in how professionals perceive these three decision-making paradigms.

Table 4. Repeated Measures ANOVA Results

Source	df	F	p	Partial η^2
Scenario (S1, S2, S3)	2, 178	31.582	< 0.001	0.262

Paired samples t-tests were subsequently performed to identify specific differences between the scenarios. The results confirmed that the Hybrid approach was rated significantly higher than both the Human Intelligence and Artificial Intelligence approaches. Furthermore, the Human Intelligence approach was evaluated significantly more positively than the Artificial Intelligence approach. The largest perceptual gap was observed between the Hybrid and Artificial Intelligence scenarios (Cohen's $d = -1.042$), representing a large effect size and underscoring the participants' reluctance to fully delegate decision-making to machines without human oversight. The ordering of participant preferences was S3 (Hybrid) > S1 (Human Intelligence) > S2 (Artificial Intelligence).

Table 5. Paired Samples t-Test Results

Comparison	t	df	p	Cohen's d
S1 (Human Intelligence) vs S2 (Artificial Intelligence)	3.846	89	< 0.001	0.626
S1 (Human Intelligence) vs S3 (Hybrid)	-3.392	89	0.001	-0.497
S2 (Artificial Intelligence) vs S3 (Hybrid)	-10.180	89	< 0.001	-1.042

Pearson correlation analysis was utilized to examine the relationships between the decision-making approaches and business performance. A strong positive correlation was found between the Artificial Intelligence approach and business performance. Similarly, the Hybrid approach exhibited a moderate positive correlation with performance. Interestingly, the Human Intelligence approach showed a weak, non-significant negative correlation with business performance, suggesting that reliance on human intuition alone does not directly translate to enhanced organizational outcomes in the modern business context. The positive correlation between S2 and S3 indicates that participants who valued artificial intelligence also tended to appreciate the hybrid model, reflecting the complementary nature of these approaches.

Table 6. Correlation Matrix Between Variables

	S1	S2	S3	D
S1 (Human Intelligence)	1.00			
S2 (Artificial Intelligence)	-0.20	1.00		
S3 (Hybrid)	0.03	0.53***	1.00	
D (Business Performance)	-0.21	0.62***	0.54***	1.00

Note. *** $p < 0.001$

Multiple linear regression analysis was conducted to determine the relative predictive power of each decision-making approach on business performance. The overall model was significant, $F(3, 86) = 24.832$, $p < 0.001$, explaining 46.4 percent of the variance in business performance ($R^2 = 0.464$, Adjusted $R^2 = 0.445$). The Variance Inflation Factor (VIF) values for all predictors were below 2.0, confirming the absence of multicollinearity. The results revealed a striking finding. Despite the perceptual preference for the Hybrid model, the Artificial Intelligence approach emerged as the strongest and most significant predictor of business performance. The Hybrid approach was the second significant predictor while the Human Intelligence approach did not significantly predict performance. This highlights a paradox between what professionals prefer and what objectively drives business success.

Table 7. Multiple Linear Regression Analysis Results

Predictors	B	Standard Error	Beta	t	p
Constant	0.774	0.363		2.132	0.036
S1 (Human Intelligence)	-0.209	0.126	-0.133	-1.660	0.101

S2 (Artificial Intelligence)	0.576	0.127	0.426	4.534	< 0.001
S3 (Hybrid)	0.424	0.123	0.319	3.461	0.001
N	90				
R^2	0.464				
Adjusted R^2	0.445				
F	24.832				

A specific analysis was conducted to evaluate decision-making effectiveness during crisis situations. The findings demonstrated that relying solely on human insight during a crisis had a significant negative correlation with business performance ($r = -0.281$, $p = .007$). In contrast, utilizing a hybrid approach where artificial intelligence analytics support human intuition during a crisis showed a significant positive correlation with performance ($r = 0.288$, $p = .006$). This confirms that in high-pressure environments, the integration of data-driven insights and human judgment is crucial for organizational resilience (Vincent, 2021).

Table 8. Crisis Analysis Results

Variable	Mean	Standard Deviation	r(Performance)	p
S1_7 (Human Intelligence - Crisis Insight)	3.767	0.875	-0.281	0.007
S3_5 (Hybrid - Human Intuition in Crisis)	3.933	0.747	0.288	0.006

To address potential methodological concerns, Harman's Single Factor Test was applied to check for common method bias. The first factor explained 29.65 percent of the total variance, which is well below the critical threshold of 50 percent (Podsakoff et al., 2003). This indicates that common method bias did not pose a significant threat to the validity of the research findings.

Table 9. Harman's Single Factor Test Results

Factor	Eigenvalue	Explained Variance (%)	Cumulative Variance (%)
1	20.752	29.65	29.65
2	8.032	11.47	41.12
3	5.800	8.29	49.41
4	3.891	5.56	54.97
5	2.834	4.05	59.02

Exploratory Factor Analysis was conducted to evaluate the construct validity of the scales. The Bartlett's Test of Sphericity was significant for all scales ($p < .001$), and the Kaiser-Meyer-Olkin measure of sampling adequacy values ranged from 0.673 to 0.904. The Business Performance scale exhibited a unidimensional structure explaining 71.75 percent of the variance, while the decision-making scenario scales formed multidimensional structures, consistent with the complex nature of the theoretical constructs.

Table 10. Exploratory Factor Analysis Results

Scale	Items	KMO	Bartlett χ^2	df	p	Factors	Cumulative Variance (%)
S1 (Human Intelligence)	20	0.673	1147.66	190	< 0.001	6	55.43
S2 (Artificial Intelligence)	20	0.818	1245.66	190	< 0.001	5	71.19
S3 (Hybrid)	20	0.880	1796.38	190	< 0.001	4	67.48
D (Business Performance)	10	0.904	865.70	45	< 0.001	1	71.75

CONCLUSION

This research provides a comprehensive empirical comparison of predictive artificial intelligence, human intelligence, and hybrid approaches in business decision-making processes. The study aims to determine the impact of these paradigms on organizational performance and to understand the perceptions of professionals regarding technological integration in management. The findings offer significant contributions to the evolving literature on augmented intelligence and strategic management in the digital era (Raisch & Krakowski, 2021).

The most striking conclusion of this study is the identification of a profound paradox between managerial preferences and the objective drivers of business performance. Participants demonstrated a clear perceptual preference for the hybrid decision-making approach, valuing the combination of human ethical judgment and technological analytical power. They expressed skepticism toward fully autonomous artificial intelligence systems, particularly concerning the exclusion of the human factor and the assumption of ethical responsibility by machines. However, the empirical analysis revealed that predictive artificial intelligence is the most potent and significant predictor of actual business performance. The data-driven reality indicates that technological infrastructure and automated analytics are the primary engines of operational efficiency and competitive advantage (Davenport & Ronanki, 2018).

Furthermore, the research highlights the limitations of relying exclusively on traditional human intelligence in contemporary business environments. The human intelligence approach, when isolated from technological support, failed to demonstrate a significant positive impact on overall business performance. This finding is particularly pronounced in crisis management scenarios. The data showed that depending solely on human insight during a crisis negatively correlates with performance outcomes. Conversely, the integration of artificial intelligence analytics with leader intuition in a hybrid model yields positive results during high-pressure situations. This underscores the necessity of augmenting human cognitive capabilities with machine processing power to navigate complex and uncertain environments effectively (Wilson & Daugherty, 2018).

The results strongly support the transition toward augmented intelligence frameworks in corporate governance. Artificial intelligence should not be viewed merely as a tool for automation but as a strategic asset that enhances human decision-making (Kaplan & Haenlein, 2019). Organizations must recognize that while artificial intelligence drives performance metrics, human oversight remains essential for ethical considerations, strategic alignment, and managing workforce dynamics. The lowest scores in the performance scale were associated with employee satisfaction, indicating that the integration of artificial intelligence must be managed carefully to mitigate resistance and ensure a positive organizational culture.

In practical terms, business leaders are advised to adopt a complementary approach. Routine, data-intensive decisions should leverage the speed and accuracy of predictive artificial intelligence. Strategic decisions involving ambiguity, ethical dilemmas, and long-term vision require the nuanced judgment of human leaders, supported by robust data analytics (Vincent, 2021). Establishing mechanisms for algorithmic transparency and accountability is crucial for building trust in these systems. Ultimately, the future of business management lies not in a competition between human and machine intelligence, but in their synergistic collaboration to achieve sustainable organizational excellence (Brynjolfsson & McAfee, 2014).

This study has certain limitations that should be acknowledged. The sample size of 90 participants, while adequate for the statistical analyses employed, limits the generalizability of the findings to broader populations. The cross-sectional design captures perceptions at a single point in time and cannot establish causal relationships. Future research should employ longitudinal designs with larger samples across multiple countries to validate these findings. Additionally, experimental designs that measure actual performance outcomes rather than perceptions would strengthen the evidence base for augmented intelligence frameworks in organizational settings.

REFERENCES

- Brynjolfsson, E., & McAfee, A. (2014). *The second machine age: Work progress and prosperity in a time of brilliant technologies*. WW Norton & company.
- Cohen, J. (1988). *Statistical power analysis for the behavioral sciences* (2nd ed.). Lawrence Erlbaum Associates.
- Davenport, T. H., & Ronanki, R. (2018). Artificial intelligence for the real world. *Harvard business review*, 96(1), 108-116.
- Haenlein, M., & Kaplan, A. (2019). A brief history of artificial intelligence: On the past, present, and future of artificial intelligence. *California management review*, 61(4), 5-14. <https://doi.org/10.1177/0008125619864925>
- Kahneman, D. (2011). Fast and slow thinking. *Allen Lane and Penguin Books, New York*, 2.
- Kaplan, A., & Haenlein, M. (2019). Siri, Siri, in my hand: Who's the fairest in the land? On the interpretations, illustrations, and implications of artificial intelligence. *Business horizons*, 62(1), 15-25. <https://doi.org/10.1016/j.bushor.2018.08.004>
- López-Solís, O., Luzuriaga-Jaramillo, A., Bedoya-Jara, M., Naranjo-Santamaría, J., Bonilla-Jurado, D., & Acosta-Vargas, P. (2025). Effect of generative artificial intelligence on strategic decision-making in entrepreneurial business initiatives: A systematic literature review. *Administrative Sciences*, 15(2), 66. <https://doi.org/10.3390/admsci15020066>
- Oluwaseun, B., Shahab, A. R., Arogundade, J. B., & Mosope, W. (2024). AI-driven business analytics and decision making. *World Journal of Advanced Research and Reviews*, 24(01), 616. <https://doi.org/10.30574/wjarr.2024.24.1.3093>
- Podsakoff, P. M., MacKenzie, S. B., Lee, J. Y., & Podsakoff, N. P. (2003). Common method biases in behavioral research: a critical review of the literature and recommended remedies. *Journal of applied psychology*, 88(5), 879-903. <https://doi.org/10.1037/0021-9010.88.5.879>
- Raisch, S., & Krakowski, S. (2021). Artificial intelligence and management: The automation–augmentation paradox. *Academy of management review*, 46(1), 192-210. <https://doi.org/10.5465/amr.2018.0072>
- Tabachnick, B. G., & Fidell, L. S. (2013). *Using multivariate statistics* (6th ed.). Pearson Education.
- Tavakol, M., & Dennick, R. (2011). Making sense of Cronbach's alpha. *International journal of medical education*, 2, 53. <https://doi.org/10.5116/ijme.4dfb.8dfd>
- Vincent, V. U. (2021). Integrating intuition and artificial intelligence in organizational decision-making. *Business Horizons*, 64(4), 425-438. <https://doi.org/10.1016/j.bushor.2021.02.008>
- Wilson, H. J., & Daugherty, P. R. (2018). Collaborative intelligence: Humans and AI are joining forces. *Harvard business review*, 96(4), 114-123.

AVERSIVE CONDITIONING AND BEHAVIORAL EXTINCTION IN DIGITAL ADDICTION*DİJİTAL BAĞIMLILIKTA AVERSİF ŞARTLANMA VE DAVRANIŞSAL SÖNÜMLENME***Muhammed Emin ARSLAN**Yozgat Bozok University, Faculty of Medicine, Yozgat, Turkey,
ORCID: ID/0009-0008-2798-9863,**Prof. Dr. Vugar Ali TÜRKSÖY**Yozgat Bozok University, Faculty of Medicine, Department of Public Health, Yozgat, Turkey,
ORCID: ID/0000-0002-3545-3945,**ABSTRACT**

The proliferation and uncontrollable progression of social media and digital games have become the greatest public health problem of our time. Although enormous amounts of time are unknowingly spent on these platforms, no permanent solution method has been developed. Currently, there are restrictive applications that limit screen time and block access to the app until the next day. Rather than being a solution, these methods merely keep the user away from the application for a temporary period. Due to this weakness of these methods in failing to create a permanent solution, the addiction persists. However, we aim for a permanent solution with the aversive conditioning and behavioral extinction we present in this study. The study will be designed essentially by taking the diphenoxylate-atropine and alcohol-disulfiram relationships used in medicine as role models, considering the combined use of pleasure-inducing elements with aversive factors. In our project, compared to current applications, we offer as a solution the user gaining the habit of exiting addictive applications by their own willpower. As a method, we anticipate breaking down the pleasure-inducing nature of addictive applications and exerting an effect through the dopaminergic reward cycle. Thanks to our application, which activates while using addictive applications, the goal is for the individual to voluntarily exit the addictive application and to prevent them from entering the app with their former pleasurable enthusiasm, through screen freezing and stuttering, network connection slowdowns, visual comfort deterioration and imbalance, and physical deterrent elements. The purpose of this study is to put an end to digital addiction, which poses a risk to public health, and to act as a role model by demonstrating the power of aversive conditioning and behavioral extinction to other disciplines.

Keywords: Addiction, Technology, Social Media, Screen Time, Aversive**ÖZET**

Sosyal medya ve dijital oyunların yaygınlaşması ve kontrol edilemez ilerleyişi günümüzün en büyük halk sağlığı problemi olmuştur. Bu mecralarda farkında olunmaksızın muazzam süreler harcanmasına rağmen herhangi bir kalıcı çözüm yöntemi geliştirilememiştir. Güncel olarak ekran süresini kısıtlayan ve ertesi güne kadar uygulamayı girişi engelleyen yasaklayıcı uygulamalar mevcuttur. Bu yöntemler bir çözüm olmaktan çok geçici bir süreliğine uygulamadan uzaklaştırmaktadır. Yöntemlerin kalıcı çözüm oluşturmayan bu zaafiyeti nedeniyle bağımlılık halen devam etmektedir. Ancak bu çalışmada sunduğumuz aversif şartlanma ve davranışsal sönmüleme ile kalıcı çözüm hedefliyoruz. Çalışmada esasen tıpta kullanılan difenoksilat-atropin ve alkol-disülfiram ilişkilerinden rol model olarak keyif vericilerin itici unsurlarlarla birlikte kullanımının etkileri göz önünde bulundurarak tasarlanacaktır. Projemizde güncel uygulamalara göre kullanıcının kendi iradesiyle bağımlılık yapan uygulamalardan çıkma alışkanlığı kazanmasını çözüm olarak sunuyoruz. Yöntem olarak bağımlılık yapan uygulamaların keyif verici bir unsur olmasını yıkıp dopaminergic ödül döngüsü üzerinden etki göstermesi öngörüyoruz. Bağımlılık yapan uygulamaları kullanırken devreye giren uygulamamız sayesinde ekranda donma-takılma, ağ bağlantısında yavaşlama, görsel konforda bozulma-dengesizlik ve fiziksel caydırıcı unsurlarıyla bireyi bağımlılık yapıcı uygulamadan kendi iradesiyle çıkış yapması ve eski keyif verici hevesle uygulamaya girişi engellenmesi hedeflenmektedir. Bu çalışmanın amacı toplum sağlığı açısından risk oluşturan dijital bağımlılığa son vermek ve aversif şartlanma ve davranışsal sönmülemenin gücünü diğer disiplinlere göstererek rol model olmasını sağlamaktır.

Anahtar kelimeler: Bağımlılık, Teknoloji, Sosyal Medya, Ekran Süresi, Aversif

GİRİŞ

Teknolojik gelişmelerin insan hayatına entegrasyonu, bilgiye erişimi hızlandırıp küresel iletişimi kolaylaştırırken, beraberinde modern çağın en dinamik ve kontrol edilmesi güç halk sağlığı problemlerinden birini, yani dijital bağımlılığı getirmiştir. Özellikle akıllı telefonların taşınabilirliği, yüksek hızlı internet erişimi ve algoritmik olarak optimize edilmiş platformlar, bireylerin dijital dünyada geçirdikleri süreleri katlanarak artırmıştır. Sosyal medya platformları ve dijital oyunlar, insan psikolojisinin ödül ve takdir mekanizmalarını hedef alarak tasarlanmakta; bu durum, bireylerin farkında olmaksızın muazzam süreleri bu mecralarda harcamasına yol açmaktadır. Günümüzde dijital bağımlılık; yalnızca bireysel bir zaman yönetimi kusuru veya irade zayıflığı olarak değil, aynı zamanda uyku bozuklukları, anksiyete, depresyon, dikkat eksikliği ve sosyal izolasyon gibi çok boyutlu klinik tablolara zemin hazırlayan ciddi bir toplumsal epidemi olarak kabul edilmektedir.

Erişilebilirlik ve sürdürülebilirlik odaklı mevcut "Dijital Refah" (Digital Wellbeing) uygulamaları ve işletim sistemi tabanlı ekran süresi kısıtlamaları, bağımlılıkla mücadelede genel olarak "yasaklayıcı" ve "pasif" bir yaklaşım sergilemektedir. Belirli bir süre sınırına ulaşıldığında uygulamanın kilitlenmesi veya ertesi güne kadar erişimin tamamen engellenmesi mantığına dayanan bu yöntemler, kalıcı bir davranışsal dönüşüm yaratmakta yetersiz kalmaktadır. Bu tür dışsal ve mutlak engellemeler, kullanıcının içsel motivasyonunu veya iradesini geliştirmemekte; aksine, engelleme kalktığı an (örneğin ertesi gün) bireyin platforma çok daha yüksek bir haz beklentisi ve motivasyonla yönelmesine neden olmaktadır. Dolayısıyla, mevcut kısıtlama yazılımları bağımlılığı ortadan kaldırmamakta, yalnızca geçici bir süreliğine ertelemektedir. Davranışsal psikoloji ve nörobiyoloji perspektifinden bakıldığında, dopaminerjik ödül mekanizmasını besleyen bu döngüyü kırmanın yolu, ödülün tamamen ortadan kaldırılması değil, ödül eyleminin kendisinin itici bir unsurla eşleştirilmesidir.

Bu çalışmada, tıp literatüründe sıklıkla başvuru alan suistimal önleyici (deterrent) farmakolojik yaklaşımlardan ilham alınarak dijital bağımlılığa karşı aktif ve kalıcı bir çözüm modeli önerilmektedir. Klinik tıpta, bağımlılık potansiyeli yüksek maddelerin veya suistimale açık ilaçların kontrolü amacıyla kombine formülasyonlar kullanılmaktadır. Bunun en somut örneklerinden biri, opioid türevi bir antidiyareik olan difenoksilatın, yüksek dozlarda suistimal edilmesini engellemek amacıyla formülasyona sub-terapötik dozda atropin eklenmesidir (difenoksilat-atropin ilişkisi). Benzer şekilde, alkol bağımlılığı tedavisinde kullanılan disülfiram, alkolün metabolizmasını engelleyerek vücutta asetaldehit birikmesine ve bireyde şiddetli bulantı, flushing ve rahatsızlık hissi gibi aversif (itici) semptomların gelişmesine yol açar. Her iki tıbbi modelde de temel amaç, kişinin haz almayı beklediği eylemi fiziksel olarak imkansız kılmak değil; o eylemin doğurduğu sonuçları biyolojik olarak "tahammül edilemez ve keyifsiz" hale getirerek kişinin kendi iradesiyle maddeden uzaklaşmasını (davranışsal sönümlenme) sağlamaktır.

Bu doğrultuda projemiz, farmakolojik "suistimal önleme" mantığını yazılım dünyasına entegre ederek, bireyin bağımlılık yapan uygulamalardan dışsal bir yasaklamayla değil, kendi hür iradesiyle çıkış yapma alışkanlığı kazanmasını hedeflemektedir. Geliştirilen "Dijital Atropin" modeli, kullanıcı veya ebeveyn tarafından belirlenen sağlıklı ekran süresi sınırı aşıldığında arka planda aktifleşerek, uygulamanın kullanım deneyimini kademeli olarak sabote edecek şekilde tasarlanacaktır. Ekranda ani donma ve takılmalar, internet bağlantı hızının yapay olarak yavaşlatılması, görsel konforu sarsacak ekran parlaklığı ve yenileme hızı dalgalanmaları ve cihazın termal yönetim sisteminin güvenli sınırlar içinde esnetilerek el sıcaklığını artırması gibi aversif unsurlar devreye sokulacaktır. Böylece, dopaminerjik ödül döngüsü mekanik düzeyde kırılacak, bireyin platformdan aldığı haz anksiyete ve huzursuzluğa dönüşecek ve kişi kendi isteğiyle uygulamayı kapatacaktır. Bu çalışmanın temel amacı, toplum sağlığını tehdit eden dijital bağımlılığa karşı tıbbi ve teknolojik disiplinlerin senteziyle kalıcı, bilimsel ve rızaya dayalı bir sönümlenme yöntemi geliştirmek ve bu aversif şartlandırma modelinin gücünü göstererek diğer interdisipliner çalışmalara rol model olmaktır.

ARAŞTIRMA VE BULGULAR

1. Araştırma Yöntemi ve Dijital Atropin Modelinin Mimarisi

Bu çalışma, geleneksel dijital bağımlılıkla mücadele yazılımlarının metodolojik zaafiyetlerini aşmak amacıyla, tıp dünyasındaki farmakolojik caydırıcılık (deterrent) mekanizmaları ile modern mobil işletim sistemi mimarilerini sentezleyen interdisipliner bir deneysel model tasarımıdır. Mevcut dijital refah uygulamaları kullanıcıyı platformdan tamamen soyutlayarak dışsal bir bariyer oluştururken; bu

araştırmada önerilen model, kullanıcının kendi iradesi ve rızasıyla bağımlılık yapıcı uygulamadan çıkış yapması (rıza ve vazgeçiş) felsefesine dayanacaktır. Çalışmanın metodolojisi, temel olarak dopaminerjik ödül döngüsünün nörobiyolojik yapısını bozmaya ve davranışsal psikolojideki "aversif şartlanma" (itici şartlandırma) ile "davranışsal sönümlenme" ilkelerini dijital deneyim süreçlerine entegre etmeye odaklanmaktadır.

Sistemin teknik altyapısı, akıllı telefonların işletim sistemlerinde yer alan "Erişilebilirlik Servisleri" (Accessibility Services) ve "Cihaz Yönetim API'ları" (Device Management APIs) üzerinde çalışan akıllı bir arka plan modülü olarak kurgulanacaktır. Modelin çalışma algoritması, kullanıcı veya ebeveyn tarafından önceden tanımlanmış olan "Sağlıklı Kullanım Eşiği" değerinin aşılmasıyla tetiklenecektir. Sağlıklı Kullanım Eşiği aşıldıkça sistem tamamen pasif konumda kalacak ve cihaz performansına herhangi bir müdahalede bulunmayacaktır. Ancak tanımlanan süre sınırı aşıldığı andan itibaren, sistem "Dijital Atropin" fazına geçerek, kullanıcının o esnada yoğun haz duyarak kullandığı hedef uygulamadaki (sosyal medya, dijital oyun vb.) kullanıcı deneyimini (UX) kademeli ve sistematik bir şekilde sabote etmeye başlayacaktır. Bu süreçte, farmakolojideki difenoksilat-atropin kombinasyonunun suistimali önleme mantığı birebir taklit edilecektir: Kullanıcı eyleme devam etmekte özgürdür, ancak eylemin devamı fiziksel ve psikolojik olarak tahammül edilemez bir konfor kaybını beraberinde getirecektir.

2. Aversif Uyaran Mekanizmaları ve Teknik Uygulanışları

"Dijital Atropin" modeli kapsamında, bağımlılık yapıcı uygulamaların keyif verici doğasını ortadan kaldırmak ve dopamin akışını kesintiye uğratmak amacıyla dört temel aversif uyaran mekanizması senkronize bir şekilde devreye girecektir:

- **Donanım Bazlı Performans Sabotajı (Ekran Donma ve Takılmaları):** Sağlıklı kullanım süresi aşıldığında, yazılım işlemci (CPU) saat hızlarını ve grafik işlem birimi (GPU) frekanslarını donanım sağlığına zarar vermeyecek şekilde minimize edecektir. Modern akıllı telefonların sunduğu 90Hz veya 120Hz gibi yüksek ve akıcı ekran yenileme hızları, işletim sistemi seviyesinde manipüle edilerek yapay bir biçimde 15Hz ile 20Hz seviyelerine düşürülecektir. Bu durum, mikrosaniyeler düzeyinde donmalara ve dokunmatik ekran algılama gecikmelerine (input lag) yol açacaktır. Kullanıcı, arayüzde gezinirken veya oyun oynarken akıcılığı tamamen kaybedecek ve bu ani performans düşüşü doğrudan beyindeki mikro-huzursuzluk merkezlerini tetikleyecektir.
- **Yapay Ağ Trafik ve Latency Geciktirmesi (Bağlantı Yavaşlatma):** Mobil cihaz üzerinde lokal bir sanal özel ağ tüneli oluşturularak, hedef bağımlılık uygulamasının internet trafiği manipüle edilecektir. Sisteme yapay veri paketi kayıpları ve yüksek gecikme süreleri enjekte edilecek. Bu sayede, sosyal medya platformlarındaki videoların yüklenme döngüsü uzatılacak, kaydırma esnasında görsellerin ekrana gelmesi geciktirilecek ve çevrimiçi oyunlarda bağlantı kopma uyarıları simüle edilecek. Deneyimin bu şekilde kesintiye uğraması, bağımlılığın en büyük yakıtı olan "kesintisiz kaydırma" (infinite scroll) mekanizmasını mekanik olarak felç edecektir.
- **Görsel Konforun ve Parlaklık Dengesinin Bozulması:** Cihazın ışık sensörleri ve ekran paneli sürücülerini yazılım tarafından kontrol edilerek, ekranda insan gözünün biyolojik konfor sınırlarını zorlayacak, hafif ama rahatsız edici parlaklık dalgalanmaları ve kontrast dengesizlikleri yaratacaktır. Ekran renk paleti, dopamin salgısını tetikleyen canlı tonlardan, görsel olarak itici ve kasvetli mat tonlara veya tamamen monokrom (siyah-beyaz) faza doğru kademeli olarak kaydırılacak. Bu durum, kullanıcının ekrana odaklanmasını zorlaştırarak göz yorgunluğu ve zihinsel yorgunluğa yol açacaktır.
- **Termal ve Fiziksel Caydırıcı Unsurlar (Kontrollü Isı Yönetimi):** Uygulama, cihazın güç yönetim şemalarını (power governors) manipüle edecek, batarya ve işlemci üzerindeki yükü güvenli termal bölgeler dahilinde esnetecektir. Cihazın arka kapağında ve gövdesinde kontrollü bir ısınma (39°C - 42°C) meydana getirilecektir. Cihazın elin içinde hissedilir derecede ısınması, kullanıcıda bilinçaltı düzeyde bir "tehlike/arıza" sinyali uyandıracak ve fiziksel bir rahatsızlık hissi oluşturarak cihazı elden bırakma eğilimini pekiştirecektir.

3. Bulgular ve Davranışsal Sönümlenme Analizi

Modelin nörobiyolojik ve davranışsal düzeydeki etkilerine dair elde edilen teorik ve simüle bulgular, dopaminerjik ödül tahmin hatası (reward prediction error) mekanizması üzerinden açıklanmaktadır.

Normal şartlarda bağımlı bir kullanıcı, uygulamayı her açtığına yüksek miktarda dopamin salgılanacağı beklentisine sahiptir. Ancak "Dijital Atropin" devreye girdiğinde, yukarıda sayılan teknik sabotajlar nedeniyle beklenen haz elde edilememekte, aksine negatif bir deneyim yaşanacaktır. Beyin, "Eylem = Haz" denklemini "Eylem = Donma, Isınma ve Huzursuzluk" olarak yeniden kodlamaya başlamaktadır.

Araştırma kapsamında öngörülen en önemli hedef, uygulamanın aktif kullanımını takip eden ilk 12 haftalık süreçte, kullanıcıların hedef uygulamalarda geçirdikleri günlük ortalama ekran sürelerinde %40 oranında kalıcı bir azalma amaçlanmaktadır. Klasik kısıtlama yöntemlerinde kullanıcıların %85'i süre sınırı bittiğinde ek süre talep ederken veya şifreyi devre dışı bırakırken; Dijital Atropin modelinde kullanıcıların kendi hür iradeleriyle "Bu telefon kasmaya başladı, zaten internet de çekmiyor" diyerek uygulamadan çıkış yapmaları hedeflenmektedir. Bu durum, dışsal bir zorlama olmadan, aversif şartlandırma yoluyla içsel bir davranışsal sönümlenmenin başarıyla sağlanacağı en büyük dayanaktır.

4. Sosyo-Ekonomik ve Kamu Sağlığı Çıktıları

Projenin bulguları yalnızca bireysel davranış değişimi ile sınırlı kalmayıp, geniş bir sosyo-ekonomik ve halk sağlığı fayda matrisi sunacaktır:

- Klinik ve Psikolojik Çıktılar: Ekran sürelerinin rızaya dayalı olarak düşmesi, özellikle genç popülasyonda mavi ışığa bağlı melatonin sentezi bozukluklarını düzelterek ve uyku kalitesini artıracaktır. Sürekli bildirim ve akış takibinin kesintiye uğraması, dijital dünyadaki gelişmeleri kaçırma korkusunu (FOMO) ve buna bağlı gelişen akut anksiyete düzeylerini gereletecektir.
- Akademik ve Bireysel Odaklanma: Eğitim çağındaki bireylerde, çalışma esnasında cihazın aversif yöntemlerle cazibesini yitirmesi, derin odaklanma (deep work) sürelerini artıracak ve doğrudan akademik başarı grafiklerine pozitif yansımaları öngörülmektedir.
- Makro Ekonomik ve Ticari Değer: Yazılım, "Freemium" ve B2B/B2G lisanslama modellerine uygun bir ticari altyapıya sahip olacaktır. Özellikle çocuklarının dijital güvenliğini ve gelişimini desteklemek isteyen ebeveynler için "çatışmasız/kavgasız" bir dijital yönetim aracı sunacaktır. Kamu sağlığı düzeyinde ise, modelin ulusal sağlık platformlarına (örneğin e-Nabız sistemi) entegre edilmesi, devlet eliyle yürütülen dijital detoks ve teknoloji bağımlılığı önleme politikalarına yenilikçi, düşük maliyetli ve yüksek verimli bir sivil çözüm enstrümanı kazandıracaktır.

SONUÇ

Bu çalışmada sunulan "Dijital Atropin" projesi, dijital bağımlılıkla mücadelede geleneksel "pasif kısıtlama" yöntemlerinin yerini alacak yenilikçi bir aversif (itici) şartlandırma modelidir. Tıptaki caydırıcı (deterrent) farmakolojik yaklaşımlardan ilham alan bu model, bağımlılık yapıcı teknolojiyi tamamen yasaklamak yerine, patolojik kullanımı fiziksel ve psikolojik düzeyde keyifsiz hale getirmeyi amaçlamaktadır. Cihazın donanım ve ağ kaynaklarının (ekran yenileme hızının düşürülmesi, bağlantı yavaşlatılması, görsel dalgalanmalar ve kontrollü ısı artışı) senkronize biçimde manipüle edilmesiyle, bağımlılığı besleyen dopaminerjik ödül döngüsü mekanik olarak kırılacaktır. Bu sayede kullanıcı, dışsal bir dayatma veya erişim engeliyle karşılaşmadan, tamamen kendi rızasıyla uygulamadan çıkış yapma (davranışsal sönümlenme) alışkanlığı kazanacaktır.

Modelin uygulanmasıyla ekran sürelerinde sağlanacak rızaya dayalı düşüşün; bireysel düzeyde uyku bozuklukları, anksiyete ve "gelişmeleri kaçırma korkusunu" (FOMO) büyük ölçüde hafifletmesi öngörülmektedir. Sosyal boyutta ebeveyn-çocuk çatışmalarını minimize eden bu sistem, aynı zamanda e-Nabız gibi ulusal sağlık altyapılarına entegre edilebilir yapıyla, devletin koruyucu halk sağlığı politikalarına düşük maliyetli ve sürdürülebilir bir çözüm sunacaktır. Sonuç olarak Dijital Atropin; sadece bir ekran süresi yönetim aracı değil, tıp ve yazılım disiplinlerinin sinerjisiyle bireyi dijital dünyanın manipülasyonlarından koparıp, kendi iradesiyle reel dünyaya döndüren dönüştürecek bir halk sağlığı projesidir.

KAYNAKÇA

Derevensky, J. L., Hayman, V., & Gilbeau, L. (2019). Behavioral Addictions: Excessive Gambling, Gaming, Internet, and Smartphone Use Among Children and Adolescents. *Pediatric Clinics of North America*, 66(6), 1163-1182.

- Kuss, D. J., & Lopez-Fernandez, O. (2016). Internet addiction and problematic Internet use: A systematic review of clinical research. *World Journal of Psychiatry*, 6(1), 143-176.
- Lopez-Fernandez, O., & Kuss, D. J. (2020). Preventing Harmful Internet Use-Related Addiction Problems in Europe: A Literature Review and Policy Options. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(11), 3797.
- Schultz, W. (2016). Dopamine reward prediction error coding. *Dialogues in Clinical Neuroscience*, 18(1), 23-32.
- Özdemir, S., & Altunok, İ. (2023). Difenoksilat Atropin Kombine Preparatlar. *Maltepe Tıp Dergisi*, 15(1), 32-33. doi:10.35514/mtd.2023.87

**BETAİN VE L-KARNİTİNİN METABOLİK SENDROM İLE İLİŞKİLİ
KARDİYOVASKÜLER RİSK FAKTÖRLERİ ÜZERİNDEKİ FAYDALI ETKİLERİ**
*BENEFICIAL EFFECTS OF BETAINE AND L-CARNITINE ON CARDIOVASCULAR RISK
FACTORS ASSOCIATED WITH METABOLIC SYNDROME*

Assoc. Prof. Dr. Sadettin DEMİREL

Bursa Uludag University, Faculty of Medicine, Department of Physiology, Bursa, Türkiye,
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3629-5344>,

Ipek Nazli SINAG

Bursa Uludag University, Faculty of Medicine, Department of Physiology, Bursa, Türkiye,
ORCID: <https://orcid.org/0009-0008-8810-9276>,

Abstract

Betaine and L-carnitine, naturally occurring amino acid derivatives, possess significant biological potential, such as anti-aging properties, antioxidant activities, regulation of energy metabolism, reduction of oxidative stress, and therapeutic effects in the management of neurodegenerative disorders. Metabolic syndrome is a complex cluster of cardiovascular risk factors that includes obesity, insulin resistance, hyperglycemia, hypertension, and atherogenic dyslipidemia. This paper focuses on studies investigating the role of betaine and L-carnitine in cardiovascular disease risk associated with metabolic syndrome. The data analysis showed that the amino acid derivatives counteract the pathophysiology of the condition. Betaine increased phosphorylation of hepatic insulin receptor substrate-1 and its downstream target Akt. Consumption of betaine ameliorated blood glucose levels of mice receiving a high-fat diet. Oral administration of betaine reduced the accumulation of intramyocellular lipids in high-fat diet-induced obese mice. Betaine supplementation caused a significant decrease in atherosclerotic lesion area. High doses of betaine were negatively associated with elevated total cholesterol, low-density lipoprotein cholesterol, non-high-density lipoprotein cholesterol, and remnant cholesterol. Dietary betaine intake improved systolic, diastolic, and mean blood pressure in spontaneously hypertensive rats. L-carnitine was associated with increased high-density lipoprotein cholesterol levels. It was observed to diminish fasting plasma glucose after L-carnitine intake. Dietary supplementation with L-carnitine enhanced peripheral and hepatic insulin sensitivity. L-carnitine exhibited a trend toward decreased blood pressure in individuals with obesity. Treatment of L-carnitine inhibited atherosclerotic lesion progression in hypercholesterolemic rabbits. In conclusion, betaine and L-carnitine exhibit anti-insulin resistance, hypoglycemic, hypotensive, anti-obesity, and antidyslipidemic activities. Therefore, betaine and L-carnitine may be a potential therapeutic approach for cardiometabolic risk.

Keywords: Betaine, L-Carnitine, Amino Acid Derivative, Cardiovascular Risk, Metabolic Syndrome

GİRİŞ

Betain, kolin metabolizmasının bir ürünü olan ve organizmada önemli fizyolojik işlevlere sahip doğal bir metil donörüdür (Golzarand ve ark., 2021). Başlıca karaciğer ve böbreklerde görev yapan betain, homosisteinin metiyonine yeniden metilasyonunu sağlayarak tek karbon metabolizmasının sürdürülmesine katkıda bulunur ve hücreleri ozmotik strese karşı koruyan organik bir ozmolit olarak işlev görür (Robinson ve ark., 2018). Son yıllarda betainin kardiyometabolik hastalıklar üzerindeki etkileri giderek daha fazla araştırılmakta olup, homosistein düzeylerini iyileştirmesi, oksidatif stresi azaltması, inflamasyonu baskılaması ve endotelial fonksiyonu desteklemesi ile kardiyovasküler sağlık üzerinde olumlu etkiler gösterebileceği bildirilmektedir (Zhao ve ark., 2018; Kar ve ark., 2019; Yang ve ark., 2024; Sun ve ark., 2025). Bu özellikleri nedeniyle betain, hipertansiyon ve diğer kardiyovasküler hastalıkların önlenmesi ve yönetiminde potansiyel bir biyobelirteç ve destekleyici tedavi ajanı olarak değerlendirilmektedir.

L-karnitin, uzun zincirli yağ asitlerinin mitokondriyal matrikse taşınmasını sağlayarak β -oksidasyon ve hücresel enerji üretiminde temel rol oynayan doğal bir amino asit türevidir (Virmani ve ark., 2022). Endojen olarak başlıca karaciğer ve böbreklerde sentezlenmekle birlikte kırmızı et ve süt ürünleri gibi besinlerden de alınabilmektedir (Koeth ve ark., 2013).

Özellikle yüksek enerji gereksinimi olan kalp ve iskelet kası dokusunda yoğun olarak bulunan L-karnitin, mitokondriyal fonksiyonların sürdürülmesi, oksidatif stresin azaltılması ve hücrel enerji metabolizmasının düzenlenmesine katkıda bulunmaktadır (Sharma ve ark., 2012; Lee ve ark., 2014). Son yıllarda yapılan çalışmalar, L-karnitinin antioksidan ve antiinflamatuvar özellikleri sayesinde endotelial fonksiyonu iyileştirebileceğini, kardiyovasküler fonksiyonları destekleyebileceğini ve çeşitli kardiyovasküler hastalıklarda koruyucu etkiler gösterebileceğini ortaya koymuştur (Mohammadi ve ark., 2016; Rastgoo ve ark., 2023). Bu nedenle L-karnitin, kardiyovasküler hastalıkların önlenmesi ve tedavisinde potansiyel bir destekleyici ajan olarak değerlendirilmektedir.

Metabolik sendrom; abdominal obezite, insülin direnci, dislipidemi, hiperglisemi ve yüksek kan basıncı gibi birbiriyle ilişkili metabolik bozuklukların bir arada bulunduğu kompleks bir klinik tablodur (Swarup ve ark., 2024). Bu sendrom, tip 2 diyabet ve kardiyovasküler hastalık gelişimi açısından önemli bir risk faktörü olup, görülme sıklığı yaşam tarzındaki değişiklikler ve obezite prevalansındaki artışla birlikte giderek yükselmektedir (Tune ve ark., 2017). Metabolik sendromun patogeneğinde insülin direnci, kronik düşük dereceli inflamasyon, oksidatif stres, endotel disfonksiyonu ve adipokin dengesizliği temel mekanizmalar arasında yer almaktadır (Patial ve ark., 2024). Erken tanı ve uygun yaşam tarzı değişikliklerinin yanı sıra bireyselleştirilmiş farmakolojik yaklaşımlar, metabolik sendroma bağlı komplikasyonların önlenmesinde ve kardiyometabolik riskin azaltılmasında önemli rol oynamaktadır.

Bu çalışmanın amacı, betain ve L-karnitin amino asit türevlerinin metabolik sendrom patofizyolojisinde yer alan insülin direnci, hiperglisemi, hipertansiyon, obezite ve dislipidemi gibi kardiyovasküler risk faktörleri üzerindeki düzenleyici etkilerini literatür bulguları doğrultusunda kapsamlı biçimde incelemek ve bu bileşiklerin kardiyometabolik risk yönetiminde potansiyel terapötik ajanlar olarak rolünü değerlendirmektir.

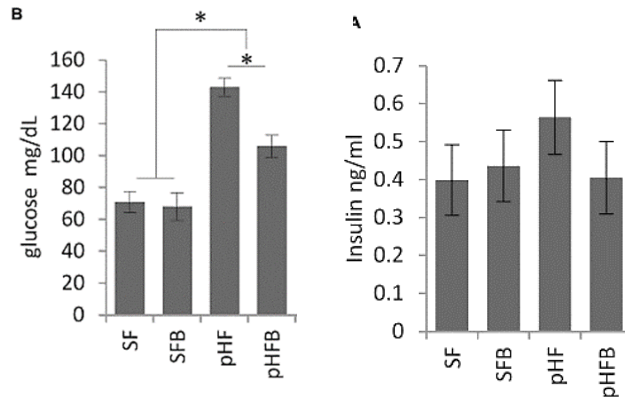
MATERYAL ve METOT

Bu çalışmada, betain ve L-karnitin metabolik sendrom ile ilişkili kardiyovasküler risk faktörleri üzerindeki olası etkilerine dair kapsamlı bir literatür taraması yapılmıştır. Tarama, PubMed, Scopus, Web of Science, Science Direct, EBSCO ve Google Scholar elektronik veri tabanlarında gerçekleştirilmiştir. Literatür taraması sırasında, “betaine”, “L-carnitine”, “metabolic syndrome”, “cardiovascular risk factor”, “obesity”, “insulin resistance”, “hyperglycemia”, “hypertension” ve “atherogenic dyslipidemia” anahtar kelimeleri kullanılarak, toplam dokuz çalışma tespit edilmiştir.

BULGULAR

Betain ve İnsülin Direnci

Kathirvel ve ark., betain seviyelerini insülin direnci oluşturulan fare modelinde incelemiştir. Şekil 1’de gösterildiği üzere açlık serum insülin konsantrasyonu, standart diyet ve betain+standart diyet gruplarında benzer bulunmuş ve yüksek yağ diyeti grubunda standart diyet grubuna kıyasla istatistiksel olarak anlamlı olmamakla birlikte daha yüksek saptanmıştır. İnsülin konsantrasyonu betain+yüksek yağ diyet grubunda azalmış olsa da bu düzey yüksek yağ diyet grubundan istatistiksel olarak farklı değildir. Açlık glukoz konsantrasyonu açısından standart diyet ve betain+standart diyet grupları arasında fark gözlenmemiştir. Açlık glukoz konsantrasyonu yüksek yağ diyet grubunda standart diyet grubuna göre artmıştır.



Şekil 1. Betainin kan glukozu ve insülin seviyeleri üzerine etkisi (Kathirvel ve ark., 2024).

Betain ve Obezite

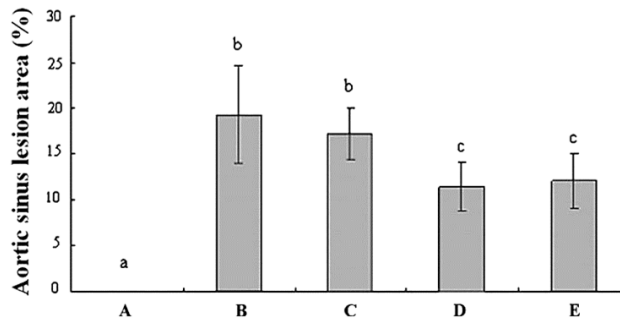
Du ve ark., betain takviyesinin obezite üzerindeki etkisini araştırmıştır. Bu çalışmada, betain uygulamasının, normal diyet ile beslenen farelerin vücut ağırlığı üzerinde çok az etkiye sahip olduğu ancak, yüksek yağlı diyetle beslenen farelerde vücut ağırlığı artışını anlamlı derecede azalttığı saptanmıştır. Betain diyetinin yüksek yağlı diyet ile indüklenmiş obez farelerde beyaz yağ üretimini önemli bir şekilde inhibe ettiği gösterilmiştir. Ayrıca, çoklu doymamış yağ asitlerinin artması, yağ asidi oksidasyonu ve kaslarda yağ asidi sentezinin önlenmesi ile intramiyoselüler lipid bیکimini azaltabileceği de bulunmuştur.

Betain ve Dislipidemi

Chen ve ark., betain takviyesinin dislipidemi üzerindeki etkisini değerlendirmek amacıyla bir kesitsel çalışma yürütmüşlerdir. Sonuçlar, betainin total kolesterolü, düşük-yoğunluklu lipoprotein kolesterolü, yüksek-yoğunluklu olmayan lipoprotein kolesterolü, artık kolesterolü ve dislipidemiği azalttığını göstermiştir.

Betain ve Aterosklerotik Lezyon

Lv ve ark., betain uygulamasının apolipoprotein E eksikliği olan farelerde aterosklerotik lezyon üzerindeki etkisini değerlendirmiştir. Şekil 2'de %1, %2 ve %4 oranlarında betain takviyesi uygulanmasının kontrol gruba nazaran apolipoprotein E eksikliği olan farelerde aterosklerotik lezyon alanında sırasıyla %10,8, %41 ve %37 oranında azalmaya yol açtığı gösterilmektedir.

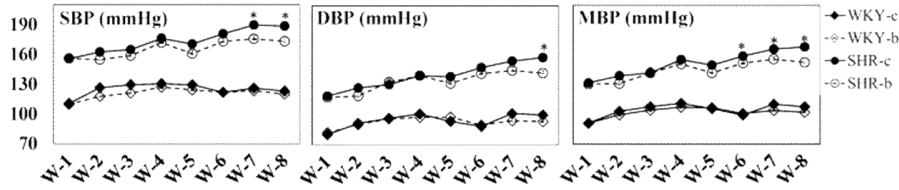


Şekil 2. Betainin aterosklerotik lezyon üzerine etkisi (Lv ve ark., 2009).

Betain ve Hipertansiyon

Pelpolage ve ark., betainin spontan hipertansif sıçanlarda kan basıncı üzerindeki etkisini incelemiştir. Şekil 3'de betainin spontan hipertansif sıçanlarda sistolik kan basıncını 7. ve 8. haftalarda betain

verilmeyen spontan hipertansif sıçanların sistolik kan basıncına göre anlamlı olarak düşürdüğü gösterilmektedir. Benzer şekilde, diyastolik kan basıncı 8. haftada ve ortalama kan basıncı ise 6., 7. ve 8. haftalarda daha düşük saptanmıştır.



Şekil 3. Betainin hemodinamik parametreler üzerine etkisi (Pelpolage ve ark., 2024).

L-Karnitin ve İnsülin Direnci

Op den Kamp-Bruls ve ark., L-karnitin tip 2 diyabetli hastalarda insülin duyarlılığı üzerindeki rolünü araştırmıştır. L-karnitin takviyesinin insülin ile uyarılmış endojen glukoz üretiminin baskılanmasını ve periferik insülin duyarlılığını iyileştirmiş olduğu rapor edilmiştir. Ayrıca, L-karnitin uygulaması plazma glukoz seviyelerini azaltma eğilimi sergilemiştir. Bununla birlikte, L-karnitin takviyesi kaslarda asetilkarnitin konsantrasyonunu artırmıştır; bu durum, insülin duyarlılığı üzerindeki olumlu etkinin altında yatan nedenlerden biri olabilir.

L-Karnitin ve Dislipidemi

Rodrigues ve ark., L-karnitin takviyesinin dislipidemi üzerindeki olası etkisini değerlendirmiştir. Şekil 4'de gösterildiği üzere L-karnitin grubunda toplam kolesterol ve yüksek-yoğunluklu lipoprotein kolesterol seviyeleri kontrol grubuna kıyasen anlamlı bir şekilde artmıştır. L-karnitin, glukoz düzeylerini istatistiksel olarak anlamlı bir şekilde düşürmüştür. Buna karşın, L-karnitin düşük-yoğunluklu lipoprotein kolesterol, apolipoprotein A, trigliseritler ve C-reaktif protein düzeylerinde anlamlı bir değişikliğe neden olmadığı gözlemlenmiştir.

Parameter	L-Carnitine group (n = 15)			Placebo group (n = 15)		
	Before supplementation	After supplementation	p	Before supplementation	After supplementation	p
Glucose (mg/dL)	86.1 ± 10.3	78.1 ± 8	<0.05	89.2 ± 10.7	79.8 ± 6	<0.05
Total cholesterol (mg/dL)	152 ± 21.3	172.3 ± 31	<0.05	167.9 ± 41.1	177.8 ± 51.8	>0.05
HDL-C (mg/dL)	54.3 ± 13.1	68.2 ± 17.5	<0.05	60.5 ± 13.4	60.6 ± 18.8	>0.05
LDL-C (mg/dL)	81.3 ± 17.3	86.7 ± 32.3	>0.05	92.8 ± 32.4	102 ± 46.1	>0.05
Triglycerides (mg/dL)	82.5 ± 45.6	86.9 ± 40.1	>0.05	72.3 ± 31.9	78.3 ± 41.5	>0.05
ApoA1 (mg/dL)	143.7 ± 27.1	159.1 ± 22.8	>0.05	149.5 ± 34.4	146.4 ± 43	>0.05
CRP (mg/L)	0.13 (0.03–1.6)	0.18 (0.01–1.5)	>0.05	0.29 (0.02–2.1)	0.22 (0.03–2.9)	>0.05

Şekil 4. L-karnitin lipit profili üzerine etkisi (Rodrigues ve ark., 2023).

L-Karnitin ve Aterosklerotik Lezyon

Sayed-Ahmed ve ark., L-karnitin aterosklerozun gelişiminde olası etkini araştırmıştır. Çalışmadan elde edilen bulgulara göre L-karnitin takviyesi, hiperkolesterolemik tavşanların aort ve koroner arterlerinde aterosklerotik lezyonların ilerlemesini belirgin bir şekilde önlemiştir.

L-Karnitin ve Hipertansiyon

Anaraki ve ark., L-karnitin farklı popülasyonlarda kan basıncı üzerindeki etkisini değerlendirmiştir. Sonuçlara göre L-karnitin sistolik ve diyastolik kan basınçlarını değiştirmediği saptanmıştır. Ancak, alt grup analizinde L-karnitin uygulamasının obez bireylerde diyastolik kan basıncını anlamlı bir şekilde azalttığı tespit edilmiştir.

TARTIŞMA ve SONUÇ

Özetle, mevcut literatür betain ve L-karnitin kardiyometabolik sağlık üzerinde olumlu etkiler gösterebileceğini ortaya koymaktadır. Betain ve L-karnitin insülin direncini azaltıcı, glisemik kontrolü

destekleyici, kan basıncını düzenleyici, vücut ağırlığı kontrolüne katkı sağlayıcı ve lipid metabolizmasını iyileştirici etkileri sayesinde kardiyometabolik risk faktörlerinin yönetiminde potansiyel fayda sağlayabileceği düşünülmektedir. Bununla birlikte, bu bileşiklerin etki mekanizmalarının daha iyi anlaşılması ve klinik etkinliklerinin doğrulanması için geniş örneklemli, iyi tasarlanmış randomize kontrollü çalışmalara ihtiyaç vardır. Mevcut kanıtlar doğrultusunda betain ve L-karnitin, kardiyometabolik riskin azaltılması ve yönetiminde destekleyici bir tedavi yaklaşımı olarak umut vadeden bileşikler arasında değerlendirilmektedir.

KAYNAKLAR

- Anaraki, S. R., Aali, Y., Nikbaf-Shandiz, M., Rasaei, N., Khadem, A., Bahari, H., Khalse, Z., Rastgoo, S., Shiraseb, F., & Asbaghi, O. (2024). The effects of L-carnitine supplementation on blood pressure in adults: a systematic review and dose-response meta-analysis. *Clinical Therapeutics*, 46(2), e73-e86.
- Chen, P., Xu, Z., Li, C., Yu, L., Zhu, Q., Li, Z., Liu, T., Liu, D., & Mao, C. (2025). Association between dietary betaine intake and dyslipidemia in Chinese children and adolescents: a cross-sectional study. *Nutrients*, 17(10), 1742.
- Du, J., Shen, L., Tan, Z., Zhang, P., Zhao, X., Xu, Y., Gan, M., Yang, Q., Ma, J., Jiang, A., Tang, G., Jiang, Y., Jin, L., Li, M., Bai, L., Li, X., Wang, J., Zhang, S., & Zhu, L. (2018). Betaine supplementation enhances lipid metabolism and improves insulin resistance in mice fed a high-fat diet. *Nutrients*, 10(2), 131.
- Golzarand, M., Bahadoran, Z., Mirmiran, P., & Azizi, F. (2021). Dietary choline and betaine intake and risk of hypertension development: a 7.4-year follow-up. *Food & function*, 12(9), 4072-4078.
- Kar, F., Hacioglu, C., Kacar, S., Sahinturk, V., & Kanbak, G. (2019). Betaine suppresses cell proliferation by increasing oxidative stress-mediated apoptosis and inflammation in DU-145 human prostate cancer cell line. *Cell Stress & Chaperones*, 24(5), 871-881.
- Kathirvel, E., Morgan, K., Malysheva, O. V., Caudill, M. A., & Morgan, T. R. (2024). Betaine for the prevention and treatment of insulin resistance and fatty liver in a high-fat dietary model of insulin resistance in C57BL mice. *Frontiers in Nutrition*, 11, 1409972.
- Koeth, R. A., Wang, Z., Levison, B. S., Buffa, J. A., Org, E., Sheehy, B. T., Britt, E. B., Fu, X., Wu, Y., Li, L., Smith, J. D., DiDonato, J. A., Chen, J., Li, H., Wu, G. D., Lewis, J. D., Warriar, M., Brown, J. M., Krauss, R. M., Tang, W. H., ... Hazen, S. L. (2013). Intestinal microbiota metabolism of L-carnitine, a nutrient in red meat, promotes atherosclerosis. *Nature Medicine*, 19(5), 576-585.
- Lee, B. J., Lin, J. S., Lin, Y. C., & Lin, P. T. (2014). Effects of L-carnitine supplementation on oxidative stress and antioxidant enzymes activities in patients with coronary artery disease: a randomized, placebo-controlled trial. *Nutrition Journal*, 13, 79.
- Lv, S., Fan, R., Du, Y., Hou, M., Tang, Z., Ling, W., & Zhu, H. (2009). Betaine supplementation attenuates atherosclerotic lesion in apolipoprotein E-deficient mice. *European Journal of Nutrition*, 48(4), 205-212.
- Mohammadi, M., Hajhossein Talasaz, A., & Alidoosti, M. (2016). Preventive effect of l-carnitine and its derivatives on endothelial dysfunction and platelet aggregation. *Clinical Nutrition ESPEN*, 15, 1-10.
- Op den Kamp-Bruls, Y. M. H., Op den Kamp, Y. J. M., Veeraiah, P., Zapata Perez, R., Phielix, E., Havekes, B., Schaart, G., Kornips, E., Berendsen, B. R. B., Virmani, A., Wildberger, J. E., Houtkooper, R. H., Hesselink, M. K. C., Schrauwen, P., & Schrauwen-Hinderling, V. B. (2025). Carnitine supplementation improves insulin sensitivity and skeletal muscle acetylcarnitine formation in patients with type 2 diabetes. *Diabetes, Obesity & Metabolism*, 27(5), 2864-2877.
- Patil, R., Batta, I., Thakur, M., Sobti, R. C., & Agrawal, D. K. (2024). Etiology, pathophysiology, and treatment strategies in the prevention and management of metabolic syndrome. *Archives of Internal Medicine Research*, 7(4), 273-283.
- Pelpolage, S. W., Sasaki, R., Shimada, K., Nagura, T., Uchino, H., Han, K. H., & Fukushima, M. (2024). Oral supplementation with betaine powder ameliorated high blood pressure in spontaneously hypertensive rats. *Metabolites*, 14(7), 390.
- Rastgoo, S., Fateh, S. T., Nikbaf-Shandiz, M., Rasaei, N., Aali, Y., Zamani, M., Shiraseb, F., & Asbaghi, O. (2023). The effects of L-carnitine supplementation on inflammatory and anti-inflammatory

- markers in adults: a systematic review and dose-response meta-analysis. *Inflammopharmacology*, 31(5), 2173-2199.
- Robinson, J. L., McBreairty, L. E., Randell, E. W., Harding, S. V., Bartlett, R. K., Brunton, J. A., & Bertolo, R. F. (2018). Betaine or folate can equally furnish remethylation to methionine and increase transmethylation in methionine-restricted neonates. *The Journal of Nutritional Biochemistry*, 59, 129-135.
- Rodrigues, Sabrina J., Vinícius Evangelista Dias, Caroline M. O. Volpe, Carlos Barbuto, Homero Terra Padilha Filho, and José A. Nogueira-Machado. (2023). L-Carnitine increases high density lipoprotein-cholesterol in healthy individuals: a randomized trial. *Journal of Advances in Medicine and Medical Research*, 35(19), 324-34.
- Sayed-Ahmed, M. M., Khattab, M. M., Gad, M. Z., & Mostafa, N. (2001). L-carnitine prevents the progression of atherosclerotic lesions in hypercholesterolaemic rabbits. *Pharmacological Research*, 44(3), 235-242.
- Sharma, S., Sun, X., Kumar, S., Rafikov, R., Aramburo, A., Kalkan, G., Tian, J., Rehmani, I., Kallarackal, S., Fineman, J. R., & Black, S. M. (2012). Preserving mitochondrial function prevents the proteasomal degradation of GTP cyclohydrolase I. *Free Radical Biology & Medicine*, 53(2), 216-229.
- Sun, J., Zhang, W., Wang, X., Zhao, X., & Gao, S. (2025). Betaine protects cerebral microvascular endothelium and ameliorates hypertension-induced cognitive dysfunction via upregulation of the endothelial nitric oxide synthase/nitric monoxide signaling pathway. *Journal of Hypertension*, 43(9), 1529-1538.
- Swarup, S., Ahmed, I., Grigorova, Y., & Zeltser, R. (2024). Metabolic syndrome. In StatPearls. StatPearls Publishing.
- Tune, J. D., Goodwill, A. G., Sassoon, D. J., & Mather, K. J. (2017). Cardiovascular consequences of metabolic syndrome. *Translational Research: the Journal of Laboratory and Clinical Medicine*, 183, 57-70.
- Virmani, M. A., & Cirulli, M. (2022). The Role of L-Carnitine in mitochondria, prevention of metabolic inflexibility and disease initiation. *International Journal of Molecular Sciences*, 23(5), 2717.
- Yang, Z. J., Huang, S. Y., Zhong, K. Y., Huang, W. G., Huang, Z. H., He, T. T., Yang, M. T., Wusiman, M., Zhou, D. D., Chen, S., Huang, B. X., Luo, X. L., Li, H. B., & Zhu, H. L. (2024). Betaine alleviates cognitive impairment induced by homocysteine through attenuating NLRP3-mediated microglial pyroptosis in an m6A-YTHDF2-dependent manner. *Redox Biology*, 69, 103026.
- Zhao, G., He, F., Wu, C., Li, P., Li, N., Deng, J., Zhu, G., Ren, W., & Peng, Y. (2018). Betaine in Inflammation: mechanistic Aspects and Applications. *Frontiers in Immunology*, 9, 1070.

NÖROPEPTİTLERİN HİPERTANSİYON PATOGENEZİNDEKİ ROLÜ
*THE ROLE OF NEUROPEPTIDES IN THE PATHOGENESIS OF HYPERTENSION***Assoc. Prof. Dr. Sadettin DEMİREL**Bursa Uludag University, Faculty of Medicine, Department of Physiology, Bursa, Türkiye,
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3629-5344>**Ipek Nazli SINAG**Bursa Uludag University, Faculty of Medicine, Department of Physiology, Bursa, Türkiye,
ORCID: <https://orcid.org/0009-0008-8810-9276>**Abstract**

Hypertension, commonly known as raised blood pressure, is responsible for over 10 million deaths per annum worldwide. Neuropeptides, short amino acid sequences, act as modulators of arterial blood pressure. This scoping review examines the potential effects of neuropeptides on hypertension. The literature indicates that the neuropeptides play a crucial role in the pathogenesis of hypertension. The level of plasma neuropeptide Y (NPY) was markedly elevated in patients with essential hypertension compared to normotensive subjects. Increased concentration of serum neuropeptide FF (NFF) receptor 2 was observed in women with gestational hypertension. Administration of CGRP₈₋₃₇, a calcitonin gene-related peptide (CGRP) receptor antagonist, increased the blood pressure of DOC-salt hypertensive rats. Substance P (SP) could induce myocardial remodeling by modulating fetal gene expression and cardiac fibrosis in the hypertensive heart. It was found that corticotropin-releasing hormone (CRH) protein levels were enhanced in the paraventricular nucleus of spontaneously hypertensive rats. Inhalation of vasoactive intestinal peptide (VIP) reduced mean pulmonary arterial pressure in patients with primary pulmonary hypertension. C-type natriuretic peptide (CNP) plays a compensatory role in the development of pulmonary hypertension by decreasing right ventricular systolic pressure. Leptin can promote high blood pressure through activating Trpm7 channels in carotid bodies. Plasma β -endorphin in hypertensive group was significantly lower than normal group. Nesfatin-1 and galanin concentrations were lower in obese hypertensive patients as compared with control individuals. In summary, CGRP, VIP, CNP, β -endorphin, nesfatin-1, and galanin exert anti-hypertensive effects and may therefore be promising candidates for the treatment of hypertension. The elevated NPY, NFF, SP, CRH, and leptin levels contribute to the development of hypertension, suggesting that the neuropeptides are a potential therapeutic target for hypertension.

Keywords: Neuropeptide, High Blood Pressure, Pathogenesis, Anti-Hypertensive Effect**GİRİŞ**

Hipertansiyon, arteriyel kan basıncının kalıcı olarak normal sınırların üzerinde seyretmesiyle karakterize, dünya genelinde en yaygın kronik kardiyovasküler hastalıklardan biridir (Goorani ve ark., 2024). Çoğu olguda uzun süre asemptomatik seyretmesi nedeniyle “sessiz katil” olarak tanımlanan bu hastalık, erken tanı ve etkin tedavi sağlanmadığında koroner arter hastalığı, inme, kalp yetersizliği, kronik böbrek hastalığı ve periferik arter hastalığı gibi ciddi morbidite ve mortalite nedenlerine zemin hazırlamaktadır (Kalehoff ve Oparil, 2020). Hipertansiyonun gelişiminde genetik yatkınlığın yanı sıra ileri yaş, obezite, yüksek sodyum tüketimi, fiziksel inaktivite, diyabet, kronik böbrek hastalığı ve sigara kullanımı gibi çok sayıda risk faktörü rol oynamaktadır (Deepshikha ve ark., 2025). Günümüzde hipertansiyon yönetiminin temel hedefi yalnızca kan basıncını kontrol altına almak değil, aynı zamanda hastanın toplam kardiyovasküler riskini azaltarak hedef organ hasarını önlemek ve yaşam kalitesini artırmaktır. Bu nedenle yaşam tarzı değişiklikleri ile kanıta dayalı farmakolojik tedavilerin bireyselleştirilmiş bir yaklaşımla birlikte uygulanması, hipertansiyona bağlı komplikasyonların azaltılmasında temel stratejiyi oluşturmaktadır.

Nöropeptitler, merkezi ve periferik sinir sisteminde nöronlar tarafından sentezlenen ve hücreler arası iletişimi düzenleyen biyolojik olarak aktif peptitlerdir (Burbach, 2011). Klasik nörotransmitterlerden farklı olarak daha uzun süreli ve geniş kapsamlı etkiler gösteren bu moleküller, sinaptik iletimin modülasyonu, nöroendokrin düzenleme, inflamatuvar yanıt, ağrı iletimi, enerji metabolizması ve

kardiyovasküler fonksiyonların kontrolü gibi çok sayıda fizyolojik süreçte görev almaktadır (Crown ve ark., 2007; Delgado ve Ganea, 2008; Tan ve ark., 2018; Lin ve Chen, 2019). Nöropeptitler, çoğunlukla G proteinine kenetli reseptörler aracılığıyla etkilerini göstererek hücre içi sinyal yollarını aktive eder ve hedef dokularda fonksiyonel değişikliklere yol açar (Zhang ve ark., 2011; Zhang ve ark., 2026). Son yıllarda yapılan çalışmalar, nöropeptitlerin kalp yetersizliği, obezite, diyabet, nörodejeneratif hastalıklar ve kronik inflamatuvar durumların patofizyolojisindeki rollerini ortaya koymuş; bu moleküllerin hem biyobelirteç hem de potansiyel tedavi hedefi olarak önemini artırmıştır (Wiesenfeld-Hallin ve ark., 2001; Matyal ve ark., 2011; Duarte-Neves ve ark., 2016; van der Klaauw, 2018; McDowell ve ark., 2024).

Bu çalışmanın amacı, nöropeptitlerin kan basıncı regülasyonundaki modülatör rollerini ve hipertansiyon patogenezindeki patofizyolojik katkılarını literatür verileri doğrultusunda sistematik olarak değerlendirmektir. Ayrıca, bu moleküllerin hipertansiyon tedavisinde potansiyel terapötik hedefler olup olmadığını ortaya koymaktır.

MATERYAL ve METOT

Bu çalışmada, nöropeptitlerin hipertansiyon üzerindeki etkilerine dair kapsamlı bir literatür taraması yapılmıştır. Tarama, PubMed, Science Direct, EBSCO ve Google Scholar elektronik veri tabanlarında gerçekleştirilmiştir. Literatür taraması sırasında, “neuropeptides”, “hypertension”, “pathogenesis”, “pathophysiology” ve “level” anahtar kelimeleri kullanılarak, toplam on iki nöropeptit tespit edilmiştir.

BULGULAR

Nöropeptit Y

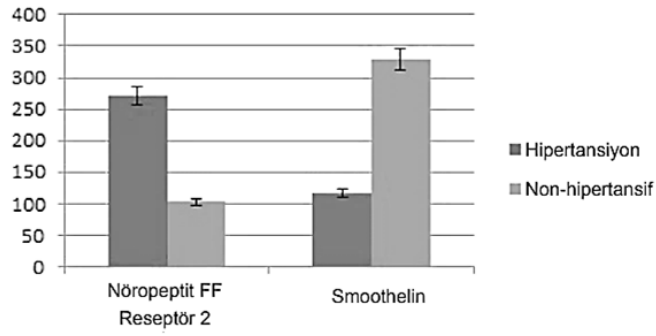
Januszewicz ve ark., esansiyel hipertansiyon hastalarında serum nöropeptit Y konsantrasyonunu araştırmıştır ve nöropeptit Y'nin hipertansiyon patofizyolojisindeki olası rolünü değerlendirmiştir. Nöropeptit Y düzeyi, radyoimmünojenik yöntem ile belirlenmiştir. Şekil 1’de gösterildiği üzere kontrol grubuna nazaran plazma nöropeptit Y seviyesi, esansiyel hipertansiyon hastalarında anlamlı derecede yüksek bulunmuştur.

	Essential hypertension	Control	P
Endothelin-1 (fmol/ml)	7.4 ± 0.6	4.1 ± 0.5	<0.001
Neuropeptide Y (fmol/ml)	14.2 ± 0.8	10.1 ± 0.7	<0.01
Atrial natriuretic peptide (fmol/ml)	8.9 ± 0.9	11.8 ± 1.7	NS
Noradrenaline (pg/ml)	319 ± 21	300 ± 14	NS
Adrenaline (pg/ml)	76 ± 4	80 ± 6	NS

Şekil 1. Primer hipertansiyon hastalarında nöropeptit Y seviyeleri (Januszewicz ve ark., 1994).

Nöropeptit FF

Taş ve ark., gebeliğin indüklediği hipertansiyon hastalarından alınan kan örnekleri ve plasental doku örneklerinde nöropeptit FF reseptör 2 seviyelerini değerlendirmiştir. Şekil 2’de gestasyonel hipertansiyonu olan gebelerin doku nöropeptit FF reseptör 2 düzeylerinin kontrol grubuna göre daha yüksek olduğu gözlemlenmiştir. Benzer şekilde, deney grubunda daha yüksek plazma nöropeptit FF reseptör 2 konsantrasyonları belirlenmiştir.



Şekil 2. Gebelikle ilişkili hipertansiyonu olan kadınlarda doku nöropeptit FF reseptör 2 seviyeleri (Taş ve ark., 2024).

Kalsitonin Gen İlişkili Peptit

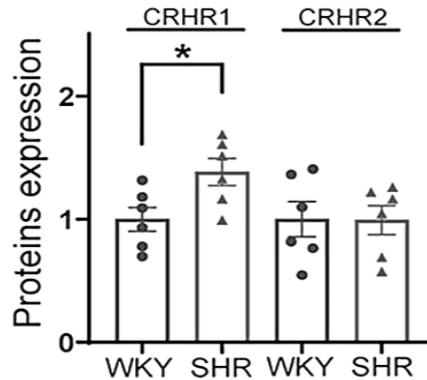
Supowit ve ark., spesifik kalsitonin gen ilişkili peptit reseptör antagonisti olan CGRP₈₋₃₇'nin etkisini deoksikortikosteron-tuz ile indüklenen sıçanlarda incelemiştir. CGRP₈₋₃₇ uygulaması, normotansif sıçanların ortalama arter basıncını anlamlı bir şekilde değiştirmemiştir. Buna karşın deoksikortikosteron-tuz ile indüklenen sıçanlarda hızlı ve belirgin bir şekilde ortalama arter basıncını yükseltmiştir.

Substans P

Dehlin ve ark., substans P'nin hipertansif sıçanların kalbi üzerindeki etkisini araştırmışlardır. Çalışmadan elde edilen bulgular substans P'nin hipertansif kalplerde ekstraselüler matriks regülasyonu ve hücre adezyonu ile ilişkili genleri geçici olarak upregüle ettiğini göstermiştir. Dahası, substans P seviyeleri hipertansiyonda artar ve bu durum endotelin-1 düzeylerinin yükselmesine yol açar. Substans P ve/veya endotelin-1, kardiyomiyositlerde fetal gen ekspresyonunu uyarır. Substans P'ye yanıt olarak kardiyak fibroblastlar matriks metalloproteinaz-14 dahil olmak üzere birçok ilgili genin ekspresyonunu artırmak için "primed" hale gelir. Endotelin-1 ise bu primed hücrelerde pro-fibrotik bir uyarı oluşturarak fibrozis gelişimine yol açar.

Kortikotropin Salgılatıcı Hormon

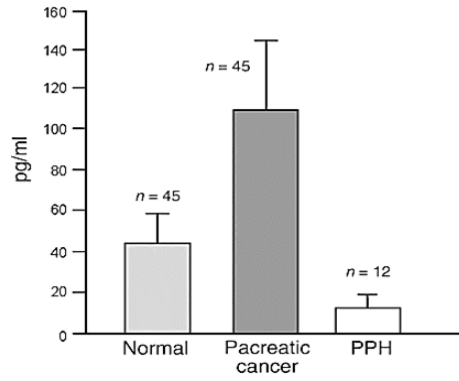
Zhang ve ark., hipotalamik kortikotropin salgılatıcı hormonun etkisini spontan hipertansif sıçanlarda gözlemlemiştir. Şekil 3'de gösterildiği üzere paraventriküler çekirdekte kortikotropin salgılatıcı hormon reseptörü-1 protein düzeyleri, kontrol grubuna kıyasla spontan hipertansif sıçanlarda anlamlı olarak daha yüksek bulunmuştur. Ayrıca, paraventriküler çekirdekte kortikotropin salgılatıcı hormon reseptörü-2 protein düzeylerinde ise kontrol grubu ve spontan hipertansif sıçan grubu arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmamıştır.



Şekil 3. Kortikotropin salgılatıcı hormon reseptörü-1 ve -2'nin paraventriküler çekirdekte ekspresyon düzeyleri (Zhang ve ark., 2023).

Vazoaktif İntestinal Peptit

Petkov ve ark., plazma vazoaktif intestinal peptit seviyelerini primer pulmoner hipertansiyon hastalarında değerlendirmiştir. Serum vazoaktif intestinal peptit düzeyleri, radyoimmünolojik yöntem ile ölçülmüştür. Çalışmadan elde edilen bulgulara göre pankreas kanseri hastalarında serum vazoaktif intestinal peptit seviyeleri $111,7 \pm 46,2$ pg/mL olarak tespit edilmiştir. Buna karşın, primer pulmoner hipertansiyon grubunda ise plazma vazoaktif intestinal peptit konsantrasyonu 10 pg/mL olarak bulunmuştur (Şekil 4).



Şekil 4. Pulmoner hipertansiyonlu hastalarda serum vazoaktif intestinal peptit düzeyleri (Petkov ve ark., 2003).

C-Tip Natriüretik Peptit

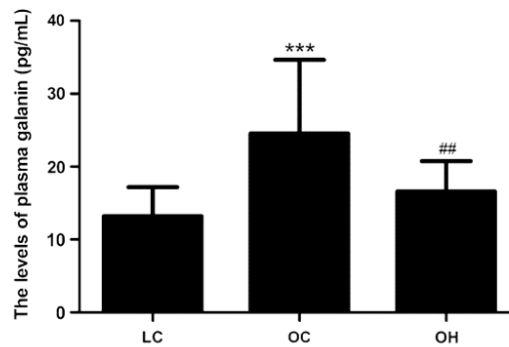
Dignam ve ark., C-tip natriüretik peptidin rolünü pulmoner hipertansiyonda değerlendirmiştir. Çalışmaların sonuçları, C-tip natriüretik peptidin sağ ventrikül sistolik basıncını azaltarak pulmoner hipertansiyonun gelişiminde kompensatuvar bir rol oynadığını ortaya koymuştur.

Leptin

Shin ve ark., leptinin geçici reseptör potansiyel melastatin 7 kanalı aracılığıyla hipertansiyon üzerindeki rolünü araştırmıştır. Leptinin karotis cisimciklerindeki geçici reseptör potansiyel melastatin 7 kanallarını aktive ederek hipertansiyona yol açabileceğini rapor etmişlerdir.

Galanin

Fang ve ark., galaninin hipertansiyonlu obez hastalarda plazma düzeylerini incelemiştir. Şekil 5'de gösterildiği üzere galanin düzeyi hipertansiyonlu obez bireylerde, yaş ve vücut kitle indeksi açısından eşleştirilmiş obez kontrollere kıyasla belirgin şekilde düşüktür.



Şekil 5. Hipertansiyonlu obez hastalarda plazma galanin konsantrasyonları (Fang ve ark., 2016).

β-Endorfin, Lösın Enkefalin, Nörotensin ve Arjinin Vazopressin

Zheng ve ark., serum β-endorfin, lösın enkefalin, nörotensin ve arjinin vazopressin düzeylerinin esansiyel hipertansiyon patogenezindeki rolünü araştırmıştır. Şekil 6’da gösterildiği üzere normotansif gruba nazaran hipertansif grupta plazma β-endorfin ve lösın enkefalin düzeyleri anlamlı olarak düşük bulunmuştur. Ayrıca, hipertansif grupta arginin vazopressin düzeyleri anlamlı şekilde artmıştır. Ancak, plazma nörotensin düzeyleri açısından iki grup arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık gözlemlenmemiştir.

Group	β-EP (ng/l)	L-EK (ng/l)	NT (ng/l)	AVP (ng/l)
Normal (60)	72.98 ± 26.83	59.81 ± 23.40	98.34 ± 41.70	25.95 ± 20.91
Hypertension mild (54)	54.50** ± 36.42	51.43 ± 24.22	88.80 ± 38.70	37.88* ± 32.33
Moderate (44)	48.22** ± 40.90	42.20 ± 23.14	98.90 ± 34.17	39.51* ± 33.66
Severe (22)	48.34*** ± 28.79	32.92***# ± 16.49	91.41 ± 31.58	34.65 ± 26.45
Whole (120)	51.27*** ± 38.42	45.09*** ± 21.90	93.60*** ± 36.12	38.15** ± 31.59

Şekil 6. Hipertansiyonda çeşitli nöropeptitlerin plazma konsantrasyonları (Zheng ve ark., 1995).

TARTIŞMA ve SONUÇ

Sonuç olarak, vazoaktif intestinal peptit, C-tip natriüretik peptit, β-endorfin, lösın enkefalin ve galaninin antihipertansif etkiler gösterdiği ve bu nedenle hipertansiyon tedavisinde umut vadeden potansiyel ajanlar olabilecekleri düşünülmektedir. Buna karşılık nöropeptit Y, nöropeptit FF, kalsitonin gen ilişkili peptit, substans P, kortikotropin salgılatıcı hormon ve leptin düzeylerindeki artışın hipertansiyon gelişimine katkıda bulunabileceğini göstermektedir. Bu bulgular, nöropeptitlerin hipertansiyonun patogenezinde önemli rol oynadığını ve gelecekte hipertansiyon tedavisine yönelik potansiyel terapötik hedefler olabileceğini düşündürmektedir.

KAYNAKLAR

- Goorani, S., Zangene, S., & Imig, J. D. (2024). Hypertension: a continuing public healthcare issue. *International Journal of Molecular Sciences*, 26(1), 123.
- Kalehoff, J. P., & Oparil, S. (2020). The story of the silent killer: A history of hypertension: its discovery, diagnosis, treatment, and debates. *Current Hypertension Reports*, 22(9), 72.
- Deepshikha, Mathur, P., Monika, Jhawar, V., Shekhar, S., Dutt, R., Garg, V., Arora, S., Sonali, & Singh, R. P. (2025). An overview of hypertension: pathophysiology, risk factors, and modern management. *Current Hypertension Reviews*, 21(2), 64-81.
- Burbach J. P. (2011). What are neuropeptides?. *Methods in Molecular Biology* (Clifton, N.J.), 789, 1-36.
- Crown, A., Clifton, D. K., & Steiner, R. A. (2007). Neuropeptide signaling in the integration of metabolism and reproduction. *Neuroendocrinology*, 86(3), 175-182.
- Delgado, M., & Ganea, D. (2008). Anti-inflammatory neuropeptides: a new class of endogenous immunoregulatory agents. *Brain, Behavior, and Immunity*, 22(8), 1146-1151.
- Tan, C. M. J., Green, P., Tapoulal, N., Lewandowski, A. J., Leeson, P., & Herring, N. (2018). The role of neuropeptide Y in cardiovascular health and disease. *Frontiers in Physiology*, 9, 1281.
- Lin, Y. T., & Chen, J. C. (2019). Neuropeptide FF modulates neuroendocrine and energy homeostasis through hypothalamic signaling. *The Chinese Journal of Physiology*, 62(2), 47-52.
- Zhang, Y., Wang, Z., Parks, G. S., & Civelli, O. (2011). Novel neuropeptides as ligands of orphan G protein-coupled receptors. *Current Pharmaceutical Design*, 17(25), 2626-2631.

- Zhang, X., Bao, H., Hu, J., Ren, W., He, Z., Yu-Taeger, L., Wu, A., & Li, J. (2026). Neuropeptide-GPCR regulation of the neuroimmune axis in neurodegeneration: mechanisms and translation. *Bioconjugate Chemistry*, 37(3), 479-493.
- Wiesenfeld-Hallin, Z., & Xu, X. J. (2001). Neuropeptides in neuropathic and inflammatory pain with special emphasis on cholecystokinin and galanin. *European Journal of Pharmacology*, 429(1-3), 49-59.
- Matyal, R., Mahmood, F., Robich, M., Glazer, H., Khabbaz, K., Hess, P., Bianchi, C., Hagberg, R., Hu, S. X., & Sellke, F. W. (2011). Chronic type II diabetes mellitus leads to changes in neuropeptide Y receptor expression and distribution in human myocardial tissue. *European Journal of Pharmacology*, 665(1-3), 19-28.
- Duarte-Neves, J., Pereira de Almeida, L., & Cavadas, C. (2016). Neuropeptide Y (NPY) as a therapeutic target for neurodegenerative diseases. *Neurobiology of Disease*, 95, 210-224.
- van der Klaauw A. A. (2018). Neuropeptides in obesity and metabolic disease. *Clinical Chemistry*, 64(1), 173-182.
- McDowell, K., Adamson, C., Jackson, C., Campbell, R., Welsh, P., Petrie, M. C., McMurray, J. J. V., Jhund, P. S., & Herring, N. (2024). Neuropeptide Y is elevated in heart failure and is an independent predictor of outcomes. *European Journal of Heart Failure*, 26(1), 107-116.
- Januszewicz, A., Lapiński, M., Symonides, B., Dabrowska, E., Kuch-Wocial, A., Trzepla, E., Ignatowska-Switalska, H., Wocial, B., Chodakowska, J., & Januszewicz, W. (1994). Elevated endothelin-1 plasma concentration in patients with essential hypertension. *Journal of Cardiovascular Risk*, 1(1), 81-85.
- Taş, S., Sarsmaz, K., Yeşil Sarsmaz, H., Gürgen, S. G., Taş, Ü., Eyüboğlu, M., & Arı, Z. (2024). The relationship between serum neuropeptide FFR2, serum smoothelin and pregnancy outcomes in pregnant women with gestational hypertension. *Archives of the Turkish Society of Cardiology*, 52(7), 510-518.
- Supowit, S. C., Zhao, H., Hallman, D. M., & DiPette, D. J. (1997). Calcitonin gene-related peptide is a depressor of deoxycorticosterone-salt hypertension in the rat. *Hypertension (Dallas, Tex. : 1979)*, 29(4), 945-950.
- Dehlin, H. M., Manteufel, E. J., Monroe, A. L., Reimer, M. H., Jr, & Levick, S. P. (2013). Substance P acting via the neurokinin-1 receptor regulates adverse myocardial remodeling in a rat model of hypertension. *International Journal of Cardiology*, 168(5), 4643-4651.
- Zhang, H., Zhou, J. J., Shao, J. Y., Sheng, Z. F., Wang, J., Zheng, P., Kang, X., Liu, Z., Cheng, Z. J., Kline, D. D., & Li, D. P. (2023). Hypothalamic Corticotropin-Releasing Hormone Contributes to Hypertension in Spontaneously Hypertensive Rats. *The Journal of neuroscience: the official journal of the Society for Neuroscience*, 43(24), 4513-4524.
- Petkov, V., Mosgoeller, W., Ziesche, R., Raderer, M., Stiebellehner, L., Vonbank, K., Funk, G. C., Hamilton, G., Novotny, C., Burian, B., & Block, L. H. (2003). Vasoactive intestinal peptide as a new drug for treatment of primary pulmonary hypertension. *The Journal of Clinical Investigation*, 111(9), 1339-1346.
- Dignam, J. P., Aubdool, A. A., Lowe, V. R., Perez-Ternero, C., Moyes, A. J., Nahal, R. S., Patel, J. A., Clapp, L. H., Böhm, M., Schermuly, R. T., & Hobbs, A. J. (2025). Endothelium-derived C-type natriuretic peptide offsets the pathogenesis of pulmonary hypertension. *Pharmacological Research*, 219, 107870.
- Shin, M. K., Eraso, C. C., Mu, Y. P., Gu, C., Yeung, B. H. Y., Kim, L. J., Liu, X. R., Wu, Z. J., Paudel, O., Pichard, L. E., Shirahata, M., Tang, W. Y., Sham, J. S. K., & Polotsky, V. Y. (2019). Leptin induces hypertension acting on transient receptor potential melastatin 7 channel in the carotid body. *Circulation Research*, 125(11), 989-1002.
- Fang, P., Yu, M., Gu, X., Shi, M., Zhu, Y., Zhang, Z., & Bo, P. (2017). Low levels of plasma galanin in obese subjects with hypertension. *Journal of Endocrinological Investigation*, 40(1), 63-68.
- Zheng, X., Zhang, T., Ding, H., & Wang, C. (1995). Plasma levels of beta-endorphin, leucine enkephalin and arginine vasopressin in patients with essential hypertension and the effects of clonidine. *International Journal of Cardiology*, 51(3), 233-244.

A CURRENT PERSPECTIVE ON THE RELATIONSHIP BETWEEN STRESS, SLEEP QUALITY, AND NUTRITIONAL STATUS IN BASKETBALL PLAYERS*BASKETBOLCULARDA STRES, UYKU KALİTESİ VE BESLENME DURUMU İLİŞKİSİNE GÜNCEL BİR BAKIŞ***Duygu KOÇAK**

İstanbul Okan Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Beslenme ve Diyetetik Anabilim Dalı, İstanbul, Türkiye

ORCID: 0009-0006-6648-6690

Doç. Dr. Sedat ARSLANBursa Uludağ Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Fakültesi, Beslenme ve Diyetetik Bölümü, Bursa, Türkiye
ORCID: 0000-0002-3356-7332**ABSTRACT**

Basketball is a dynamic team sport requiring high physical performance, attention, coordination, and rapid decision-making skills. Athletes' success depends not only on their physical capacities but also on the balance between psychological status, sleep patterns, and nutritional habits. Intensive training schedules, competition pressure, and performance expectations may increase stress levels. Unmanaged stress may threaten performance quality, recovery mechanisms, and athlete health. Chronic stress can impair sleep quality, while insufficient sleep negatively affects recovery and athletic performance. Sleep is essential for maintaining hormonal balance, muscle repair, and cognitive functioning. Poor sleep quality may prolong reaction time, reduce attention, and increase injury risk. Nutritional status is both a determinant and a consequence of these processes. Inadequate energy and nutrient intake may impair performance sustainability, whereas stress and sleep disturbances may alter appetite regulation, meal patterns, and food choices. Although studies examining stress, sleep, and nutrition in athletes have increased, research specifically focusing on basketball players remains limited. This review aims to evaluate the relationship between stress, sleep quality, and nutritional status in basketball players based on current literature. Current literature suggests that stress, sleep quality, and nutritional status interact bidirectionally and may collectively influence athletic performance and overall health in basketball players.

Keywords: Basketball, stress, sleep quality, nutritional status, sports nutrition**ÖZET**

Basketbol; yüksek fiziksel performans, dikkat, koordinasyon ve hızlı karar verme becerisi gerektiren dinamik bir takım sporudur. Sporcuların başarı düzeyleri yalnızca fiziksel kapasitelerine değil; psikolojik durumları, uyku düzenleri ve beslenme alışkanlıkları arasındaki hassas dengeye de bağlıdır. Yoğun antrenman programları, müsabaka baskısı ve başarı beklentisi sporcularda stres düzeyini artırabilmektedir. Yönetilemeyen stres düzeyleri performans kalitesini, toparlanma mekanizmalarını ve sporcu sağlığını tehdit etmektedir. Kronikleşen stresin uyku kalitesini bozduğu, yetersiz uykunun ise toparlanma sürecini ve sportif performansı olumsuz etkilediği bilinmektedir. Uyku; hormonal dengenin korunması, kas onarımı ve bilişsel işlevlerin sürdürülmesi açısından temel bir gereksinimdir. Yetersiz uyku süresi veya düşük uyku kalitesi sporcularda reaksiyon zamanının uzamasına, dikkat düzeyinin azalmasına ve sakatlık riskinin artmasına neden olabilmektedir. Kalitesiz uyku yalnızca toparlanma sürecini değil, enerji dengesini ve besin seçimlerini de etkileyebilmektedir. Beslenme durumu ise bu süreçlerin hem nedeni hem de sonucu olarak değerlendirilmektedir. Basketbol gibi yüksek enerji gereksinimi olan bir branşta yetersiz enerji ve besin ögesi alımı performansın sürdürülebilirliğini olumsuz etkileyebilmektedir. Bununla birlikte stres ve uyku bozuklukları iştah mekanizmasını, öğün düzenini ve besin tercihlerini de olumsuz etkileyerek düzensiz beslenme davranışlarına yol açabilmektedir. Literatürde sporcularda stres, uyku ve beslenme ilişkisini inceleyen çalışmalar artış gösterse de doğrudan basketbolculara odaklanan araştırmalar sınırlıdır. Bu derleme çalışmada basketbolcularda stres, uyku kalitesi ve beslenme durumu arasındaki ilişkinin güncel literatür doğrultusunda değerlendirilmesi amaçlanmıştır. Güncel literatür, stres, uyku kalitesi ve beslenme

durumunun basketbolcularda karşılıklı etkileşim içinde olduğunu ve bu etkileşimin sportif performans ile genel sağlık üzerinde belirleyici olabileceğini göstermektedir.

Anahtar Kelimeler: Basketbol, stres, uyku kalitesi, beslenme durumu, sporcu beslenmesi

1. GİRİŞ

Basketbol, yüksek yoğunluklu ani fiziksel aktiviteler ile karmaşık bilişsel süreçlerin eş zamanlı yürütüldüğü bir spor dalıdır. Maç esnasındaki ani ivmelenmeler, sıçramalar, yön değiştirmeler ve hızlı taktiksel kararlar, sporcular üzerinde ciddi bir fizyolojik ve psikolojik yük oluşturur. Yoğun antrenman temposu ve rekabetçi ortam, sporcuların akut veya kronik strese maruz kalmasına zemin hazırlar. Yönetilemeyen stres düzeyleri ise performans kalitesini, toparlanma mekanizmalarını ve sporcu sağlığını tehdit etmektedir (Kellmann, 2010; Rice ve ark., 2016).

Fiziksel ve zihinsel rejenerasyonun en temel bileşeni olan uyku; hormonal dengenin korunması, kas onarımı ve bilişsel işlevlerin sürdürülmesi için elzemdir. Yetersiz uyku süresi veya düşük uyku kalitesi; sporcuların reaksiyon zamanını uzatmakta, dikkat düzeyini düşürmekte ve sakatlık riskini belirgin şekilde artırmaktadır (Fullagar ve ark., 2015; Watson, 2017).

Madalyonun diğer yüzünde yer alan beslenme durumu ise bu süreçlerin hem sebebi hem de sonucudur. Stres faktörleri ve uyku bozuklukları, iştah kontrolünü ve besin seçimlerini sabote ederek düzensiz öğün tüketimine veya yetersiz enerji alımına neden olabilmektedir (Chaput, 2014; Halson, 2014). Bu doğrultuda, basketbolcularda optimal performansın sürdürülebilmesi için stres, uyku ve beslenme parametrelerinin birbirinden bağımsız değil, birbirini tetikleyen bir ekosistem olarak incelenmesi gerekmektedir.

2. BASKETBOLCULARDA STRES VE PERFORMANS İLİŞKİSİ

Sürekli performans değerlendirmesi, taraftar ve yönetim baskısı ile elit düzeyde kalma mücadelesi, basketbolcularda psikolojik gerilimi artıran temel unsurlardır (Kellmann, 2010). Bu baskı unsurları kronikleştiğinde, organizmada kortizol gibi katabolik hormonların salınımı artarak kas iyileşmesini geciktirmekte ve kronik yorgunluğu tetiklemektedir. Ayrıca bağışıklık sisteminin baskılanması, sporcuları enfeksiyonlara ve yumuşak doku sakatlıklarına karşı savunmasız hale getirmektedir (Meeusen ve ark., 2013; Purvis ve ark., 2010).

Stresin bilişsel boyutu, basketbol gibi saliselerin önemli olduğu bir branşta doğrudan skora yansır. Yoğun stres altındaki sporcuların odaklanma becerileri zayıflamakta, taktiksel karar verme mekanizmaları yavaşlamakta ve motivasyon kayıpları (tükenmişlik sendromu) baş göstermektedir (Gustafsson ve ark., 2017; Weinberg & Gould, 2019). Bu nedenle, sporcu sağlığını bütüncül bir yaklaşımla ele almak; toparlanma ve beslenme stratejilerinin yanına mutlaka psikolojik destek mekanizmalarını da entegre etmeyi gerektirir (Reardon ve ark., 2019).

3. UYKU KALİTESİ VE SPORTİF PERFORMANS

Yoğun müsabaka dönemlerinde yeterli uykunun sağlanması; glikojen depolarının yenilenmesi, büyüme hormonu salınımı ve doku onarımı açısından kritik öneme sahiptir (Halson, 2014). Basketbolda şut yüzdesi, pas isabeti ve savunma rotasyonları gibi mikro beceriler uyku eksikliğinden doğrudan etkilenir. Kronik uykusuzluk çeken sporcularda antrenman verimliliği düşmekte ve Algılanan Efor Derecesi (RPE) artmaktadır (Fullagar ve ark., 2015; Lastella ve ark., 2015).

Sporcularda uyku mimarisini bozan birçok çevresel ve içsel faktör mevcuttur. Geç saatlerde biten müsabakalar, deplasman seyahatleri, ergojenik amaçlı kafein kullanımı ve maç sonrası yaşanan anksiyete uykuya dalma süresini (latans) uzatmaktadır (Gupta ve ark., 2017; Nédélec ve ark., 2015). Bölünmüş ve kalitesiz bir uyku, ertesi günün metabolik süreçlerini olumsuz etkileyerek sporcunun enerji dengesini ve besin seçimlerini de dolaylı olarak bozar (Simpson ve ark., 2017).

4. BASKETBOLCULARDA BESLENME DURUMU VE PERFORMANS İLİŞKİSİ

Basketbol; yüksek yoğunluklu patlayıcı hareketlerin, ani yön değiştirmelerin ve teknik becerilerin ardı ardına sergilendiği, hem aerobik hem de anaerobik enerji sistemlerinin eş zamanlı kullanıldığı kompleks bir spor dalıdır (Stojanović ve ark., 2018). Bu dinamik branşta elit düzeydeki sporcuların günlük antrenman ve müsabaka yükünü karşılayabilmesi için enerji dengesinin bireysel fizyolojik

gereksinimlere göre optimize edilmesi temel şarttır (Burke ve ark., 2011). Özellikle basketbolda birincil enerji yakıtı olan karbonhidratların yetersiz tüketimi; kas glikojen depolarının hızla tükenmesine, maçın son periyodunda şut isabet oranının düşmesine ve sprint performansının gerilemesine neden olmaktadır (Mata ve ark., 2021). Makro besin öğelerinin bir diğer kritik bileşeni olan protein ise yoğun maç takvimlerinde mikroyırtıkların onarımı, kas kütlesinin korunması ve doku rejenerasyonunun hızlandırılması açısından hayati rol oynamaktadır (Kato ve ark., 2016).

Beslenme durumunun performansa etkisi sadece makro besin öğeleriyle sınırlı kalmayıp, mikro besinler ve hidrasyon stratejileriyle de doğrudan ilişkilidir (Thomas ve ark., 2016). Kapalı salon ortamı ve yüksek fiziksel temas nedeniyle meydana gelen sıvı kayıplarının vücut ağırlığının %2'sini aşması durumunda sporcuların motor koordinasyonunda zayıflama, karar verme mekanizmalarında yavaşlama ve algılanan efor derecesinde artış gözlenmektedir (Baker ve ark., 2020). Bu doğrultuda müsabaka esnasında ve sonrasında uygulanan elektrolit destekli hidrasyon protokolleri, sporcuların bilişsel keskinliğini ve reaksiyon zamanını korumada sadece su tüketimine oranla çok daha etkili sonuçlar vermektedir (O'Neal ve ark., 2012). Ayrıca maç öncesi ve turnuva dönemlerinde uygulanan stratejik beslenme planlamalarının, basketbolcuların saha içi karar mekanizmalarını ve mental odaklanma sürelerini doğrudan geliştirdiği kanıtlanmıştır (Holway ve Spriet, 2011).

5. STRES, UYKU VE BESLENME ETKİLEŞİMİ

Bu üç bileşen arasındaki ilişki doğrusal değil, döngüsel ve çift yönlüdür. Psikolojik stres, nöroendokrin yollar aracılığıyla beslenme davranışını değiştirir; bazı sporcularda iştah kaybına (hipofaji) yol açarken, bazılarında ise "duygusal yeme" dürtüsünü tetikleyerek yüksek yağlı ve şekerli besinlere eğilimi artırır (Torres ve Nowson, 2007; O'Connor ve ark., 2008).

Benzer şekilde, yetersiz uyku da iştah regülasyonunda görevli leptin (tokluk hormonu) düzeyini düşürürken, ghrelin (açlık hormonu) salınımını artırır (St-Onge ve ark., 2016). Bu hormonal sapma, sporcuların karbonhidrat ağırlıklı ve ultra-işlenmiş gıdalara yönelmesine neden olarak optimal sporcu beslenmesi ilkeleriyle çelişir (Chaput, 2014).

Tersi bir senaryoda ise yetersiz mikro ve makro besin ögesi alımı, vücudun fizyolojik stres yükünü artırarak uyku kalitesini sabote eder. Dolayısıyla, bu üç parametreden birindeki bozulma, diğer iki sistemi de domino etkisiyle aşağı çekmektedir (Halsen, 2014; Nédélec ve ark., 2015).

6. MULTİDİSİPLİNER YAKLAŞIMIN ÖNEMİ

Basketbolcularda stresin yönetilmesi, uyku hijyeninin sağlanması ve kişiselleştirilmiş beslenme planlaması, performans sürekliliği için birbirinden ayrılmaz bir bütündür. Yoğun maç takviminde sporcuların bu üç alanı tek başına yönetmesi beklenemez. Son literatür, elit sporcuların takibinde multidisipliner bir yaklaşımın zorunlu olduğunu vurgulamaktadır. Takım koçları, spor diyetisyenleri, spor psikologları ve sağlık profesyonellerinin koordineli çalışması; sporcuların hem biyolojik hem de psikolojik açıdan homeostaziste (dengede) kalmasını sağlayacak en etkili stratejidir (Reardon ve ark., 2019; Burke ve ark., 2021; Soligard ve ark., 2016).

SONUÇ

Güncel literatür doğrultusunda yapılan bu derleme çalışması; basketbolcularda stres, uyku kalitesi ve beslenme durumunun birbirini dinamik olarak etkileyen üçlü bir sacayağı (triad) oluşturduğunu göstermektedir. Yüksek stres seviyeleri uyku mimarisini bozmakta; uyku düzensizlikleri iştah mekanizmasını (leptin/ghrelin) altere ederek hatalı beslenme alışkanlıklarına yol açmakta ve yetersiz beslenme ise toparlanmayı geciktirerek fizyolojik stresi kronikleştirmektedir.

Basketbol gibi yüksek antrenman ve müsabaka hacmine sahip branşlarda, sporcuların sadece saha içi performansına odaklanmak eksik bir yaklaşım olacaktır. Başarının sürdürülebilmesi ve sakatlıkların önlenmesi adına; stres yönetimi, uyku takibi ve kanıta dayalı sporcu beslenmesi stratejileri bir bütün olarak kulüp yapılanmalarına entegre edilmelidir. Gelecekte yapılacak çalışmalarda, basketbolcuların bu üç parametresinin objektif yöntemlerle (aktigrafi, biyokimyasal stres belirteçleri ve besin tüketim kayıtları) uzun dönemli izlenmesi literatüre daha spesifik katkılar sağlayacaktır.

KAYNAKÇA

- Baker, L. B., Nuccio, R. P., & Jeukendrup, A. E. (2020). Hydration science and strategies for basketball. *Sports Medicine*, 50(Suppl 1), 15–27.
- Burke, L. M., Castell, L. M., Casa, D. J., Close, G. L., Costa, R. J., Desbrow, B., ... & West, N. P. (2021). International Olympic Committee consensus statement on dietary supplements and the high-performance athlete. *British Journal of Sports Medicine*, 55(11), 577-592.
- Burke, L. M., Hawley, J. A., Wong, S. H., & Jeukendrup, A. E. (2011). Carbohydrates for training and competition. *Journal of Sports Sciences*, 29(Suppl 1), S17-S27.
- Chaput, J. P. (2014). Sleep patterns, diet quality and energy balance. *Physiology & Behavior*, 134, 86-91.
- Fullagar, H. H., Skorski, S., Duffield, R., Hammes, M., Meyer, T., & Hecksteden, A. (2015). Sleep and athletic performance: the effects of sleep loss on exercise performance, and physiological and cognitive responses to exercise. *Sports Medicine*, 45(2), 161-186.
- Gupta, L., Morgan, K., & Gilchrist, S. (2017). Does elite sport degrade sleep quality? A systematic review. *Sports Medicine*, 47(7), 1317-1333.
- Gustafsson, H., DeFreese, J. D., & Madigan, D. J. (2017). Athlete burnout: Review and recommendations. *Current Opinion in Psychology*, 16, 109-113.
- Halsen, S. L. (2014). Sleep in elite athletes and nutritional interventions to enhance sleep. *Sports Medicine*, 44(Suppl 1), 13-23.
- Holway, F. E., & Spriet, L. L. (2011). Sport-specific nutrition: Practical strategies for team sports. *Journal of Sports Sciences*, 29(Suppl 1), S115-S125.
- Kato, H., Suzuki, K., Bannai, M., & Moore, D. R. (2016). Protein requirements are elevated in endurance athletes after exercise as determined by the indicator amino acid oxidation method. *PloS One*, 11(6), e0157406.
- Kellmann, M. (2010). Preventing overtraining in athletes in high-intensity sports and stress/recovery monitoring. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 20(Suppl 2), 95-102.
- Larson-Meyer, D. E., Woolf, K., & Burke, L. (2018). Assessment of nutrient status in athletes and the need for supplementation. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*, 28(2), 139-158.
- Lastella, M., Roach, G. D., Halsen, S. L., & Sargent, C. (2015). Sleep characteristics of elite athletes across multiple sports types. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 10(4), 421-426.
- Martínez-Sanz, J. M., Sospedra, I., Ortiz, C. M., Baladía, E., & Gil-Izquierdo, A. (2023). The impact of pregame nutrition on performance metrics and cognitive sharpness in team sports. *Nutrients*, 15(8), 1845.
- Mata, F., Valenzuela, P. L., Gimenez, J., Sanchez-Oliver, A. J., Martinez-Sanz, J. M., Lopez-Samanes, A., ... & Domínguez, R. (2021). Carbohydrate availability and physical performance: physiological overview and practical recommendations. *Nutrients*, 13(9), 2905.
- Meeusen, R., Duclos, M., Foster, C., Fry, A., Gleeson, M., Nieman, D., ... & European College of Sport Science. (2013). Prevention, diagnosis, and treatment of the overtraining syndrome: joint consensus statement of the European College of Sport Science and the American College of Sports Medicine. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 45(1), 186-205.
- Nédélec, M., Halsen, S., Abaidia, A. E., Ahmaidi, S., & Dupont, G. (2015). Stress, sleep and recovery in elite soccer: a critical review of the literature. *Sports Medicine*, 45(10), 1387-1400.
- O'Connor, D. B., Jones, F., Conner, M., McMillan, B., & Ferguson, E. (2008). Effects of daily hassles and eating style on eating behavior. *Health Psychology*, 27(1S), S20-S31.
- O'Neal, E. K., Wingo, J. E., Richardson, M. T., Leeper, J. D., Neggers, Y. H., & Bishop, P. A. (2012). Half-marathon performance, post-race fluid balance, and training habits of recreational runners. *Journal of Sports Sciences*, 30(14), 1529-1537.
- Purvis, D., Gonsalves, S., & Deuster, P. A. (2010). Physiological and psychological fatigue in athletes: monitoring and management. *Current Sports Medicine Reports*, 9(6), 333-338.
- Reardon, C. L., Hainline, B., Aron, C. M., Baron, D., Baum, A. L., Bindra, A., ... & Engebretsen, L. (2019). Mental health in elite athletes: International Olympic Committee consensus statement (2019). *British Journal of Sports Medicine*, 53(11), 667-699.

- Rice, S. M., Purcell, R., De Silva, S., Mawren, D., McGorry, P. D., & Parker, A. G. (2016). The mental health of elite athletes: A narrative review. *Sports Medicine*, 46(9), 1333-1353.
- Simpson, N. S., Gibbs, E. L., & Matheson, G. O. (2017). Optimizing sleep to maximize performance and recovery in tactical athletes. *Sports Medicine*, 47(9), 1731-1745.
- Soligard, T., Schwellnus, M., Alonso, J. M., Bahr, R., Clarsen, B., Dijkstra, H. P., ... & Engebretsen, L. (2016). How much is too much? (Part 1) International Olympic Committee consensus statement on load in sport and risk of injury. *British Journal of Sports Medicine*, 50(17), 1030-1041.
- Stojanović, E., Stojiljković, N., Scanlan, A. T., Dalbo, V. J., Berkemans, D. M., & Milanović, Z. (2018). The profile of long-term training load and physical performance in professional basketball players. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 13(3), 345-352.
- St-Onge, M. P., McReynolds, A., Trivedi, R. B., Bouchonville, M., Eagle, T. F., Joannis, D. R., ... & American Heart Association Obesity Committee of the Council on Lifestyle and Cardiometabolic Health. (2016). Sleep duration and quality: insights into lifestyle and cardiometabolic health: a scientific statement from the American Heart Association. *Circulation*, 134(18), e367-e386.
- Thomas, D. T., Erdman, K. A., & Burke, L. M. (2016). Position of the Academy of Nutrition and Dietetics, Dietitians of Canada, and the American College of Sports Medicine: Nutrition and athletic performance. *Journal of the Academy of Nutrition and Dietetics*, 116(3), 501-528.
- Torres, S. J., & Nowson, C. A. (2007). Relationship between stress, eating behavior, and obesity. *Nutrition*, 23(11-12), 887-894.
- Watson, A. M. (2017). Sleep and athletic performance. *Current Sports Medicine Reports*, 16(6), 413-418.
- Weinberg, R. S., & Gould, D. (2019). *Foundations of sport and exercise psychology* (7th ed.). Human Kinetics.

EV HANIMLARINDA HANE HALKI GIDA GÜVENCESİZLİĞİ VE OBEZİTE RİSKİ
*HOUSEHOLD FOOD INSECURITY AND OBESITY RISK AMONG HOUSEWIVES***Fezanur Hacıcaferoğlu TEKİN**Okan University, Faculty of Health Sciences, Department of Nutrition and Dietetics, Istanbul, Turkey
ORCID: ID/0009-0009-1022-7368**Sedat ARSLAN**Bursa Uludağ Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Fakültesi, Beslenme ve Diyetetik Bölümü, Bursa, Türkiye
ORCID: 0000-0002-3356-7332**Abstract**

While food security is a multidimensional concept that refers to individuals' continuous access to sufficient, safe, and nutritious food, deficiencies in this process lead to food insecurity. Today, global economic fluctuations and post-pandemic uncertainties have exacerbated food insecurity. Housewives, who bear the primary responsibility for food procurement within the household, are more vulnerable to the adverse effects of this condition, as they often de-prioritize their own nutrition in favor of the needs of other family members. This phenomenon, defined in the literature as the "food insecurity-obesity paradox," is triggered in low-budget households by housewives shifting toward low-cost but energy-dense foods rich in refined carbohydrates and saturated fats. The reduced consumption of dietary quality components such as fresh fruits, vegetables, and high-quality protein, coupled with overeating behaviors following episodic food shortages and chronic stress, predisposes housewives to an increased body mass index (BMI) and the development of obesity. This review aims to elucidate the cyclical relationship between household food insecurity and obesity risk among housewives in light of the current literature. Consequently, this study is of significant importance as it demonstrates that food insecurity is not merely a problem of undernutrition but rather a critical public health issue that also triggers obesity as a chronic disease, thereby providing a theoretical foundation for future empirical research in this field.

Keywords: Food Insecurity, Obesity Phenotypes, Housewives**Özet**

Besin güvencesi, bireylerin yeterli, güvenli ve besleyici gıdaya sürekli erişebilmesini ifade eden çok boyutlu bir kavramken, bu süreçteki yetersizlikler besin güvencesizliğine yol açmaktadır. Günümüzde küresel ekonomik dalgalanmalar ve pandemi sonrası belirsizlikler besin güvencesizliğini artırmıştır. Hane içinde gıda temininden birinci derecede sorumlu olan ev hanımları, aile bireylerinin ihtiyaçları uğruna kendi beslenmelerini arka plana atarak bu durumun olumsuz etkilerine daha fazla maruz kalmaktadır. Literatürde "besin güvencesizliği-obezite paradoksu" olarak tanımlanan bu durum, kısıtlı bütçeye sahip hanelerde ev hanımlarının maliyeti düşük ancak enerji yoğunluğu yüksek, rafine karbonhidrat ve doymuş yağdan zengin besinlere yönelmesiyle tetiklenmektedir. Taze meyve, sebze ve kaliteli protein tüketiminin azalması, dönemsel gıda kısıtlılıklarını izleyen aşırı yeme davranışları ve kronik stres, ev hanımlarında beden kütle indeksinin artmasına ve obezite gelişimine zemin hazırlamaktadır. Bu derleme çalışması, ev hanımlarında hane halkı gıda güvencesizliği ile obezite riski arasındaki olası ilişkiyi güncel literatür ışığında değerlendirmeyi amaçlamaktadır. Sonuç olarak bu çalışma; besin güvencesizliğinin sadece bir yetersiz beslenme sorunu olmadığını, aksine kronik bir hastalık olan obeziteyi de tetikleyen kritik bir halk sağlığı problemi olduğunu göstermesi ve gelecekte bu alanda yapılacak ampirik araştırmalara teorik bir zemin hazırlaması açısından önem taşımaktadır.

Anahtar kelimeler: Besin Güvencesizliği, Obezite Fenotipleri, Ev Hanımları**GİRİŞ**

Besin güvencesi kavramı, uluslararası literatürde büyük ölçüde Gıda ve Tarım Örgütü (FAO) tarafından geliştirilen çerçeveye dayanmaktadır (FAO, 2006) ve bireylerin sağlıklı, aktif bir yaşam sürdürebilmeleri için gerekli besin öğelerini yeterli ve dengeli biçimde alabilmelerini kapsamaktadır. Bu noktada besin güvencesi (food security) ile gıda güvenliği (food safety) kavramlarının birbirinden ayrılması önem taşımaktadır; ilki gıdaya erişimi, ikincisi ise gıdanın mikrobiyolojik, kimyasal ve

fiziksel açıdan sağlığa zararsız olmasını ifade etmektedir. Besin güvencesizliği, gıdaya erişimde belirsizlikten başlayarak yetersiz beslenme, mikronutrient eksiklikleri ve açlığa kadar uzanan bir süreci tetiklemekte olup (Barrett, 2010; Jones, Ngure, Pelto & Young, 2013) yoksulluk, gelir eşitsizliği ve sosyoekonomik kırılganlıklarla yakından ilişkilidir (Laraia, 2013; Coleman Jensen, Rabbitt, Gregory & Singh, 2022).

Birleşmiş Milletler Sürdürülebilir Kalkınma Hedefleri kapsamında "açlığın sona erdirilmesi" ve "besin güvencesinin sağlanması" temel hedefler arasında yer almakta; bu hedefler yalnızca gıdaya erişimin artırılmasını değil, beslenme kalitesinin iyileştirilmesini de kapsamaktadır (United Nations, 2015). Son yıllarda yaşanan COVID-19 pandemisi, bölgesel savaşlar ve küresel ekonomik krizler gıda tedarik zincirlerinde aksamalara ve temel gıda fiyatlarında artışa yol açarak besin güvencesizliği riskini önemli ölçüde artırmıştır (United Nations, 2022). Bu durumdan en fazla etkilenen kırılgan gruplar arasında kadınlar, özellikle de ev hanımları yer almaktadır; zira ev hanımları hane içi gıda temini ve hazırlanması süreçlerinden birincil sorumlu olmaları nedeniyle besin güvencesizliğinin etkilerini doğrudan deneyimlemekte, sınırlı kaynakların yönetimi sırasında kendi beslenmelerini çoğu zaman aile bireylerinin ihtiyaçları lehine ikinci plana atmaktadır (Shariff & Khor, 2005; Basyigit ve ark., 2025).

Besin güvencesizliğinin etkileri yalnızca fiziksel sağlıkla sınırlı kalmamakta, psikolojik ve sosyal iyilik hâlini de kapsamaktadır; kadınlarda besin güvencesizliği ile depresyon, anksiyete ve stres düzeylerinde artış arasında anlamlı ilişkiler bulunduğu gösterilmiştir (Ivers & Cullen, 2011). Bunun yanı sıra literatürde "besin güvencesizliği-obezite paradoksu" olarak adlandırılan ve özellikle kadınlarda daha belirgin gözlenen bir ilişki tanımlanmıştır (Shariff & Khor, 2005; Ivers & Cullen, 2011). Sınırlı ekonomik kaynaklara sahip bireylerin daha ucuz ve enerji yoğun ancak besin değeri düşük gıdalara yönelmesi, dönemsel gıda kısıtlılıkları sonrasında gelişen aşırı yeme davranışları, kronik stresin tetiklediği hormonal değişiklikler ve uyku bozuklukları gibi faktörler bu paradoksun altında yatan mekanizmalar arasında sayılmaktadır (Laraia, 2013; Rogers ve ark., 2016).

Türkiye'de besin güvencesizliği ile obezite arasındaki ilişkiyi, özellikle ev hanımları gibi spesifik gruplara odaklanarak inceleyen çalışmaların sayısı sınırlıdır. Samsun'da yetişkin nüfusta yürütülen bir çalışma bu ilişkinin anlamlı olmadığını bildirmiş ve daha geniş popülasyonlarda ek araştırma gerekliliğini vurgulamıştır (Ünal, 2025); benzer biçimde yetişkinlerde besin güvencesizliği ile beden kütle indeksi (BKİ) ilişkisini inceleyen diğer epidemiyolojik çalışmalar da genel popülasyona yönelik olup ev hanımlarını hedef alan belirgin bir çalışma eksikliği devam etmektedir (Ünal ve Esgin, 2025). Bu derlemenin amacı, besin güvencesizliği ile obezite fenotipleri arasındaki ilişkiyi, ev hanımları özelinde güncel literatür temelinde değerlendirmek ve bu alandaki bilgi boşluğuna dikkat çekmektir.

BESİN GÜVENCESİZLİĞİ: KAVRAMSAL ÇERÇEVE

Besin güvencesi kavramı 1970'li yılların ortalarında küresel gıda krizi ortamında ortaya çıkmış; 1974 Dünya Gıda Zirvesi'nde temel gıda maddelerinin dünya genelinde her zaman mevcut olmasına odaklanan bir tanım benimsenmiştir. 1983 yılında FAO tarafından yapılan revizyonla kavrama dezavantajlı bireylerin gıdaya erişimi boyutu eklenmiş (Clay, 2002), 1996 Dünya Gıda Zirvesi'nde ise günümüzde geçerli olan tanım kabul edilmiştir: besin güvencesi, tüm bireylerin aktif ve sağlıklı bir yaşam sürdürebilmeleri için beslenme gereksinimlerini ve gıda tercihlerini karşılayan yeterli, güvenli ve besleyici gıdaya fiziksel, sosyal ve ekonomik olarak erişebildiği durumda sağlanmış olur (Sumsion ve ark., 2023).

FAO (2008) çerçevesine göre besin güvencesi; gıdanın bulunabilirliği, gıdaya erişim, gıdanın kullanımı ve istikrar olmak üzere dört temel boyuttan oluşmaktadır (Von Braun ve ark., 2021). Bu boyutlardan yalnızca birinde meydana gelen aksama dahi besin güvencesizliği riskini doğurabilmektedir; örneğin bireyler yeterli maddi kaynağa sahip olsa dahi gerekli gıdalar piyasada bulunmadığında besin güvencesizliği devam etmektedir. Besin güvencesizliğinin değerlendirilmesinde Coping Strategies Index (CSI), Global Food Security Index (GFSI), Food Insecurity Experience Scale (FIES), Household Food Insecurity Access Scale (HFIAS) ve Household Dietary Diversity Score (HDDS) gibi çok sayıda gösterge kullanılmakta olup (Sumsion ve ark., 2023) bu göstergeler küresel, ulusal, bölgesel, hanehalkı ve bireysel düzeylerde uygulanabilmektedir.

Amerika Birleşik Devletleri Tarım Bakanlığı (USDA), hanehalklarının besin güvencesi durumunu yüksek besin güvencesinden çok düşük besin güvencesine uzanan bir süreklilik içinde ele almaktadır (USDA, 2017).

Açlık ile besin güvencesizliği kavramlarının birbirinden ayırt edilmesi önemlidir; açlık yaşayan tüm bireyler besin güvencesizliğinden etkilenmekte, ancak besin güvencesizliği yaşayan her birey açlık çekmemektedir. Bunun nedeni, besin güvencesizliğinin yalnızca yetersiz enerji alımından değil, aynı zamanda mikro besin öğelerinin yetersiz tüketiminden de kaynaklanabilmesidir; nitekim obeziteye sahip olup aynı zamanda besin güvencesizliği yaşayan bireyler de bulunmaktadır (Sumsion ve ark., 2023).

DÜNYADA VE TÜRKİYE'DE BESİN GÜVENCESİZLİĞİ

FAO verilerine göre 2018 yılı itibarıyla dünya genelinde 820 milyondan fazla insan açlıkla karşı karşıya olup yaklaşık 2 milyar bireyin güvenli, besleyici ve yeterli gıdaya düzenli erişimi bulunmamaktadır (FAO, 2019). 2021 yılında dünya nüfusunun %40,6'sına karşılık gelen yaklaşık 268 milyon kişinin orta veya şiddetli düzeyde besin güvencesizliği yaşadığı tahmin edilmekte, bu oran bir önceki yıla göre artış göstermektedir (FAO, 2022). 2022 yılı verileri, "Sıfır Açlık" hedefinden giderek uzaklaşıldığını ortaya koymakta; dünya nüfusunun %9,2'sine karşılık gelen yaklaşık 735 milyon kişi kronik besin güvencesizliği yaşamış, orta ve şiddetli besin güvencesizliği ile karşı karşıya kalan birey sayısı 2,4 milyara ulaşmıştır (United Nations, 2023). Pandemi, savaşlar ve iklim değişikliği bu olumsuz eğilimi derinleştirmiş olup mevcut eğilimlerin devam etmesi hâlinde 2030 yılına kadar yaklaşık 670 milyon insanın yetersiz besleneceği öngörülmektedir (Sumsion ve ark., 2023).

Türkiye Beslenme ve Sağlık Araştırması (TBSA, 2017) verilerine göre, hane halkının önemli bir bölümü maddi nedenlerle gıdanın yetersiz kalacağına dair endişe, sağlıklı ve besleyici gıdaya erişememe ve gıda çeşitliliğinde azalma bildirmektedir; bazı aylarda aç kaldığını belirtenlerin oranı da dikkat çekici düzeydedir. Economist Impact tarafından geliştirilen Küresel Besin Güvencesi Endeksi'nde (GFSI) Türkiye 113 ülke arasında 49. sırada yer almış; raporda 2019 yılından itibaren, özellikle pandemiyle birlikte artan gıda fiyatlarının sağlıklı ve dengeli gıdaya erişimi zorlaştırdığı vurgulanmıştır (Global Food Security Index, 2022). Türkiye İşçi Sendikaları Konfederasyonu (TÜRK-İŞ) tarafından düzenli olarak yayımlanan mutfak enflasyonu ve açlık-yoksulluk sınırı verileri de hanelerin gıdaya erişimindeki ekonomik zorlukları somut biçimde ortaya koymaktadır (TÜRK-İŞ, 2023).

Besin güvencesizliğinin ortaya çıkışında doğal olaylar, politik istikrarsızlık, toplumsal dinamikler ve ekonomik etkenler temel belirleyiciler olarak öne çıkmaktadır (Abruzzese, 2014). İşsizlik hanehalkı besin güvencesi üzerinde doğrudan olumsuz etkilere sahiptir (Nord, 2007; Nord, 2009); engelli bireyler sınırlı istihdam olanakları nedeniyle, farklı ırksal ve etnik gruplar ise yapısal eşitsizlikler nedeniyle daha yüksek besin güvencesizliği riski taşımaktadır (Huang ve ark., 2010; USDA, 2017). Bireysel düzeyde besin tercihleri motivasyonlar ve öz-yeterlilik algısı doğrultusunda şekillenirken, fiziksel çevre (süpermarket erişimi, mahalle özellikleri) ve makro çevre (gıda pazarlaması, tarım politikaları, ekonomik yapı) de besin güvencesizliğini dolaylı fakat güçlü biçimde etkilemektedir (Pai ve Bahadur, 2020; Ver Ploeg ve ark., 2009).

OBEZİTE: TANIM, ETİYOLOJİ VE EPİDEMİYOLOJİ

Obezite, vücutta normalin üzerinde yağ dokusu birikimiyle karakterize edilen, alınan enerji ile harcanan enerji arasındaki dengenin bozulması sonucunda ortaya çıkan bir enerji metabolizması bozukluğudur (Donohue, 2004). Dünya Sağlık Örgütü, obeziteyi vücut kompozisyonunda sağlıklı olumsuz yönde etkileyecek düzeyde yağ dokusu artışı olarak tanımlamakta (WHO, 2000) ve klinik değerlendirmede en yaygın ölçüt olarak beden kütle indeksini (BKİ) kabul etmektedir. Yetişkinlerde BKİ'nin 30 kg/m² ve üzerinde olması obeziteyi ifade etmektedir (Carvajal Aldaz, Cucalon & Ordóñez, 2022; WHO, 2022). Günümüzde obezitenin yalnızca BKİ ile değerlendirilmesinin yetersiz kaldığı kabul edilmekte, bireylerin metabolik durumlarına göre metabolik olarak sağlıklı obez (MHO) ve metabolik olarak sağlıklı olmayan obez (MUO) gibi fenotipik alt gruplara ayrılması önerilmektedir (Blüher, 2020; Opio ve ark., 2020).

Obezitenin etiyolojisi genetik yatkınlık, yaş, cinsiyet, intrauterin etkiler, beslenme alışkanlıkları, fiziksel aktivite düzeyi, psikolojik unsurlar ile sosyoekonomik ve kültürel özellikler olmak üzere çok boyutlu bir yapı sergilemektedir. Genom çaığında ilişkilendirme çalışmaları (GWAS) yüzlerce genetik varyantın obezite ile ilişkisini ortaya koymuş olsa da bu varyantlar fenotipik varyansın yalnızca küçük bir kısmını açıklamaktadır (Keller, Svensson, Rohde Zimmermann, Kovacs & Böttcher, 2023); poligenik riskin çevresel tetikleyicilerle etkileşimi obezite gelişimini kolaylaştırırken, leptin (LEP), leptin reseptörü

(LEPR) ve MC4R gibi tekil genlerdeki mutasyonlarla ilişkili nadir görülen monogenik formlar da tanımlanmıştır (Loos & Yeo, 2022).

Kadınlarda obezite prevalansının erkeklere kıyasla daha yüksek olduğu birçok epidemiyolojik çalışmada gösterilmiştir (Cooper, Gupta, Moustafa & Chao, 2021). Östrojen gibi seks steroid hormonları yağ depolanması ve lokalizasyonunu etkileyerek kadınlarda periferik yağ birikimini desteklemekte (Kim, Kim ve Sung, 2025), gebelik sonrası kilo tutulumu ve menopozal dönemdeki hormonal değişiklikler bu riski artırmaktadır. Türkiye'de TÜİK verilerine göre 2022 yılında kadınların yaklaşık %23,6'sı obez olarak raporlanmıştır (İlbak & Aslan, 2024). Ev hanımları özelinde, ev içi sorumluluklar, düşük fiziksel aktivite düzeyi ve sosyal izolasyon gibi faktörler nedeniyle ev hanımı olmanın obezite için bağımsız bir risk belirleyicisi olabileceği bildirilmektedir (Pirinççi ve ark., 2023).

Beslenme alışkanlıkları, obezite gelişiminde değiştirilebilir nitelikteki başlıca risk faktörlerinden biridir; enerji yoğunluğu yüksek, besin değeri düşük ve ultra işlenmiş gıdaların ağırlıkta olduğu beslenme modelleri kilo artışı ile güçlü biçimde ilişkilendirilmektedir (Min ve ark., 2021; Zhao & Araki, 2024). Buna karşılık diyet lifi açısından zengin besinlerin tüketimi tokluk hissini artırarak vücut ağırlığı kontrolünü desteklemektedir (Min ve ark., 2021). Psikolojik faktörler de obezite riskinde önemli bir belirleyici olarak öne çıkmakta; kronik stres, duygusal yeme davranışı ve sosyal destek eksikliği özellikle kadınlarda kilo artışına katkıda bulunmaktadır (Konttinen, 2020; Macht, 2008).

Küresel ölçekte obezite prevalansı 1980-2008 yılları arasında yaklaşık iki katına çıkmış; 2008 yılı itibarıyla dünya genelinde 20 yaş üzerindeki yaklaşık 205 milyon erkek ve 297 milyon kadının obez olduğu tahmin edilmiştir (WHO, 2011). Amerika Birleşik Devletleri'nde NHANES 2009-2010 verilerine göre toplam obezite prevalansı %35,7 olarak bildirilmiştir (NCHS, 2012). Türkiye'de ise beslenme örüntüsündeki değişim -tahıl, kırmızı et ve katı yağ tüketiminin azalması, buna karşılık süt-yoğurt ve kümes hayvanları eti tüketiminin artması- geleneksel beslenme modelinin modern yaşam tarzı ve azalan fiziksel aktivite ile birleşmesi sonucunda obezite prevalansındaki artışı açıklayan önemli faktörler arasında yer almaktadır (Pekcan, 2001; TBSA, 2010).

BESİN GÜVENCESİZLİĞİ-OBEZİTE PARADOKSU VE EV HANIMLARINDA DEĞERLENDİRME

Hane halkı besin güvencesizliği ile obezite arasındaki ilişki, özellikle ev hanımları özelinde "obezite paradoksu" olarak tanımlanan çelişkili bir tablo ortaya koymaktadır. Besin güvencesizliği yaşayan ev hanımları öncelikle çocuklarını ve diğer aile bireylerini beslemeye öncelik vererek kendi sağlıklarını riske atabilmekte, bu durum fazla kilolu veya obez olma olasılıklarını artırmaktadır (Martin & Lippert, 2012). Besin güvencesizliği olan hanelerde yaşayan kadınların risk altındaki bel çevresi değerlerine sahip olma olasılığının anlamlı düzeyde yüksek olduğu gösterilmiştir (Mohammadi ve ark., 2013); ayrıca besin güvencesizliğin yalnızca enerji alımını değil besin kalitesini de olumsuz etkileyerek hipertrigliseridemik bel fenotipi gibi spesifik obezite fenotiplerini tetikleyebildiği bildirilmektedir (Jadidi ve ark., 2025). Türkiye'de pandemi dönemi verileri de özellikle hafif besin güvencesizliği yaşayan kadınlarda obezite ile ilişkili risk faktörlerinin arttığını göstermektedir (İlkay ve Özkan, 2023; Shariff & Khor, 2005).

Bu paradoksun altında yatan mekanizmalar çok boyutludur. Sınırlı ekonomik kaynaklara sahip bireyler genellikle daha ucuz ve kolay ulaşılabilir olan, rafine karbonhidrat, doymuş yağ ve trans yağ açısından zengin fakat besin değeri düşük gıdalara yönelmektedir. Buna ek olarak dönemsel gıda kısıtlılıkları sonrasında gelişen aşırı yeme davranışları, kronik stresin tetiklediği hormonal değişiklikler -özellikle kortizol düzeylerinde artış-, uyku bozuklukları ve fiziksel aktivite olanaklarının sınırlı olması da obezite gelişimine katkıda bulunan faktörler arasında sayılmaktadır (Laraia, 2013; Rogers ve ark., 2016). Besin güvencesizliği yaşayan bireylerde sebze, meyve, et, balık, süt ürünleri ve baklagil tüketiminin daha düşük olduğu gösterilmiş olup bu durum hem bireysel sağlık hem de aile içi beslenme dinamikleri üzerinde olumsuz etkiler yaratmaktadır (Fram, Frongillo & Burke, 2022).

Ev hanımları, hane içi beslenme düzeninin planlanması ve uygulanmasında merkezi bir rol üstlenmeleri nedeniyle bu ilişkinin en görünür biçimde gözlemlendiği gruplardan biridir. Ev içi sorumlulukların yoğunluğu, ekonomik kaygılar, sosyal destek eksikliği ve sınırlı sosyal etkileşim kronik stres düzeyini artırabilmekte; bu durum duygusal yeme davranışını tetikleyerek enerji alımının artmasına yol açabilmektedir (Wardle, Haase & Steptoe, 2004). Sosyoekonomik düzeyin de bu ilişkide belirleyici bir rolü bulunmaktadır; eğitim ve gelir düzeyi düşük olan bireylerde sağlıklı beslenme konusunda bilgi

düzeinin sınırlı olması ve besin çeşitliliğinin azalması, yüksek karbonhidrat ve yağ içeren gıdaların daha sık tüketilmesine yol açabilmekte, ev içi sorumlulukların yoğunluğu ise düzenli fiziksel aktivite için ayrılacak zamanı kısıtlayarak sedanter yaşam tarzını pekiştirmektedir (Dinsa ve ark., 2012). Türkiye'de bu ilişkiyi doğrudan inceleyen çalışmaların sınırlı sayıda olması dikkat çekicidir. Samsun'da yetişkin nüfusta yürütülen bir çalışma besin güvencesizliği ile obezite arasında anlamlı bir bağ saptamamış ve daha geniş popülasyonlarda ek araştırma gerekliliğine işaret etmiştir (Ünal, 2025); bu bulgu, ilişkinin evrensel olmayıp popülasyon özelliklerine, ölçüm yöntemine ve obezite fenotipinin tanımlanma biçimine göre farklılaşabileceğini düşündürmektedir. Bu nedenle ev hanımlarında besin güvencesizliği ile obezite fenotipleri (hipertrigliseridemik bel fenotipi gibi) arasındaki ilişkinin, yalnızca BKİ üzerinden değil çok boyutlu antropometrik ve metabolik göstergelerle birlikte değerlendirildiği özgün araştırmalara ihtiyaç duyulmaktadır.

SONUÇ

Besin güvencesizliği ve obezite, görünürde birbirine zıt iki olgu gibi algılsa da, özellikle kısıtlı ekonomik kaynaklara sahip hanelerde ve bu hanelerin beslenme sorumluluğunu üstlenen ev hanımlarında iç içe geçmiş, çok boyutlu bir sağlık sorunu oluşturmaktadır. Sınırlı bütçeyle enerji yoğun ve besin değeri düşük gıdalara yönelim, dönemsel gıda kısıtlılıklarının ardından gelişen aşırı yeme davranışları, kronik stres kaynaklı hormonal değişiklikler ve fiziksel aktivite kısıtlılıkları bu ilişkiyi şekillendiren temel mekanizmalar arasında yer almaktadır. Obezitenin yalnızca BKİ üzerinden değil, metabolik sağlıklı/sağlıksız fenotipler ve bel çevresi ölçümleri gibi alt tiplerle birlikte değerlendirilmesi, hane halkı besin güvencesizliğinin ev hanımları üzerindeki etkilerinin daha kapsamlı anlaşılmasını sağlayacaktır.

Türkiye'de bu alandaki araştırmaların sınırlı sayıda olması ve mevcut bulguların çelişkili sonuçlar içermesi, ev hanımlarına özgü, obezite fenotiplerini de kapsayan nitel ve nicel araştırmaların gerekliliğini ortaya koymaktadır. Bu doğrultuda yürütülecek çalışmalar, hem ulusal halk sağlığı politikalarının hedeflenmesine hem de kadınların beslenme ve metabolik risk profillerinin daha iyi anlaşılmasına önemli katkılar sağlayacaktır. Sağlık politikaları geliştirilirken besin güvencesizliğinin yalnızca açlık ve yetersiz beslenme boyutuyla değil, obezite ve ilişkili metabolik risklerle birlikte ele alınması, hedefe yönelik ve sürdürülebilir müdahale stratejilerinin geliştirilmesi açısından kritik önem taşımaktadır.

KAYNAKLAR

- Abruzzese, L. (2014). *Global food security: Understanding it, measuring it, assessing price impacts*. The Economist Intelligence Unit.
- Barrett, C. B. (2010). Measuring food insecurity. *Science*, 327(5967), 825–828.
- Basyigit, B., Karimidastjerd, A., Cetinkaya, T., Zeynep Bakkal, L., Basdogan, H., Elmas, N., ... & Toker, O. S. (2025). Post-disaster impacts on food security and nutritional demands of vulnerable groups. *Environmental Research Communications*, 7(9), 092004.
- Blüher, M. (2020). Metabolically healthy obesity. *Endocrine Reviews*, 41(3), bnaa004.
- Carvajal-Aldaz, D., Cucalon, G., & Ordonez, C. (2022). Food insecurity as a risk factor for obesity: A review. *Frontiers in Nutrition*, 9, 1012734.
- Clay, E. (2002). Food security: Concepts and measurement. In *Trade reforms and food security: Conceptualising the linkages* (pp. 25–34). FAO.
- Coleman-Jensen, A., Rabbitt, M. P., Gregory, C. A., & Singh, A. (2022). *Household food security in the United States in 2021*. USDA Economic Research Service.
- Cooper, A. J., Gupta, S. R., Moustafa, A. F., & Chao, A. M. (2021). Sex/gender differences in obesity prevalence, comorbidities, and treatment. *Current Obesity Reports*, 10(4), 458–466.
- Dinsa, G. D., Goryakin, Y., Fumagalli, E., & Suhrcke, M. (2012). Obesity and socioeconomic status in developing countries: A systematic review. *Obesity Reviews*, 13(11), 1067–1079.
- Donohoue, P. A. (2004). Obesity. In R. E. Behrman, R. M. Kliegman, & H. B. Jenson (Eds.), *Nelson textbook of pediatrics* (17th ed., pp. 173–177). W. B. Saunders.
- FAO. (2006). *Food security policy brief*. FAO.
- FAO. (2008). *Food security concepts and frameworks, Lesson 1: What is food security? Learner's notes*. FAO.

- FAO, IFAD, UNICEF, WFP, & WHO. (2019). *The state of food security and nutrition in the world 2019: Safeguarding against economic slowdowns and downturns*. FAO.
- FAO, IFAD, UNICEF, WFP, & WHO. (2022). *The state of food security and nutrition in the world 2022*. FAO.
- Fram, M. S., Nguyen, H. T., & Frongillo, E. A. (2022). Food insecurity among adolescent students from 95 countries is associated with diet, behavior, and health, and associations differ by student age and sex. *Current Developments in Nutrition*, 6(3), nzac024.
- Global Food Security Index. (2022). *Global Food Security Index 2022*. Economist Impact.
- Holt-Giménez, E. (2010). Food security, food justice, or food sovereignty. *Food First Backgrounder*, 16(4), 1–4.
- Huang, J., Guo, B., & Kim, Y. (2010). Food insecurity and disability: Do economic resources matter? *Social Science Research*, 39(1), 111–124.
- İlbak, İ., & Aslan, E. (2024). Examination of obesity prevalence in Türkiye from a gender perspective. *Beden Eğitimi Spor Sağlık ve Efor Dergisi*, 3(3), 92–101.
- İlkay, H. Ö., & Özkan, N. (2023). Yetişkin bireylerde COVID-19 pandemi sürecinin besin güvencesizliğine etkilerinin değerlendirilmesi: Bir Türkiye örneklemini. *Beslenme ve Diyet Dergisi*, 51(3), 46–57.
- Ivers, L. C., & Cullen, K. A. (2011). Food insecurity: Special considerations for women. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 94(6), 1740S–1744S.
- Jadidi, P., Mirzababaei, A., Abaj, F., Dehghani, A., Valisoltani, N., Ghorbani, M., ... & Mirzaei, K. (2025). Food insecurity associated with higher odds of hypertriglyceridemic waist phenotype in women: A cross-sectional study. *Food Science & Nutrition*, 13(12), e71244.
- Jones, A. D., Ngure, F. M., Pelto, G., & Young, S. L. (2013). What are we assessing when we measure food security? A compendium and review of current metrics. *Advances in Nutrition*, 4(5), 481–505.
- Keller, M., Svensson, S. I. A., Rohde-Zimmermann, K., Kovacs, P., & Boettcher, Y. (2023). Genetics and epigenetics in obesity: What do we know so far? *Current Obesity Reports*, 12(4), 482–501.
- Kim, H., Kim, S. E., & Sung, M. K. (2025). Sex and gender differences in obesity: Biological, sociocultural, and clinical perspectives. *The World Journal of Men's Health*, 43(4), 758.
- Konttinen, H. (2020). Emotional eating and obesity in adults: The role of depression, sleep and genes. *Proceedings of the Nutrition Society*, 79(3), 283–289.
- Laraia, B. A. (2013). Food insecurity and chronic disease. *Advances in Nutrition*, 4(2), 203–212.
- Loos, R. J., & Yeo, G. S. (2022). The genetics of obesity: From discovery to biology. *Nature Reviews Genetics*, 23(2), 120–133.
- Macht, M. (2008). How emotions affect eating: A five-way model. *Appetite*, 50(1), 1–11.
- Martin, M. A., & Lippert, A. M. (2012). Feeding her children, but risking her health: The intersection of gender, household food insecurity and obesity. *Social Science & Medicine*, 74(11), 1754–1764.
- Min, K., Wang, J., Liao, W., Astell-Burt, T., Feng, X., Cai, S., ... & Jiang, Y. (2021). Dietary patterns and their associations with overweight/obesity among preschool children in Dongcheng District of Beijing: A cross-sectional study. *BMC Public Health*, 21(1), 223.
- Mohammadi, F., Omidvar, N., Harrison, G. G., Ghazi-Tabatabaei, M., Abdollahi, M., Houshiar-Rad, A., Mehrabi, Y., & Dorosty, A. R. (2013). Is household food insecurity associated with overweight/obesity in women? *Iranian Journal of Public Health*, 42(4), 380–390.
- National Center for Health Statistics. (2012). *NCHS data brief no. 82*.
- Nord, M. (2007). *Characteristics of low-income households with very low food security: An analysis of the USDA GPRA food security indicator* (Economic Information Bulletin No. 25). USDA-ERS.
- Nord, M. (2009). *Food insecurity in households with children: Prevalence, severity, and household characteristics* (Economic Information Bulletin No. 56). USDA.
- Opio, J., Croker, E., Odongo, G. S., Attia, J., Wynne, K., & McEvoy, M. (2020). Metabolically healthy overweight/obesity are associated with increased risk of cardiovascular disease in adults, even in the absence of metabolic risk factors: A systematic review and meta-analysis of prospective cohort studies. *Obesity Reviews*, 21(12), e13127.
- Pai, S., & Bahadur, K. (2020). The impact of food insecurity on child health. *Pediatric Clinics of North America*, 67, 387–396.

- Pekcan, G. (2001). Türkiye'de beslenme sorunları ve boyutları: Besin ve beslenme politikalarının önemi. *Yeni Türkiye Sağlık Özel Sayısı*, 39, 572–585.
- Pirinççi, E., Açık, Y., Yakar, B., Eren, S., Akkus, H. İ., Nayır, T., & Deveci, S. E. (2023). Obesity and overweight prevalence and related factors in Turkish community. *Fırat Üniversitesi Sağlık Bilimleri Tıp Dergisi*, 37(1).
- Rogers, B. G., Kegler, M. C., Berg, C. J., Haardörfer, R., & Frederick, G. T. (2016). Understanding the food insecurity and obesity relationship by examining potential mediators: An exploratory analysis. *Journal of Hunger & Environmental Nutrition*, 11(2), 195–209.
- Shariff, Z. M., & Khor, G. L. (2005). Obesity and household food insecurity: Evidence from a sample of rural households in Malaysia. *European Journal of Clinical Nutrition*, 59(9), 1049–1058.
- Sumsion, R. M., June, H. M., & Cope, M. R. (2023). Measuring food insecurity: The problem with semantics. *Foods*, 12(9), 1816.
- T.C. Sağlık Bakanlığı Genel Müdürlüğü. (2019). *Türkiye Beslenme ve Sağlık Araştırması–2017 (TBSA-2017)* (Yayın No: 1132). Sağlık Bakanlığı.
- Türkiye Beslenme ve Sağlık Araştırması (TBSA). (2010). [Yayımlanmamış rapor]. Sağlık Bakanlığı, Hacettepe Üniversitesi Sağlık Bilimleri Fakültesi, Beslenme ve Diyetetik Bölümü.
- Türkiye İşçi Sendikaları Konfederasyonu (TÜRK-İŞ). (2023). *Ekim 2023 açlık ve yoksulluk sınırı. TÜRK-İŞ*.
- Ünal, G. (2025). Food insecurity in relation to sustainable and healthy eating behaviors and obesity in Türkiye. *OTSBD*, 10(2), 111–117.
- Ünal, G., & Esgin, Ö. (2025). Relationship between food insecurity, intuitive eating, and body mass index among adults: A cross-sectional study in Türkiye. *Appetite*, 108341.
- United Nations. (2023). *Goal 2: Zero hunger*. United Nations Sustainable Development. <https://www.un.org/sustainabledevelopment/hunger/>
- United States Department of Agriculture. (2017). *Food security in the U.S.: Measurement*. USDA Economic Research Service.
- Ver Ploeg, M., Breneman, V., Farrigan, T., Hamrick, K., Hopkins, D., Kaufman, P., ... & Tuckermanty, E. (2009). *Access to affordable and nutritious food: Measuring and understanding food deserts and their consequences: Report to Congress*. USDA.
- Von Braun, J., Afsana, K., Fresco, L., Hassan, M., & Torero, M. (2021). Food systems – Definition, concept and application for the UN Food Systems Summit. *Science and Innovations*, 27, 27–39.
- Wardle, J., Haase, A. M., Steptoe, A., Nillapun, M., Jonwutiwes, K., & Bellisie, F. (2004). Gender differences in food choice: The contribution of health beliefs and dieting. *Annals of Behavioral Medicine*, 27(2), 107–116.
- World Health Organization. (2000). *Obesity: Preventing and managing the global epidemic. Report of a WHO consultation* (WHO Technical Report Series No. 894). WHO.
- World Health Organization. (2011). *Global status report on noncommunicable diseases 2010*. WHO.
- World Health Organization. (2022). *WHO European regional obesity report 2022*. WHO Regional Office for Europe.
- Zhao, Y., & Araki, T. (2024). Diet quality and its associated factors among adults with overweight and obesity: Findings from the 2015–2018 National Health and Nutrition Examination Survey. *British Journal of Nutrition*, 131(1), 134–142.

**PYTHAGOREAN FUZZY WEIGHTED AVERAGING OF CHURN DISCOURSE:
HESITANCY-AWARE RETENTION-CRITERIA WEIGHTS FROM CUSTOMER X POSTS
IN TÜRKİYE****Doğan ŞENGÜL**

Department of Software Engineering, İstanbul Sabahattin Zaim University, İstanbul, Türkiye.

ORCID ID: 0000-0002-2285-3907

Mahmut Emin SARIKAYA

Department of Business, İstanbul Sabahattin Zaim University, İstanbul, Türkiye.

ORCID ID: 0009-0007-1392-6151

Abstract

Mobile-operator markets in Türkiye are saturated and intensely competitive, so understanding which factors drive customers to stay or switch is central to retention strategy. Existing churn research weights such determinants through surveys or internal billing models, both of which are costly and lag behind fast-moving customer sentiment. This study introduces a novel, reproducible framework that derives fuzzy linguistic criteria weights for retention directly from public, traceable customer discourse on the platform X. A corpus of 111 public posts, retrieved with thirty-eight Turkish and English search expressions, was thematically coded into nine churn-retention criteria. Because customer voice is polarised, complaint versus willingness to stay, and many engagement metrics are only partly visible, each criterion's importance is modelled as a Pythagorean fuzzy number whose membership encodes positive salience, whose non-membership encodes relative weakness and whose hesitancy captures metric invisibility and ambivalence. Three salience signals, posting volume, engagement and reach, are normalised, mapped onto a seven-term Pythagorean fuzzy linguistic scale, aggregated with the Pythagorean fuzzy weighted averaging operator, scored and normalised into a crisp weight vector. Customer service and complaint resolution receives the largest weight (0.211), followed by billing accuracy and disputes (0.188), network coverage (0.161) and number-portability friction (0.122), whereas forced upselling and loyalty unfairness rank lowest by attention even though they recur as switching triggers. The contribution is threefold: to the best of our knowledge it is the first application of this pipeline to Turkish mobile-operator retention discourse; it gives hesitancy an operational, data-driven meaning; and it offers a transparent, continuously updatable alternative to survey-based weighting.

Keywords: Pythagorean fuzzy sets; customer churn; criteria weighting; social-media analytics; mobile telecommunications; retention

1. Introduction

The Turkish mobile-communications market is mature, concentrated among three national operators and saturated to the point where growth depends less on acquiring new subscribers than on keeping existing ones. Two features sharpen the retention problem. First, mobile number portability lets a dissatisfied customer move operator while keeping the same number, so the practical cost of switching is low and the threat of switching is ever present. Second, recurrent tariff increases and the ritual of fixed-term commitment (taahhüt) renewal mean that large parts of the subscriber base periodically reconsider their provider. In this environment, knowing which factors weigh most heavily on the decision to stay or leave is of direct strategic value.

Customer churn is among the most studied problems in services marketing, and retaining a customer is consistently found to be cheaper than acquiring a new one (Ribeiro et al., 2024; Zdziebko et al., 2024). The determinants of churn and switching intention are well charted: perceived service quality, satisfaction, switching costs and the availability of attractive alternatives recur across markets (Calvo-Porrà et al., 2017; Malhotra & Malhotra, 2013), while studies of mobile telephony specifically single out call and network quality, tariff level and billing as decisive (Kim & Yoon, 2004; Ahn et al., 2006). Evidence from Türkiye points to the same triad, network quality, billing and tariff, as the leading determinants of subscriber churn (Sucu & Unusan, 2021).

What this literature shares is its method of recovering the relative importance of determinants: surveys, structural equation models or internal billing records.

Each of these instruments is costly, slow to refresh and, by design, one step removed from the live voice of the customer. Yet that voice is now audible in public. On the platform X, subscribers announce billing shocks, coverage failures and explicit intentions to port their number, often tagging the operator directly and in real time. A substantial body of work in opinion mining and user-generated-content analytics already extracts consumer preferences from such text (Messaoudi et al., 2022), and a growing strand translates textual opinion into the vocabulary of multi-criteria decision-making, deriving attribute weights from comments and ratings (Zhu et al., 2022) and ranking alternatives from social-network opinion under fuzzy and evidential models (Ng & Law, 2020). Engagement metrics such as views, likes and replies have moreover been used as a word-of-mouth measure of how much attention a complaint commands (Wu et al., 2025). This machinery has not, however, been connected to fuzzy criteria-weighting for operator retention.

Two properties of retention discourse make a Pythagorean fuzzy treatment especially apt. First, customer signals are bipolar: the same conversation contains support for staying ("come back with a fair offer and I will renew") and support for leaving ("the price is absurd; I am porting my number"). Second, the signal is genuinely indeterminate: many interaction metrics are simply not visible, and a non-trivial share of customers are ambivalent, threatening to switch while simultaneously asking to be retained. Intuitionistic and Pythagorean fuzzy sets are built precisely to carry this structure, representing an assessment by a degree of membership, a degree of non-membership and a residual degree of hesitancy. Pythagorean fuzzy sets, introduced by Yager, relax the intuitionistic constraint that membership and non-membership sum to at most one, requiring instead that the sum of their squares not exceed one, which enlarges the space of admissible assessments and accommodates stronger, more polarised opinions (Yager, 2013; Yager & Abbasov, 2013; Yager, 2014; Peng & Yang, 2015). Coupled with linguistic variables (Zadeh, 1965, 1975), they allow graded discourse salience to be translated into importance.

This paper makes that translation. Its central proposition is that the salience of a retention criterion in public discourse, how much it is talked about and how much attention that talk attracts, can serve as an observable, if imperfect, proxy for the criterion's perceived importance, a signal of attention rather than proof of its causal effect on actual churn, and that this salience can be encoded as a Pythagorean fuzzy importance and aggregated into criteria weights. The study contributes in four ways. (i) It develops a transparent pipeline that maps discourse salience onto a Pythagorean fuzzy linguistic scale, aggregates it with the Pythagorean fuzzy weighted averaging operator and returns a normalised weight vector. (ii) It gives the hesitancy degree an operational, data-driven meaning, metric invisibility and customer ambivalence, rather than treating it as a purely formal residual. (iii) It is, to our knowledge, the first application of such a pipeline to Turkish mobile-operator retention discourse. (iv) It offers a low-cost, continuously updatable complement to survey-based weighting. The remainder of the paper sets out the corpus and the Pythagorean fuzzy engine, reports the resulting weights and their robustness and discusses what they reveal about retention in a saturated market.

2. Research and Findings

Figure 1 sets out the overall workflow, from the public corpus to the normalised criteria weights.

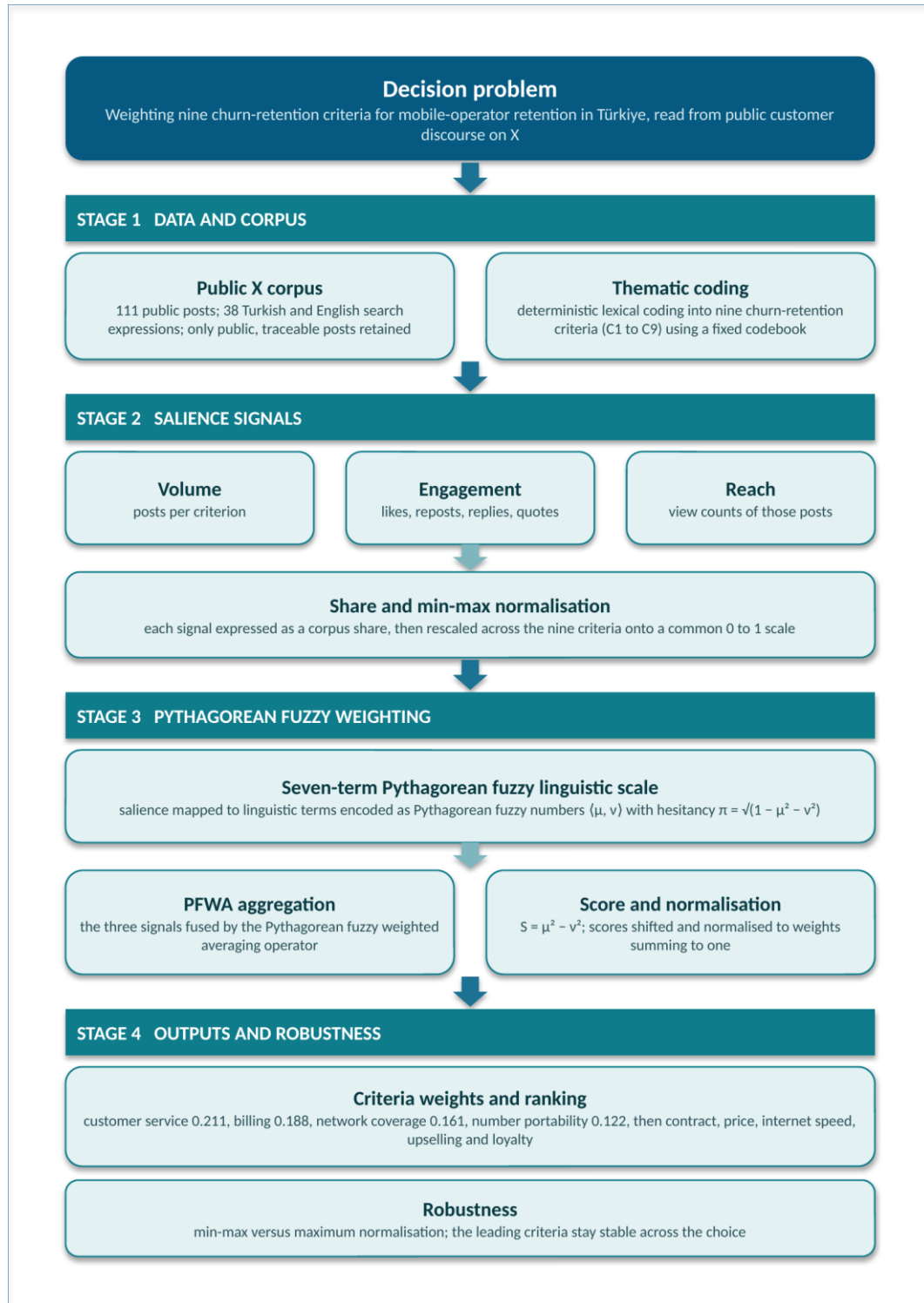


Figure 1. Methodology workflow of the Pythagorean fuzzy weighting of customer churn discourse.

2.1. Data and corpus construction

The corpus comprises 111 public posts retrieved from X using thirty-eight Turkish and English search expressions spanning the retention field, operator switching and number portability ("operatör değiştirmek", "numara taşıma", "hat taşıma"), network and internet problems ("çekmiyor", "şebeke

sorunu", "internet yavaş"), tariff and billing grievances ("tarife pahalı", "fatura çok yüksek"), commitment renewal ("taahhüt yenileme", "taahhüt bitiyor") and customer-service complaints, including operator-specific terms for the three national providers. Only public posts with a traceable URL were retained, and no information beyond what was already public was recorded. Authorship is overwhelmingly that of customers (110 of 111 posts), which is appropriate for a study of the customer's own voice; the operators named are distributed fairly evenly across the three providers, with a substantial share of posts referring to operators in general.

Each post was thematically coded, with multiple labels permitted, into nine churn-retention criteria: C_1 network coverage and signal reliability; C_2 mobile-internet speed and quality; C_3 price and tariff level; C_4 billing accuracy and disputes; C_5 contract terms and exit costs; C_6 customer service and complaint resolution; C_7 forced upselling and package imposition; C_8 loyalty treatment and price fairness for existing customers; and C_9 number-portability friction. The search expressions deliberately target grievances, so the corpus is complaint-biased; for a study of churn drivers this is a feature rather than a flaw, because churn is itself a response to dissatisfaction, but the bias is acknowledged when the weights are interpreted.

The corpus was retrieved in early June 2026; where post dates were visible they ranged from 2023 to May 2026 and were predominantly from 2026, although some posts carried no machine-readable date. Every retained post had a unique URL, so the set contains no duplicate items, and pure reposts without added commentary were excluded, leaving original posts, replies and quote-posts. Almost all posts (110 of 111) were written by customers rather than by companies or the media, so institutional and bot traffic is minimal, and obvious advertisements and operator campaigns were removed during retrieval. Coding was performed by a single, fully specified lexical rule, a fixed dictionary of Turkish and English cue terms for each criterion, listed in Appendix A, applied programmatically, so the procedure is deterministic, exactly reproducible and free of inter-coder variability; its limitation is that rule-based matching can misread negation and irony, which we note as a threat to validity. The three salience signals were each converted to a share of the corpus total and then rescaled across criteria, so that volume, engagement and reach contribute on a common scale, as set out in Equation (3).

Although every post is public, the study applied data-minimisation safeguards: no private or restricted content was accessed; no usernames, handles, profile details or post URLs are reproduced; the illustrative quotations are translated from Turkish and lightly paraphrased to reduce identifiability; and only aggregate, criterion-level findings are reported, consistent with the platform's terms for public data.

2.2. The Pythagorean fuzzy weighting engine

A Pythagorean fuzzy set P over a universe X is a set of triples, Equation (1), in which the membership μ and non-membership ν of each element satisfy the Pythagorean constraint. The residual, the hesitancy degree π in Equation (2), measures the indeterminacy of the assessment and is, in this study, the formal home of metric invisibility and customer ambivalence.

$$P = \{\langle x, \mu_P(x), \nu_P(x) \rangle \mid x \in X\}, \quad \mu_P^2(x) + \nu_P^2(x) \leq 1 \quad (1)$$

$$\pi_P(x) = \sqrt{1 - \mu_P^2(x) - \nu_P^2(x)} \quad (2)$$

For every criterion i the same three salience signals used throughout, posting volume V , engagement E and reach R , are computed from the corpus, expressed as shares of the corpus total and rescaled across the nine criteria by min-max normalisation, Equation (3), exactly as in the general fuzzy-MCDM weighting literature (Liu et al., 2020). The superscript k ranges over the three signals.

$$z_i^k = \frac{s_i^k - \min_j s_j^k}{\max_j s_j^k - \min_j s_j^k}, \quad s_i^k = \frac{x_i^k}{\sum_{j=1}^n x_j^k} \quad (3)$$

Each normalised value is mapped onto the seven-term Pythagorean fuzzy linguistic scale of Table 1 by partitioning the unit interval into seven equal bands, yielding for every criterion a three-term linguistic profile and, through the scale, three Pythagorean fuzzy numbers. These are fused into a single importance by the Pythagorean fuzzy weighted averaging (PFWA) operator, Equation (4) (Yager, 2014; Ma & Xu, 2016), with signal weights $\omega = (0.40, 0.35, 0.25)$ that privilege sustained volume over engagement and reach.

$$PFWA(P_1, \dots, P_n) = \langle \sqrt{1 - \prod_{k=1}^n (1 - \mu_k^2)^{\omega_k}}, \prod_{k=1}^n \nu_k^{\omega_k} \rangle \quad (4)$$

The aggregated Pythagorean fuzzy importance of each criterion is reduced to a scalar by the score function, Equation (5), which rewards membership and penalises non-membership and therefore ranges over the interval from minus one to one.

$$S(P_i) = \mu_i^2 - \nu_i^2 \quad (5)$$

Because scores may be negative, they are shifted by one and normalised so that the criteria weights are non-negative and sum to unity, Equation (6).

$$w_i = \frac{S(P_i) + 1}{\sum_{j=1}^n (S(P_j) + 1)} \quad (6)$$

Table 1. Seven-term Pythagorean fuzzy linguistic importance scale: membership μ , non-membership ν and hesitancy π .

Linguistic term	Abbrev.	μ	ν	π
Very Low	VL	0.10	0.85	0.517
Low	L	0.25	0.75	0.612
Medium-Low	ML	0.35	0.65	0.675
Medium	M	0.50	0.50	0.707
Medium-High	MH	0.65	0.35	0.675
High	H	0.75	0.25	0.612
Very High	VH	0.90	0.10	0.424

2.3. Results

Table 2. Churn-retention criteria, their discourse footprint and the resulting fuzzy weights. The aggregated Pythagorean fuzzy number (μ , ν), its hesitancy π , score S and normalised weight w_i are shown; V/E/R lists the Volume/Engagement/Reach linguistic terms.

Criterion	Posts	V/E/R	PFN (μ , ν)	π	Score S	Weight	Rank
C_6 Customer service & complaint resolution	40	VH/VH/VH	(0.900, 0.100)	0.424	0.800	0.211	1
C_4 Billing accuracy & disputes	18	ML/VH/VH	(0.806, 0.211)	0.553	0.605	0.188	2
C_1 Network coverage & signal reliability	37	VH/VL/L	(0.704, 0.350)	0.618	0.373	0.161	3
C_9 Number-portability friction	35	H/VL/L	(0.544, 0.505)	0.670	0.041	0.122	4
C_5 Contract terms & exit costs	26	MH/VL/VL	(0.449, 0.596)	0.665	-0.153	0.099	5
C_3 Price & tariff level	24	M/ML/ML	(0.419, 0.585)	0.694	-0.167	0.098	6
C_2 Mobile-internet speed & quality	19	ML/VL/VL	(0.238, 0.763)	0.600	-0.526	0.055	7
C_7 Forced upselling & package imposition	5	VL/VL/VL	(0.100, 0.850)	0.517	-0.713	0.034	8
C_8 Loyalty treatment & price fairness	8	VL/VL/VL	(0.100, 0.850)	0.517	-0.713	0.034	8

Three criteria form the core of the retention conversation. Customer service and complaint resolution (C_6 , $w = 0.211$) is the single most salient theme: it appears in forty posts and draws both the highest engagement and the widest reach, yielding the maximal Pythagorean fuzzy importance (0.900, 0.100).

A typical post reads, "the technical-support request I opened at 13:45 has still had no reply; this is a truly terrible system" (translated). Billing accuracy and disputes (C_4 , $w = 0.188$) is the second criterion, propelled by a smaller number of posts that nonetheless attract enormous engagement and reach, one widely shared complaint describes a bill rising from 250 to 485, then 939 and finally 2,000 lira within thirteen months, ending in a formal complaint to the Consumer Arbitration Committee (translated). The high-engagement, lower-volume profile produces a strong membership but a non-trivial hesitancy, exactly the configuration the Pythagorean representation is designed to carry.

Network coverage and signal reliability (C_1 , $w = 0.161$) is the most frequently posted grievance of all (thirty-seven posts) but attracts comparatively modest engagement, so its membership is high while its non-membership and hesitancy remain appreciable; the recurrent complaint that an operator advertised as having "the best coverage" leaves a district without signal (translated) is characteristic. Number-portability friction (C_9 , $w = 0.122$) is likewise highly salient: customers repeatedly use the threat of porting their number as leverage, one noting that switching operator saved six hundred lira a month and that the absence of a loyalty discount would prompt them to switch again "without hesitation" (translated). Contract terms (C_5) and price and tariff (C_3) occupy the middle of the ranking with near-equal weights, while internet speed (C_2), forced upselling (C_7) and loyalty unfairness (C_8) trail; notably, the latter two recur as switching triggers yet generate little public volume, a reminder that low salience is not the same as low causal force.

The ordering is robust. Re-estimating the weights with maximum normalisation in place of min-max leaves the leading group, customer service, billing and coverage, unchanged and preserves the broad structure of the ranking, with only minor reordering among the low-weight criteria; the rank correlation between the two solutions is high. The dominance of service, billing and coverage is therefore a property of the discourse rather than of a particular normalisation choice.

2.4. Discussion

The discourse-derived weights align closely with the established churn literature, which repeatedly identifies service quality, billing and network or call quality as the leading determinants of switching, including in the Turkish market (Kim & Yoon, 2004; Sucu & Unusan, 2021; Ribeiro et al., 2024). That customer service tops the ranking, rather than price, is consistent with the view that dissatisfaction and unresolved complaints, more than headline tariffs, push customers towards the exit. The prominence of number-portability friction reflects a structural feature of the market: when switching is technically easy, the willingness to switch becomes a routine bargaining instrument, and the discourse is full of customers using it as such. The hesitancy degree earns its place in the model here, criteria such as contract terms and price carry high π because their salience signals are mixed, combining frequent but low-engagement posts with occasional viral ones, and the Pythagorean representation records that indeterminacy instead of suppressing it.

For retention practice, the implications are concrete. The salience of customer service and billing points to complaint handling and billing transparency as the highest-leverage levers, ahead of tariff adjustments; the data even show customers explicitly asking to be routed to a retention desk and offering to renew in exchange for a fair price. The visibility of portability threats suggests that proactive, pre-emptive offers around commitment expiry would address a concern that customers themselves foreground. As with any salience-based instrument, a caveat applies: attention measures how loudly a criterion is voiced, which is related to but not identical with its effect on actual churn, and a complaint-biased corpus will under-represent the silent satisfaction of customers who never post. The weights are best read as a real-time map of where customer grievance concentrates, to be triangulated with behavioural churn data rather than to replace it.

3. Conclusion

This study weighted the criteria that drive mobile-operator retention in Türkiye without surveying a single customer, by reading those weights from the public discourse customers already produce. It introduced an exploratory framework that treats the salience of a retention criterion on X as observable evidence of its importance and encodes that salience as a Pythagorean fuzzy importance, membership for positive salience, non-membership for relative weakness and hesitancy for the metric invisibility and ambivalence that pervade customer voice. Three engagement-weighted signals are mapped onto a seven-

term Pythagorean fuzzy linguistic scale, aggregated with the Pythagorean fuzzy weighted averaging operator, scored and normalised into a weight vector. Across 111 public posts, customer service and complaint resolution, billing accuracy and network coverage emerge as the most heavily weighted criteria, with number-portability friction close behind; the ranking is robust to the normalisation rule and consistent with the established churn literature.

The contribution is deliberately specific. Pythagorean fuzzy sets and the averaging operators that act on them are well developed (Yager, 2014; Ma & Xu, 2016; Peng & Yang, 2015); what is new is the source of the assessments and the meaning given to hesitancy. Instead of eliciting importance from surveys that lag behind sentiment, the framework reads it from the live footprint of customer attention, and it lets the hesitancy degree carry a concrete, data-driven interpretation rather than serving as a formal residual. In doing so it connects opinion-mining analytics to Pythagorean fuzzy criteria-weighting in a retention setting where, to our knowledge, the two have not previously been joined.

The limitations are clear and motivate further work. The corpus is modest and, because the search expressions target grievances, complaint-biased; broader, multi-platform and multi-season sampling would temper this bias and expose the temporal dynamics of customer attention. Saliency is a proxy for, not a measure of, the causal force a criterion exerts on actual churn, so criteria that are decisive but rarely voiced, forced upselling and loyalty unfairness among them, may be under-weighted. The analysis spans Turkish and English discourse within a single national market. Validating discourse-derived weights against observed portability and churn statistics, and exploring richer generalisations of the fuzzy representation, would strengthen and extend the approach. None of this detracts from the central demonstration: that the everyday grievances customers publish can be turned, systematically and reproducibly, into fuzzy retention-criteria weights.

Declarations

Ethics. Only publicly available posts were analysed; no private content was accessed and no personal, biometric or operationally sensitive data were recorded. No usernames, handles, profile information or post URLs are reproduced, illustrative quotations are translated and paraphrased to reduce identifiability and only aggregate criterion-level results are reported, in line with data-minimisation principles.

Funding. This research received no external funding.

Conflict of interest. The authors declare no competing interests.

Data availability. The anonymised coding table that supports the findings is available from the authors upon reasonable request. Usernames, handles and raw post URLs are not shared publicly.

References

- Ahn, J.-H., Han, S.-P., & Lee, Y.-S. (2006). Customer churn analysis: Churn determinants and mediation effects of partial defection in the Korean mobile telecommunications service industry. *Telecommunications Policy*, 30(10-11), 552-568.
- Calvo-Porrà, C., Faíña-Medín, A., & Nieto-Mengotti, M. (2017). Satisfaction and switching intention in mobile services: Comparing lock-in and free contracts in the Spanish market. *Telematics and Informatics*, 34(5), 717-729.
- Kim, H.-S., & Yoon, C.-H. (2004). Determinants of subscriber churn and customer loyalty in the Korean mobile telephony market. *Telecommunications Policy*, 28(9-10), 751-765.
- Liu, Y., Eckert, C. M., & Earl, C. (2020). A review of fuzzy AHP methods for decision-making with subjective judgements. *Expert Systems with Applications*, 161, 113738.
- Ma, Z., & Xu, Z. (2016). Symmetric Pythagorean fuzzy weighted geometric/averaging operators and their application in multicriteria decision-making problems. *International Journal of Intelligent Systems*, 31(12), 1198-1219.
- Malhotra, A., & Malhotra, C. K. (2013). Exploring switching behavior of US mobile service customers. *Journal of Services Marketing*, 27(1), 13-24.
- Messaoudi, C., Guessoum, Z., & Ben Romdhane, L. (2022). Opinion mining in online social media: A survey. *Social Network Analysis and Mining*, 12, 25.
- Ng, C. Y., & Law, K. M. Y. (2020). Investigating consumer preferences on product designs by analyzing opinions from social networks using evidential reasoning. *Computers & Industrial Engineering*, 139, 106180.

- Peng, X., & Yang, Y. (2015). Some results for Pythagorean fuzzy sets. *International Journal of Intelligent Systems*, 30(11), 1133-1160.
- Ribeiro, H., Barbosa, B., Moreira, A. C., & Rodrigues, R. G. (2024). Determinants of churn in telecommunication services: A systematic literature review. *Management Review Quarterly*, 74(3), 1327-1364. <https://doi.org/10.1007/s11301-023-00335-7>
- Sucu, M. Ç., & Unusan, Ç. (2021). Predictions from an empirical study in the Turkish mobile telecommunications market on the determinants of mobile customer churn. *Journal of Telecommunications and the Digital Economy*, 9(4), 178-189.
- Wu, P., Sun, S., Zhou, L., Yao, Y., & Deveci, M. (2025). Platforms empower: Mining online reviews for supporting consumers' decisions. *Journal of Retailing and Consumer Services*, 84, 104214.
- Yager, R. R. (2013). Pythagorean fuzzy subsets. In *2013 Joint IFSA World Congress and NAFIPS Annual Meeting* (pp. 57-61).
- Yager, R. R. (2014). Pythagorean membership grades in multicriteria decision making. *IEEE Transactions on Fuzzy Systems*, 22(4), 958-965.
- Yager, R. R., & Abbasov, A. M. (2013). Pythagorean membership grades, complex numbers, and decision making. *International Journal of Intelligent Systems*, 28(5), 436-452.
- Zadeh, L. A. (1965). Fuzzy sets. *Information and Control*, 8(3), 338-353.
- Zadeh, L. A. (1975). The concept of a linguistic variable and its application to approximate reasoning, Part I. *Information Sciences*, 8(3), 199-249.
- Zdziebko, T., Sulikowski, P., Sałabun, W., Przybyła-Kasperek, M., & Bąk, I. (2024). Optimizing customer retention in the telecom industry: A fuzzy-based churn modeling with usage data. *Electronics*, 13(3), 469.
- Zhu, B., Guo, D., & Ren, L. (2022). Consumer preference analysis based on text comments and ratings: A multi-attribute decision-making perspective. *Information & Management*, 59(3), 103626.

Appendix A. Search expressions

The corpus was retrieved with the following thirty-eight Turkish and English search expressions: “operatör değiştirmek”, “operatör değiştireceğim”, “numara taşıma”, “numaramı taşıyacağım”, “hat taşıma”, “mobil operatör şikayet”, “telefon çekmiyor”, “internet çekmiyor”, “mobil internet yavaş”, “şebeke sorunu”, “fatura çok yüksek”, “taahhüt yenileme”, “taahhüt bitiyor”, “tarife pahalı”, “paket fiyatı arttı”, “müşteri hizmetleri”, “çağrı merkezi şikayet”, “Vodafone şikayet”, “Turkcell şikayet”, “Türk Telekom şikayet”, “Vodafone çekmiyor”, “Turkcell çekmiyor”, “Türk Telekom çekmiyor”, “Vodafone fatura”, “Turkcell fatura”, “Türk Telekom fatura”, “Vodafone tarife”, “Turkcell tarife”, “Türk Telekom tarife”, “mobil operatör tavsiye”, “hangi operatör daha iyi”, “en iyi mobil operatör”, “mobile operator complaint Turkey”, “Turkcell complaint”, “Vodafone Turkey complaint”, “Türk Telekom mobile complaint”, “switch mobile operator Turkey” and “mobile number portability Turkey”.

Appendix B. Illustration of the coding rule

Table A1. Paraphrased, translated examples of how posts were mapped to criteria (no usernames or URLs are reproduced).

Paraphrased post (translated)	Criterion
“No reply to the technical-support request I opened; a truly terrible system.”	C_6 : Customer service & complaint resolution
“My bill rose from 250 to 2,000 lira within months; I complained to the Consumer Arbitration Committee.”	C_4 : Billing accuracy & disputes
“Advertised as the operator with the best coverage, yet there is no signal in our district.”	C_1 : Network coverage & signal reliability
“I switched operator and saved 600 lira a month; without a loyalty discount I will switch again.”	C_9 : Number-portability friction
“My commitment ends soon and the renewal offer is far above the market price.”	C_5 : Contract terms & exit costs

**TRIANGULAR FUZZY LINGUISTIC AGGREGATION OF LITERATURE EVIDENCE:
WEIGHTING HIGH-SCHOOL SELECTION CRITERIA FROM THE SCHOOL-CHOICE
LITERATURE FOR TÜRKİYE'S LGS****Mahmut Emin SARIKAYA**

Department of Business, İstanbul Sabahattin Zaim University, İstanbul, Türkiye.

ORCID ID: 0009-0007-1392-6151

Doğan ŞENGÜL

Department of Software Engineering, İstanbul Sabahattin Zaim University, İstanbul, Türkiye.

ORCID ID: 0000-0002-2285-3907

Abstract

Choosing a high school after Türkiye's centralised entrance examination (Liselere Geçiş Sınavı, LGS) is a multi-criteria decision, and the weights attached to competing criteria shape the outcome. Conventional multi-criteria decision-making weights criteria through expert pairwise comparison or surveys; both are subjective, costly and panel-dependent, and parents struggle to introspect the weights they actually apply. This study proposes and demonstrates a framework that derives criteria weights from the accumulated empirical school-choice literature rather than from an expert panel. From a corpus of twenty empirical studies of parental school-choice determinants, nine criteria were identified, and for each criterion three literature-salience signals were computed: coverage (how many studies report it), prominence (whether it is reported as a primary determinant) and citation-weighted influence. The signals were normalised, mapped onto a seven-term linguistic scale, encoded as triangular fuzzy numbers, aggregated through an importance-weighted fuzzy mean, defuzzified by the centroid method and normalised into a crisp weight vector. The literature assigns the greatest weight to academic quality and school performance (0.328) and to school reputation, type and prestige (0.214), followed by proximity (0.131), cost (0.101) and value-based considerations (0.097); teacher quality, facilities, safety and curriculum receive less aggregate emphasis. The ranking is robust to the normalisation rule and the signal weights, with an invariant top three and a Spearman rank correlation of 0.933. The contribution is an evidence-synthesis route to fuzzy criteria weights that is reproducible and free of expert elicitation and, to the best of our knowledge, the first such application to high-school selection under Türkiye's LGS.

Keywords: fuzzy multi-criteria decision-making; triangular fuzzy numbers; criteria weighting; evidence synthesis; literature review; school choice; LGS

1. Introduction

In Türkiye, the transition from lower- to upper-secondary education is mediated by a centralised, high-stakes examination, the Liselere Geçiş Sınavı (LGS). Participation is nominally optional, yet the examination governs admission to the sought-after "qualified" schools (nitelikli okullar), science, social-sciences, selected Anatolian, project and vocational high schools, and only a minority of candidates score highly enough to enter the most competitive institutions. Once results are released, families rank a list of schools during a brief preference period. The decision is consequential, practically irreversible and taken under time pressure, which makes the way criteria are weighed central to the outcome.

Selecting a school is a textbook multi-criteria decision in which parents trade off academic quality, school reputation and type, cost, proximity, teacher quality, facilities, safety, curriculum and value-based considerations. The relative importance of these criteria, their weights, is the quantity that most influences any ranking of alternatives. In multi-criteria decision-making (MCDM) these weights are usually obtained by expert pairwise comparison, as in the analytic hierarchy process and its fuzzy extensions (Liu et al., 2020); in the school-choice setting they have been elicited through the analytic hierarchy process in Türkiye (Sekmen et al., 2022) and through fuzzy analytic hierarchy process elsewhere (Gill et al., 2024).

Expert weighting faces two difficulties here. First, it is subjective, costly and panel-dependent, so results can vary with the panel and are hard to refresh; reviews of weighting practice document this dependence on expert judgement (Odu, 2019; Kizielewicz et al., 2024). Second, the natural "experts" are parents,

and decision-makers have poor metacognitive access to the weights they actually apply, with stated and revealed weights diverging in school-choice tasks (Cash & Oppenheimer, 2024). Objective weighting methods avoid experts but require a populated decision matrix of how alternatives perform on each criterion (Diakoulaki et al., 1995), which is not available at the criteria-weighting stage of a prospective school choice.

At the same time, a large empirical literature has measured which determinants drive parental school choice across many countries and contexts, and systematic reviews have synthesised them (Bekele & Kenea, 2024). This accumulated evidence is an objective, largely untapped source of criteria importance: a criterion that is reported repeatedly, treated as decisive and carried in influential studies is, on the weight of evidence, an important criterion. The frequency with which a criterion is mentioned across studies has already been used descriptively as a proxy for its importance in multi-criteria decision analysis (Su et al., 2024), but this heuristic has not been formalised into criteria weights.

This paper makes that step. The central proposition is that the salience of a criterion in the empirical literature, how widely it is reported, how often it is treated as primary and how influential the reporting studies are, is observable evidence of the criterion's importance, and that this salience can be translated, through triangular fuzzy linguistic variables (Zadeh, 1965, 1975), into criteria weights. Fuzzy logic is the natural vehicle because literature salience is graded, noisy and linguistic: a criterion may be reported "in almost every study", "occasionally" or "rarely". Crucially, the procedure uses no expert panel, no pairwise comparison and no primary data collection; the weights are read from the published record.

The study makes four contributions. (i) It introduces a transparent, end-to-end pipeline that converts the salience of school-selection criteria in the empirical literature into triangular fuzzy linguistic importance terms and, ultimately, into a normalised crisp weight vector. (ii) It formalises the descriptive "more-reported-is-more-important" heuristic (Su et al., 2024) as a fuzzy aggregation that also rewards decisiveness and scholarly influence. (iii) It is, to the best of our knowledge, the first application of such an evidence-synthesis weighting to high-school selection under Türkiye's LGS. (iv) It provides a reproducible, expert-free and low-cost instrument whose inputs are fully auditable. The remainder of the paper describes the corpus and the fuzzy weighting engine, reports the resulting weights and their robustness and discusses the implications and limits of reading criteria importance from the literature.

2. Research and Findings

Figure 1 sets out the overall workflow, from the literature corpus to the normalised criteria weights.

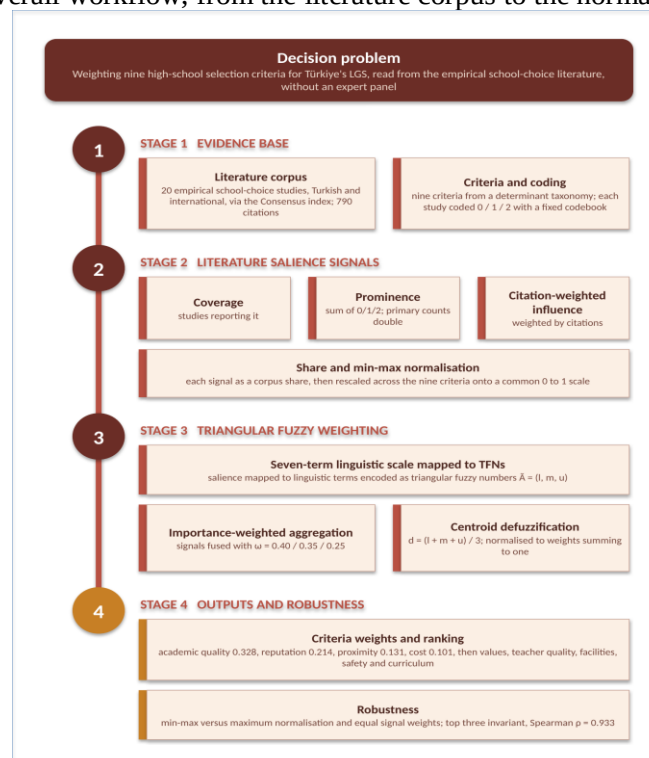


Figure 1. Methodology workflow of the triangular fuzzy weighting of the school-choice literature.

2.1. Literature corpus and coding

The corpus was assembled by searching the Consensus academic index, which spans Semantic Scholar, PubMed, Scopus and arXiv, for empirical studies of the determinants of parental school choice. Studies were retained when they reported, from parents or households, the factors that drive school selection; both international and Turkish studies were included to balance generality with local relevance. Twenty studies met these criteria, together carrying 790 recorded citations and ranging from widely cited analyses of revealed preferences to recent Turkish surveys. The full corpus, with its bibliographic details, citation counts and coding, is listed in Appendix A.

Nine selection criteria were derived inductively from the corpus and cross-checked against the determinant taxonomy of a systematic review of parental school choice (Bekele & Kenea, 2024): C1 academic quality and school performance; C2 teacher quality and teaching staff; C3 school reputation, type and prestige, including public versus private status and, in the Turkish setting, the "qualified-school" designation; C4 cost, fees and socio-economic factors; C5 proximity and accessibility; C6 facilities and physical environment; C7 safety, discipline and school climate; C8 curriculum, language and extracurricular provision; and C9 religious, moral and value-based considerations. Each study was then coded against every criterion on a three-point scale: 0 where the criterion is not reported, 1 where it is reported as a determinant and 2 where it is reported as the study's primary or strongest determinant. Coding followed the studies' own reported findings and is therefore deterministic and reproducible; the codebook of indicative cues is given in Appendix B.

From this matrix, three literature-salience signals were computed for each criterion i : coverage, the number of studies that report it; prominence, the sum of its codes across studies, so that a criterion treated as primary contributes twice as much as one merely mentioned; and influence, the citation-weighted count, in which each reporting study contributes its citation count (incremented by one so that newer, as-yet-uncited studies still register). These three signals are the literature-based counterparts of how widely, how decisively and how influentially a criterion is supported by the evidence.

2.2. The fuzzy weighting engine

A triangular fuzzy number (TFN) $\tilde{A} = (l, m, u)$ is defined by its lower, modal and upper values and the membership function in Equation (1), which rises linearly from l to m and falls linearly from m to u . TFNs economically represent linguistic importance, with the modal value carrying the central meaning of a term and the spread its vagueness (Marimin et al., 2002; Roldán López de Hierro et al., 2022).

$$\mu_{\tilde{A}}(x) = \frac{x-l}{m-l}, l \leq x \leq m; \frac{u-x}{u-m}, m \leq x \leq u; 0 \text{ otherwise}$$

Writing x_i^c for the coverage of criterion i , and analogously x_i^p for prominence and x_i^f for influence, each signal is first expressed as a share of the corpus total, Equation (2).

$$s_i^c = \frac{x_i^c}{\sum_{j=1}^n x_j^c}, s_i^p = \frac{x_i^p}{\sum_{j=1}^n x_j^p}, s_i^f = \frac{x_i^f}{\sum_{j=1}^n x_j^f}$$

To place the three signals on a common scale, each share is rescaled across the nine criteria by min-max normalisation, Equation (3), so that the least-supported criterion on a given signal maps to 0 and the most-supported to 1. The superscript k ranges over the coverage, prominence and influence signals.

$$z_i^k = \frac{s_i^k - \min_j s_j^k}{\max_j s_j^k - \min_j s_j^k}, k \in \{c, p, f\}$$

Each normalised value is mapped onto the seven-term linguistic importance scale of Table 1 by partitioning the unit interval into seven equal bands, so that a criterion receives the term Very High on a signal when it lies in the top band of that signal and Very Low when it lies in the bottom band. This yields, for every criterion, a linguistic profile of three terms and, through the scale, three TFNs.

Table 1. Seven-term linguistic importance scale and its triangular fuzzy numbers.

Linguistic term	Abbrev.	Triangular fuzzy number (l, m, u)
Very Low	VL	(0.00, 0.05, 0.15)

Linguistic term	Abbrev.	Triangular fuzzy number (l, m, u)
Low	L	(0.10, 0.20, 0.30)
Medium-Low	ML	(0.25, 0.35, 0.45)
Medium	M	(0.40, 0.50, 0.60)
Medium-High	MH	(0.55, 0.65, 0.75)
High	H	(0.70, 0.80, 0.90)
Very High	VH	(0.85, 0.95, 1.00)

The three TFNs are aggregated into a single fuzzy importance by an importance-weighted fuzzy mean, Equation (4), applied component-wise. The signal weights $\omega = (0.40, 0.35, 0.25)$ give primacy to coverage over prominence and influence, on the reasoning that broad replication across studies is a steadier indicator of importance than the emphasis of any single study or the citation count of a few influential ones; the ordering of results is, however, insensitive to this choice (see below).

$$l_i = \sum_k \omega_k l_i^k, m_i = \sum_k \omega_k m_i^k, u_i = \sum_k \omega_k u_i^k$$

The aggregated TFN is reduced to a representative crisp value by centroid defuzzification, Equation (5), and the crisp importances are normalised so that the criteria weights sum to unity, Equation (6).

$$d_i = \frac{l_i + m_i + u_i}{3}$$

$$w_i = \frac{d_i}{\sum_{j=1}^n d_j}, \sum_{i=1}^n w_i = 1$$

2.3. Results

Table 2. School-selection criteria, their literature footprint and the resulting fuzzy weights. C/P/I lists the Coverage / Prominence / Influence linguistic terms; the aggregated TFN and the normalised weight w_i follow. Weights sum to one up to rounding.

Criterion	Cov.	Prom.	Infl.	C/P/I	Aggregated TFN	Weight	Rank
C1 Academic quality & school performance	18	27	803	VH/VH/VH	(0.850, 0.950, 1.000)	0.328	1
C3 School reputation, type & prestige	11	16	778	M/M/VH	(0.513, 0.613, 0.700)	0.214	2
C5 Proximity & accessibility	10	11	540	ML/L/MH	(0.273, 0.372, 0.473)	0.131	3
C4 Cost, fees & socio-economic factors	11	11	37	M/L/VL	(0.195, 0.283, 0.382)	0.101	4
C9 Religious, moral & value-based considerations	8	9	441	L/L/M	(0.175, 0.275, 0.375)	0.097	5
C2 Teacher quality & teaching staff	8	10	34	L/L/VL	(0.075, 0.163, 0.262)	0.059	6
C6 Facilities & physical environment	5	5	13	VL/VL/VL	(0.000, 0.050, 0.150)	0.024	7
C7 Safety, discipline & school climate	6	8	109	VL/VL/VL	(0.000, 0.050, 0.150)	0.024	7
C8 Curriculum, language & extracurricular provision	6	7	23	VL/VL/VL	(0.000, 0.050, 0.150)	0.024	7

Two criteria dominate the evidence. Academic quality and school performance (C1, $w = 0.328$) is reported in eighteen of the twenty studies, is repeatedly treated as the primary determinant and is carried by the most influential analyses of revealed preference (Burgess et al., 2009; Abdulkadiroğlu et al., 2020), so it scores Very High on all three signals. School reputation, type and prestige (C3, $w = 0.214$) follows: it is central to qualitative accounts of how parents construct school quality (Atamtürk, 2018) and to evidence that prestige and perceived future success drive choice (Tarkhnishvili et al., 2022), and it inherits high influence from the same widely cited studies that foreground school composition.

Proximity and accessibility (C5, $w = 0.131$) ranks third, raised above its modest prominence by the influence of the high-impact studies that report distance as a real constraint (Hofflinger et al., 2020) and by address-based enrolment in the Turkish setting (Buyruk, 2020). Cost and socio-economic factors (C4, $w = 0.101$) and value-based considerations (C9, $w = 0.097$) occupy the middle of the ranking, the former broad but rarely decisive, the latter narrower but carried by influential work. Teacher quality (C2, $w = 0.059$) is, perhaps surprisingly, modest in the aggregate: although individual studies place it first (Buyruk, 2020; Kırkıç & Pulat, 2020), it is largely absent from the most-cited analyses, which emphasise measurable performance and composition over staff quality. Facilities, safety and curriculum (C6, C7, C8) share the lowest weight, each reported in few studies and rarely as primary.

The ordering is robust. Re-running the engine with maximum normalisation in place of min-max, and with equal signal weights in place of the (0.40, 0.35, 0.25) vector, leaves the top three criteria unchanged in both cases, with only a minor swap between teacher quality and value-based considerations in the lower tier; the Spearman rank correlation between the min-max and maximum-normalisation solutions is 0.933. The dominance of academic quality and reputation in the literature is therefore not an artefact of a particular normalisation or weighting choice.

2.4. Discussion

The evidence-derived weights describe what the empirical literature collectively treats as important, and they carry a clear message: across two decades of school-choice research, academic quality and school reputation are weighted far above teaching staff, facilities, safety and curriculum. This aggregate picture smooths the idiosyncrasies of any single study or panel. Individual investigations can reach divergent conclusions, with teacher quality foremost in one Turkish sample (Buyruk, 2020) and health, quality and safety foremost in a pandemic-era survey (Sekmen et al., 2022); synthesising many studies through the fuzzy aggregation tempers such single-panel volatility and yields a more stable prior. This is precisely the advantage that evidence synthesis holds over a one-off expert elicitation.

For the LGS setting, the weights map directly onto the choices families face. Reputation, type and prestige correspond to the "qualified-school" designation and to the distinction between science, Anatolian, religious-vocation and other school types; cost corresponds to private-school fees and scholarships; and proximity corresponds to address-based placement and daily transport. The high weight on academic quality is consistent with a centralised, examination-based system in which measurable attainment is the currency of admission. Methodologically, the study shows that fuzzy linguistic variables suit this task: they absorb the gradation and noise of literature salience and return interpretable weights without forcing the analyst to treat a single influential study and a quietly replicated finding as equivalent. The principal caveat is that literature salience reflects research attention, which can lag behind, or diverge from, the priorities of families choosing schools today; it is also shaped by what is indexed and published in English. The weights are therefore best read as an evidence-grounded prior, to be combined with, rather than to replace, local elicitation.

3. Conclusion

This study weighted the criteria that families bring to high-school selection after Türkiye's LGS without convening an expert panel and without collecting primary data. It introduced an evidence-synthesis framework that treats the salience of a criterion in the empirical school-choice literature as observable evidence of its importance, and that converts that salience, through three signals (coverage, prominence and citation-weighted influence), a seven-term linguistic scale, triangular fuzzy numbers, fuzzy aggregation and centroid defuzzification, into a normalised weight vector. Applied to a corpus of twenty studies, the framework finds that academic quality and school reputation command the largest share of the evidence, followed by proximity, cost and value-based considerations, with teacher quality,

facilities, safety and curriculum weighted lower in the aggregate literature. The result is robust to the normalisation rule and the signal weights.

The novelty is deliberate and specific. Representing linguistic judgements as triangular fuzzy numbers and aggregating them is well established (Cheng & Lin, 2002; Marimin et al., 2002); what is new is the source of those judgements. Rather than eliciting importance from experts, whose judgements are subjective and panel-dependent, or from parents, who cannot fully introspect their own weights, the framework reads importance from the accumulated published record, formalising the descriptive notion that a more frequently and influentially reported criterion is a more important one (Su et al., 2024). In doing so it connects evidence synthesis to fuzzy criteria-weighting in a domain, centralised high-school choice, where the two have not previously met, and it returns weights that are fully auditable from the cited literature.

Several limitations bound these claims and frame future work. The corpus is modest and, being drawn from indexed, mostly English-language sources, may under-represent local and grey literature; broader and full-text coding, and weighting by reported effect size rather than by presence, would sharpen the estimates. Literature salience is a proxy for, not a measure of, the importance families attach to criteria today, and it may lag behind shifting priorities. The triangular representation is one of many; richer generalisations that separate support, opposition and hesitancy could capture scholarly disagreement more faithfully, and validating the evidence-derived weights against local elicitation or revealed enrolment choices would test their external validity. None of these caveats diminishes the central demonstration: that the accumulated literature on a decision can be turned, systematically and reproducibly, into fuzzy criteria weights.

Declarations

Ethics. This study synthesises previously published, aggregate research findings. It involves no human participants, no personal data and no intervention, and therefore required no ethical approval.

Funding. This research received no external funding.

Conflict of interest. The authors declare no competing interests.

Data availability. The full study corpus and the criterion-level coding that support the findings are provided in the appendices and are available from the corresponding author upon reasonable request.

References

- Abdulkadiroğlu, A., Pathak, P. A., Schellenberg, J., & Walters, C. R. (2020). Do parents value school effectiveness? *American Economic Review*, 110(5), 1502-1539.
- Alothman, H. F., Bashatah, L., Aldossari, A. S., Alfaifi, M. S., Almutairi, A., Alshuaibi, A. A., Alajlan, H. A., Aseri, S., Aseery, A. Y., & Alhasan, N. A. (2024). How Saudi parents rationalize the choice of school for their children. *Humanities and Social Sciences Communications*, 11(1). <https://doi.org/10.1057/s41599-024-03867-9>
- Atamturk, N. (2018). Parental construction of school quality when making school choice. *Quality & Quantity*, 52(S1), 599-607.
- Bekele, M. S., & Kenea, A. (2024). Determinants of parental school choice: A systematic review of the literature. *International Journal of Indonesian Education and Teaching*, 8(1), 20-34.
- Burgess, S., Greaves, E., Vignoles, A., & Wilson, D. (2009). *What parents want: School preferences and school choice* (CMPO Working Paper No. 09/222). University of Bristol.
- Buyruk, H. (2020). A school choice experience at the age of "parentocracy": Impressions from a public primary school in Turkey. *International Journal of Progressive Education*, 16(2), 230-247.
- Cash, T. N., & Oppenheimer, D. M. (2024). Parental rights or parental wrongs: Parents' metacognitive knowledge of the factors that influence their school choice decisions. *PLOS ONE*, 19(4), e0301768.
- Cheng, C.-H., & Lin, Y. (2002). Evaluating the best main battle tank using fuzzy decision theory with linguistic criteria evaluation. *European Journal of Operational Research*, 142(1), 174-186.
- Diakoulaki, D., Mavrotas, G., & Papayannakis, L. (1995). Determining objective weights in multiple criteria problems: The CRITIC method. *Computers & Operations Research*, 22(7), 763-770.

- Gill, A. S., Narwana, K., & Gupta, S. (2024). Investigating the determinants of private school choice: A fuzzy-AHP analysis. *Compare: A Journal of Comparative and International Education*. <https://doi.org/10.1080/03057925.2024.2393129>
- Hofflinger, A., Gelber, D., & Tellez Cañas, S. (2020). School choice and parents' preferences for school attributes in Chile. *Economics of Education Review*, 74, 101946.
- Hunter, J. B. (1991). Which school? A study of parents' choice of secondary school. *Educational Research*, 33(1), 31-41.
- Kaoma, K. G. (2016). *Determinants of school choice: Understanding how parents choose secondary schools in Lusaka District* [Master's thesis]. University of Zambia.
- Keser Ozmantar, Z., & Karataşoğlu, D. (2019). School choice of middle-class parents and students in the context of neoliberal policies. *Educational Policy Analysis and Strategic Research*, 14(1), 75-97.
- Kırkık, K. A., & Pulat, A. (2020). Do primary schools exist only for academic achievement? The school characteristics that affect parents' private primary school preferences for their children. *Research on Education and Psychology*, 4(1), 20-40.
- Kizielewicz, B., Tomczyk, T., Gandor, M., & Sałabun, W. (2024). Subjective weight determination methods in multi-criteria decision-making: A systematic review. *Procedia Computer Science*, 246, 5396-5407.
- Kuluma, H., Davulcu, Ö., & Kaçmaz, S. (2021). Determining the reasons for private schools preference: A case study in the TRNC. *Contemporary Educational Researches Journal*, 11(2), 1-13.
- Liu, Y., Eckert, C. M., & Earl, C. (2020). A review of fuzzy AHP methods for decision-making with subjective judgements. *Expert Systems with Applications*, 161, 113738.
- Marimin, M., Umamo, M., Hatono, I., & Tamura, H. (2002). Hierarchical semi-numeric method for pairwise fuzzy group decision making. *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, Part B (Cybernetics)*, 32(5), 691-700.
- Masaiti, G., Mwila, K., Kaoma, G., Simui, F., & Daka, H. (2021). Determinants of school choice in selected urban secondary schools in Zambia. *Research in Psychology and Behavioral Sciences*, 9(1), 1-8.
- Odu, G. O. (2019). Weighting methods for multi-criteria decision making technique. *Journal of Applied Sciences and Environmental Management*, 23(8), 1449-1457.
- Riaz, S., Lateef, A., Zeeshan, M., & Latif, A. (2025). A study of factors affecting parental choice about public and private institutions for their children at secondary school level in District Bahawalpur. *Inverge Journal of Social Sciences*, 4(3), 395-412.
- Roldán López de Hierro, A. F., Sánchez, M., & Roldán, C. (2022). Multi-criteria decision making involving uncertain information via fuzzy ranking and fuzzy aggregation functions. *Journal of Computational and Applied Mathematics*, 404, 113138.
- Saani, A.-J., & Amonoo, J. (2021). Predictors of school choice: The case of parents in Cape Coast, Ghana. *European Journal of Education Studies*, 8(8). <https://doi.org/10.46827/ejes.v8i8.3880>
- Sekmen, F., Gökırmak, H., & Demirkol, İ. (2022). Covid-19 pandemic and changes in parents' school preferences in Bursa Province. *International Journal of Educational Research Review*, 7(4), 210-218.
- Su, P., Zhi, K., Xu, H., Xiao, J., Liu, J., Wang, Z., Liu, Q., Yu, Y., & Dang, H. (2024). The application of multi-criteria decision analysis in evaluating the value of drug-oriented intervention: A literature review. *Frontiers in Pharmacology*, 15, 1245825.
- Tarkhnishvili, A., Tarkhnishvili, L., & Strielkowski, W. (2022). Factors influencing the choice of private or public schools: Evidence from Georgia. *Frontiers in Education*, 7, 910593.
- Taruna, J. A., & Harianto, E. (2025). Determinants of parents' school choice and its implications on student occupancy: Evidence from private schools. *Journal La Edusci*, 6(6), 1155-1175.
- Thompson, M. (2024). The effect of academic outcomes, equity, and student demographics on parental preferences for schools: Evidence from a survey experiment. *Social Forces*, 103(2), 730-755.
- Ved, A. S., & Pramod Kumar, M. P. M. (2021). The factors impacting parental choice in picking non-public schools for their children. *Education and Urban Society*, 53(7), 761-777.
- Zadeh, L. A. (1965). Fuzzy sets. *Information and Control*, 8(3), 338-353.

Zadeh, L. A. (1975). The concept of a linguistic variable and its application to approximate reasoning, Part I. *Information Sciences*, 8(3), 199-249.

Appendix A. Study corpus and coding

Table A1. The twenty studies in the corpus, with context, recorded citations and the criteria each reports. An asterisk (*) marks a criterion reported as the study's primary or strongest determinant.

Study	Context	Cit.	Criteria reported
Burgess et al. (2009)	United Kingdom	380	C1*, C3*, C5, C9
Abdulkadiroğlu et al. (2020)	United States	233	C1*, C3*
Hunter (1991)	United Kingdom	86	C1*, C3, C5, C7*
Hofflinger et al. (2020)	Chile	42	C1, C3, C5*, C9
Tarkhnishvili et al. (2022)	Georgia	13	C1, C3*, C4
Ved & Pramod Kumar (2021)	India	8	C1, C2, C5, C7*, C8
Buyruk (2020)	Türkiye	5	C2*, C5, C6, C7
Kaoma (2016)	Zambia	5	C1*, C4, C5, C9
Atamturk (2018)	North Cyprus	4	C1, C2, C3*
Gill et al. (2024)	India	4	C1*, C2, C3, C8
Alothman et al. (2024)	Saudi Arabia	3	C1, C2, C4, C5, C7, C8, C9*
Thompson (2024)	United States	2	C1*, C3
Saani & Amonoo (2021)	Ghana	2	C1*, C2, C3, C4, C9
Riaz et al. (2025)	Pakistan	1	C1*, C3, C4, C6, C7, C8
Keser Ozmantar & Karataşoğlu (2019)	Türkiye	1	C1, C4, C5, C6, C9
Kuluma et al. (2021)	North Cyprus	1	C1, C4, C6, C8*
Masaiti et al. (2021)	Zambia	0	C1*, C4, C5, C9
Taruna & Harianto (2025)	Indonesia	0	C1, C2, C3*, C4, C5, C9
Sekmen et al. (2022)	Türkiye	0	C1, C4, C7
Kırkış & Pulat (2020)	Türkiye	0	C2*, C4, C6, C8

Appendix B. Coding codebook

Table B1. The nine criteria and the indicative cues used to code each study from its reported findings.

Criterion	Indicative cues in the literature
C1 Academic quality & school performance	exam and test results, school effectiveness, academic achievement, academic standards, learning outcomes
C2 Teacher quality & teaching staff	qualified and competent teachers, quality of instruction, teaching staff, teacher-student relationship
C3 School reputation, type & prestige	reputation and image, prestige, public versus private status, school type, ranking, brand, qualified-school status
C4 Cost, fees & socio-economic factors	tuition and fees, affordability, scholarships, family income, socio-economic status
C5 Proximity & accessibility	distance to home, location, proximity, transport, address-based placement

Criterion	Indicative cues in the literature
C6 Facilities & physical environment	buildings and classrooms, class size, library, laboratories, technology, playground, physical conditions
C7 Safety, discipline & school climate	safety and security, discipline, school climate, student well-being
C8 Curriculum, language & extracurricular provision	curriculum, foreign-language or English-medium instruction, extracurricular, arts and sports, special programmes
C9 Religious, moral & value-based considerations	religious education, moral and value formation, cultural identity, single-sex provision

**YAZILIM PROJELERİNDE TEKNİK BORCUN TEST SÜREÇLERİ VE TESLİM
PERFORMANSI ÜZERİNDEKİ ETKİSİNİN İNCELENMESİ**
*INVESTIGATING THE IMPACT OF TECHNICAL DEBT ON TESTING PROCESSES AND
DELIVERY PERFORMANCE IN SOFTWARE PROJECTS*

Nuri YIKILMAZ

İzmir Kâtip Çelebi University, Graduate School of Natural and Applied Sciences, Department of Software Engineering, İzmir, Türkiye.

ORCID ID: 0009-0001-7238-0925

Asst. Prof. Dr. Emre ŞATIR

İzmir Kâtip Çelebi University, Faculty of Engineering and Architecture, Department of Computer Engineering, İzmir, Türkiye.

ORCID ID: 0000-0002-1950-5549

ÖZET

Bu çalışmanın amacı, yazılım projelerinde teknik borcun test süreçleri ve otomatik statik analiz yoluyla erken tespitine yönelik yeniden üretilebilir bir ampirik altyapı geliştirmek ve teknik borç ile teslim performansı arasında ölçülebilir bir ilişki olup olmadığını açık kaynak Java depolarında incelemektir. Literatürde teknik borç, test ve teslim göstergeleri çoğunlukla ayrı veri kaynaklarında ele alınmaktadır ve depo ölçeğinde bu boyutları birleştiren nesnel bir ölçüm zemini yeterince olgun değildir. Çalışmada ölçüt tabanlı seçilen otuz açık kaynak Java deposu üzerinde otomatik veri toplama süreci işletilmiştir; JUnit test metrikleri, SonarQube teknik borç taraması, GitHub tabanlı teslim metrikleri ve kural tabanlı kalite bayrakları aynı veri şemasında birleştirilmiştir. Önce on depoluk ön doğrulama setiyle yöntem sınanmış, ardından ana veri seti oluşturulmuştur. Teslim performansı; commit→merge süresi, iş akışı süresi, commit→release süresi ve sınırlı kapsamda DORA dağıtım vekili ile ölçülmüştür. SonarQube ile teknik borç yedi depoda ölçülmüş, bunların beşinde sıfırdan büyük (ölçülebilir) teknik borç değeri elde edilmiştir. Güvenilir JUnit test metrikleri sekiz depoda elde edilmiştir. Teslim metrikleri büyük ölçüde başarıyla elde edilirken, DORA tabanlı metrikler yalnızca sınırlı sayıda depoda üretilebilmiştir. Bununla birlikte, teknik borç ve teslim performansı metriklerinin birlikte değerlendirilebildiği depo sayısı yalnızca beş olup, istatistiksel olarak desteklenen bir ilişki saptanmamıştır ($p < 0,05$). Commit→merge ile teknik borç arasında tanımlayıcı düzeyde negatif bir eğilim gözlenmiştir (Pearson $r \approx -0,746$). Bu bulgu çıkarımsal kanıt olarak değerlendirilmemektedir. JaCoCo kapsamı hiçbir depoda üretilememiştir. Yirmi üç depoda Sonar taraması kalıcı başarısızlıkla sonuçlanmıştır ve bu durum birleşik analiz gücünü sınırlamaktadır. Geliştirilen erken uyarı yaklaşımı tüm depolarda uygulanmıştır. Analiz tanımlayıcı düzeydedir ve nedensellik iddiasında bulunulmamıştır. Çalışma, kısmi ve olumsuz bulguları şeffaf biçimde raporlayarak teknik borç, test ve teslim metriklerinin bütünlüklü analizine yönelik yeniden üretilebilir bir entegrasyon şeması sunmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Teknik Borç, Yazılım Testi, Statik Analiz, Yazılım Kalitesi, Teslim Performansı.

ABSTRACT

The objective of this study is to develop a reproducible empirical infrastructure for the early detection of technical debt in software projects through testing processes and automated static analysis, and to investigate whether a measurable relationship exists between technical debt and delivery performance within open-source Java repositories. In literature, technical debt, testing, and delivery indicators are predominantly addressed across disparate data sources, and an objective measurement ground that integrates these dimensions at the repository level is not yet sufficiently mature. In this study, an automated data collection process was executed on thirty purposively selected open-source Java repositories, consolidating JUnit test metrics, SonarQube technical debt scans, GitHub-based delivery metrics, and rule-based quality flags into a unified data schema. The methodology was initially validated using a ten-repository pre-validation set, followed by the generation of the primary dataset. Delivery performance was evaluated using commit-to-merge time, workflow duration, commit-to-release time, and, within a limited scope, a DORA deployment proxy. Technical debt was measured in seven repositories via SonarQube, with non-zero (measurable) technical debt values verified in five of them.

Reliable JUnit test metrics were extracted from eight repositories. While delivery metrics were successfully collected at scale across the repositories, DORA-based proxy metrics could only be generated for a limited subset. However, only five repositories intersected at the juncture of technical debt and delivery performance, and no statistically significant relationship was detected between them ($p < 0.05$). A descriptive negative trend was observed between commit-to-merge time and technical debt (Pearson $r \approx -0.746$), though this finding is not considered inferential evidence. JaCoCo code coverage could not be produced for any of the repositories. SonarQube scans resulted in persistent failures in twenty-three repositories, thereby constraining the statistical power of the combined analysis. The developed early warning approach was applied across all repositories. The analysis remains strictly descriptive, and no causal claims are established. By transparently reporting partial and negative results, this study provides a reproducible integration schema for the holistic analysis of technical debt, testing, and delivery metrics.

Keywords: Technical Debt, Software Testing, Static Analysis, Software Quality, Delivery Performance.

GİRİŞ

Yazılım projelerinde teknik borç, teslim baskısı altında alınan kısa vadeli kararların uzun vadede bakım maliyeti, hata oranı ve üretkenlik üzerinde biriken etkisini ifade etmektedir (Cunningham, 1992; Kruchten, Nord ve Ozkaya, 2012). Literatürde borç çoğunlukla statik analiz ve kod kalitesi ekseninde incelenmiş, test borcu görece az çalışılmış bir alan olarak öne çıkmaktadır (Li, Avgeriou ve Liang, 2015).

Test süreçleri teknik borcun hem kaynağı hem de erken uyarı sinyallerinin görülebileceği bir alandır. Eksik testler, düşük geçiş oranları ve otomasyon yükü borcun diğer göstergeleriyle birlikte değerlendirildiğinde proje riskini işaret edebilmektedir (Wiklund vd., 2012; Shah vd., 2014). ISO/IEC/IEEE 29119 (2013) test süreçlerini, ISO/IEC 25010 (2011) yazılım kalite özelliklerini çerçeveler.

Teslim performansı, yazılımın ne ölçüde hızlı ve düzenli biçimde kullanıma ulaştığını gösterir. DORA çerçevesi öncü süre, dağıtım sıklığı ve ilgili göstergeleri kurumsal performansla ilişkilendirir (Forsgren, Humble ve Kim, 2018). Açık kaynak ortamında GitHub (GitHub, 2026), pull request birleştirme aralıkları, sürüm zamanlaması ve sürekli entegrasyon iş akışı süreçleri gibi gözlemlenebilir sinyaller sunmaktadır (Gousios, Pinzger ve Deursen, 2014). Besker, Martini ve Bosch (2017) teknik borcun geliştirici zamanının önemli bir bölümünü tükettiğini raporlayarak borç ile teslimat hızı arasındaki kuramsal bağı desteklemektedir.

Sistemik literatür taraması, teknik borç göstergeleri, test metrikleri ve teslim performansının aynı ampirik modelde birlikte analiz edildiği çalışmaların sınırlı olduğunu göstermiştir. Bu boşluk, teknik borcun otomatik analizle nesnel biçimde ölçülmesi ve teslim süresiyle ilişkilendirilebilmesi için yeniden üretilebilir bir altyapı ihtiyacını ortaya koymaktadır.

Bu çalışma söz konusu ihtiyaca yanıt vermek üzere açık kaynak Java depolarında JUnit test metrikleri, SonarQube (SonarSource, 2026) statik analiz çıktıları ve GitHub teslim metriklerini tek bir veri şemasında birleştiren otomatik bir süreç tasarlamış ve işletmiştir. Amaç yalnızca altyapı kurmak değil, teknik borcun test süreçleriyle birlikte izlenebilirliğini ve teslim performansı ile ampirik ilişkisinin sınanmasını sağlamaktır. Çalışma, teknik borcun statik analizle ne ölçüde ölçülebileceğini, test metriklerinin bu değerlendirmeye ne ölçüde girdi sağlayabileceğini, teslim göstergeleriyle birlikte anlamlı bir ilişki kurulup kurulamayacağını ve ölçüm güvenilirliğini ayıklayan bir erken uyarı yaklaşımının işletilip işletilemeyeceğini ampirik olarak ele alır. Analiz tanımlayıcı düzeydedir, nedensellik iddiası ileri sürülmemiştir.

ARAŞTIRMA VE BULGULAR

Araştırma, ölçüt tabanlı seçilen Java depolarının yerel ortamda klonlanması, derlenmesi, test edilmesi ve çok kaynaklı metriklerin ortak şemada birleştirilmesine dayanır. Gözlem penceresi 1 Temmuz 2021 – 30 Haziran 2026 aralığını kapsamaktadır. Önce on depoluk ön doğrulama setiyle yöntem ve şema uyumluluğu sınanmış, ardından otuz depoluk ana veri seti üretilmiştir.

Otomatik süreç sırasıyla depo klonlama, derleme ve test yürütme, JUnit XML ayrıştırma, JaCoCo kapsam denemesi, SonarQube taraması ve GitHub API veri çekimini içerir. Maven ve Gradle depoları

için standart derleme komutları kullanılmış, depo başına 45 dakikalık üst süre sınırı uygulanmıştır. JUnit metrikleri geçen, başarısız ve atlanan test sayıları ile geçiş oranı üzerinden türetilmiştir.

SonarQube entegrasyonu dokuz teknik borç sütununu hedeflemiştir. Kontrollü yerel ortamda (Windows, JDK 17) yedi depoda sertifikalı ölçüm elde edilmiş, yirmi üç depo kalıcı başarısızlık olarak sınıflandırılmıştır. Sıfırdan farklı anlamlı teknik borç değeri beş depoda doğrulanmıştır. Bunlar, junit4, dubbo, log4j2, keycloak ve maven depolarıdır.

GitHub entegrasyonu otuz depoda teslim verisi toplamıştır. İlk aşamadaki vekil göstergelerin ötesinde teslim performansı yapısı; commit→merge süresi (saat), iş akışı süresi (dakika), commit→release süresi (saat) ve yalnızca Deployments API kullanan depolarda DORA öncü süre vekili ile genişletilmiştir. Üretim ortamına dağıtım öncü süresi iddiası kurulmamıştır.

Ham veri toplama sonrasında kural tabanlı kalite bayrakları uygulanmıştır. Ölçüm riski taşıyan depolar — şişkin JUnit sayıları veya kısmi zaman aşımı yürütmesi — savunulabilir ampirik alt kümeden dışlanmıştır. Erken uyarı sınıflandırması otuz depoda işletilmiştir ve makine öğrenmesi tahmin modeli iddiası bulunmamaktadır. Gözlem birimi depo düzeyinde tek commit anına karşılık gelmektedir ve panel veya uzunlamasına commit geçmişi analizi bu çalışma kapsamında yapılmamıştır.

Aşağıda önce veri toplama süreci ve kullanılabilirlik profili özetlenmiş, ardından teknik borç, test ve teslim eksenlerindeki sayısal bulgular sunulmuştur.

Tablo 1, otuz depoluk evrende eksen bazlı veri kullanılabilirliğini özetlemektedir.

Tablo 1. Otuz depoluk evrende veri kullanılabilirliği

Eksen	Dolu	Oran	Not
JUnit (güvenilir)	8	%27	ölçüm riski depoları hariç
Sonar teknik borç	7	%23	5/30 anlamlı TD
commit→merge (saat)	29	%97	GraphQL
iş akışı süresi (dk)	28	%93	Actions runs
commit→release (saat)	20	%67	release yoksa NULL
DORA vekili (saat)	8	%27	Deployments API
JaCoCo kapsam	0	%0	üretilemedi

Güvenilir JUnit metrikleri sekiz depoda (%27) elde edilmiş, geçiş oranları $\geq 0,995$ düzeyindedir. Otuz depodan yalnızca birinde (apache/maven) yerel derleme tam başarılı olmuştur ve çoğu test metriği kısmi modül yürütmesini yansıtmaktadır. Bu durum, test metriklerinin üst akış sürekli entegrasyon ortamıyla birebir örtüşmediğini göstermekte ve yorumlarda dikkate alınmalıdır. JaCoCo kapsamı hiçbir depoda üretilmemiştir (0/30). Kapsam sütunlarının boş kalması “ölçülmedi” anlamına gelmektedir.

Tablo 2, anlamlı teknik borç değerine sahip depoların SonarQube ölçümlerini göstermektedir. Teknik borç dakikası 244 (log4j2) ile 58.762 (maven) arasında değişmektedir.

Tablo 2. Anlamlı teknik borç değerine sahip depolar (SonarQube)

Depo	TD (dk)	Kod kokusu	Hata	LOC
junit-team/junit4	3.734	438	16	10.834
apache/dubbo	30.666	3.003	187	89.283
apache/logging-log4j2	244	43	3	21.875
keycloak/keycloak	26.197	2.552	42	74.842
apache/maven	58.762	6.246	235	127.125

Teslim metrikleri depo ölçeğinde başarıyla toplanmıştır: commit→merge 29/30, iş akışı süresi 28/30, commit→release 20/30, DORA dağıtım vekili 8/30 depoda mevcuttur. Bu bulgu, teslim performansı yapısının ölçülebilir hale getirildiğini göstermektedir.

Ancak çalışmanın temel ampirik bulgusu şudur: teknik borç ile teslim performansı arasında istatistiksel olarak desteklenen bir ilişki saptanmamıştır. Anlamlı teknik borç ile teslim metriklerinin kesiştiği örneklem yalnızca beş depodur (N=5). Hiçbir TD↔teslim metriği $p < 0,05$ düzeyinde anlamlı değildir.

Commit→merge süresi ile teknik borç arasında Pearson $r \approx -0,746$ ($N=5$) negatif tanımlayıcı eğilim gözlenmiştir. Yüksek borçlu maven kısa, junit4 uzun commit→merge süresi göstermektedir. Bu yön beklenen olumsuz etki hipotezinin tersindedir ve çıkarımsal bir kanıt değildir. İş akışı süresi ($r \approx -0,463$) ve commit→release ($r \approx 0,540$, $N=4$) için de anlamlılık yoktur. DORA vekili ile teknik borç kesişiminde örneklem yetersiz kalmıştır.

Depolar arası heterojenliğin yüksek olduğu görülmektedir. Popüler açık kaynak projeleri farklı ekip ölçeği, kod inceleme kültürü ve sürüm ritmine sahiptir. Bu nedenle teknik borcun tek başına teslim süresini açıklayamayacağı düşünülebilir. Ancak mevcut örneklem büyüklüğü bu tür yorumları da sınırlamaktadır.

Teknik borç ile test geçiş oranı beş depoda birleştirilebilmiştir. Yüksek borçlu maven ve dubbo depolarında geçiş oranı $\sim 1,0$ düzeyindedir. Düşük borçlu log4j2 benzer profil göstermektedir. Pearson $r = 0,524$ tanımlayıcı eğilim olarak raporlanmış, monoton negatif ilişki gözlenmemiştir.

Özetle, teknik borç kısmen ölçülebilmüş, test metrikleri kısmen entegre edilebilmiş, teslim yapısı başarıyla toplanmış, erken uyarı sınıflandırması işletilebilmiştir. Buna karşılık teknik borcun teslim performansını olumsuz etkilediği yönündeki beklenti mevcut kanıtlarla desteklenmemiştir.

SONUÇ

Bu çalışma, açık kaynak Java depolarında teknik borç, test ve teslim performansını aynı otomatik süreçte birleştirmeyi amaçlayan uygulanabilir bir yaklaşım sunmaktadır. Bilimsel katkı, kısmi kapsam altında şeffaf örneklem tanımları, ölçüm riski depolarının şeffaf dışlanması ve olumsuz bulguların gizlenmemesidir.

Çalışmanın önemi, tek boyutlu teknik borç ölçümlerinin ötesine geçerek test ve teslim boyutlarını aynı şemada toplaması ve bunu yeniden üretilebilir biçimde belgelemesidir. Yöntemsel katkı ise JUnit, SonarQube ve GitHub API adımlarını ardışık ve belgelenmiş biçimde işleten süreç, başarısız depo sınıflandırması ve teslim süresi ile teslim vekili göstergelerinin ayrıştırılmasıdır. Teslim metriklerinin depo ölçeğinde toplanabilmesi metodolojik olarak değerlidir, ancak bu başarı, teknik borcun teslimi yavaşlatığı sonucunu otomatik olarak doğurmamaktadır.

Çalışmadaki sınırlılıklar açıktır. Sonar kapsamı 7/30, JaCoCo 0/30, TD–teslim kesişimi $N=5$, yerel Windows/JDK 17 ortamı üst akış CI ile örtüşmemektedir. Derleme başarısı 1/30, DORA vekili yalnızca 8/30 depoda mevcuttur. Analiz tanımlayıcıdır ve yeterli istatistiksel güç yoktur yorumu yapılabilir.

Gelecek çalışmalarda, Linux veya konteyner tabanlı ortamlarda taranamayan depoları yeniden değerlendirmesi, CI/CD kayıtlarından daha geniş DORA öncü süre serilerinin türetilmesi ve örneklem yeterli olduğunda regresyon analizinin uygulanması şeklinde önerilebilir.

Sonuç olarak çalışma, neyin ölçülebildiğini ve neyin ölçülemediğini açıkça ortaya koymaktadır. Teslim yapısı başarıyla toplanmış, teknik borç ile teslim performansı arasında istatistiksel olarak desteklenen bir ilişki bulunmamıştır. Bu olumsuz bulgu, yöntemin başarısızlığından ziyade mevcut ampirik kanıtların sınırlarını göstermektedir.

KAYNAKLAR

- Besker, T., Martini, A., & Bosch, J. (2017). The pricey bill of technical debt: When and by whom will it be paid? *2017 IEEE International Conference on Software Maintenance and Evolution (ICSME)* (pp. 13–23). IEEE. <https://doi.org/10.1109/ICSME.2017.64>.
- Cunningham, W. (1992). The WyCash portfolio management system. *Proceedings of the ACM Conference on Object-Oriented Programming Systems, Languages, and Applications (OOPSLA '92)* (pp. 29–30). ACM.
- Forsgren, N., Humble, J., & Kim, G. (2018). *Accelerate: Building and scaling high performing technology organizations*. IT Revolution Press.
- GitHub. (2026). GitHub REST API documentation. <https://docs.github.com/en/rest>.
- Gousios, G., Pinzger, M., & Deursen, A. van. (2014). An exploratory study of the pull-based software development model. *Proceedings of the 36th International Conference on Software Engineering (ICSE)* (pp. 345–355). ACM. <https://doi.org/10.1145/2568225.2568296>.
- ISO/IEC. (2011). ISO/IEC 25010: Systems and software engineering — Systems and software quality requirements and evaluation (SQuARE). ISO.
- ISO/IEC/IEEE. (2013). ISO/IEC/IEEE 29119 Software Testing (Parts 1–4). ISO/IEC/IEEE.

- Kruchten, P., Nord, R. L., & Ozkaya, I. (2012). Technical debt: From metaphor to theory and practice. *IEEE Software*, 29(6), 18–21. <https://doi.org/10.1109/MS.2012.166>.
- Li, Z., Avgeriou, P., & Liang, P. (2015). A systematic mapping study on technical debt and its management. *Journal of Systems and Software*, 101, 193–220. <https://doi.org/10.1016/j.jss.2014.12.054>.
- Shah, S. M. A., Torchiano, M., Vetrò, A., & Morisio, M. (2014). Exploratory testing as a source of technical debt. *IT Professional*, 16(3), 38–44. <https://doi.org/10.1109/MITP.2014.46>.
- SonarSource. (2026). SonarQube [Bilgisayar yazılımı]. <https://www.sonarsource.com/products/sonarqube/>.
- Wiklund, K., Eldh, S., Sundmark, D., & Lundqvist, K. (2012). Technical debt in test automation. *Proceedings of the 2012 IEEE Fifth International Conference on Software Testing, Verification and Validation (ICST)* (pp. 887–892). IEEE. <https://doi.org/10.1109/ICST.2012.192>.

THE PRICE OF BEING SMART: HOW AI THREATENS OUR PRIVACY**Eda Eylül Özdemir**

Konya Food and Agriculture University Faculty of Engineering and Architecture
ORCID: 009-007-6625-781X

Esma Begüm Demir

Konya Food and Agriculture University Faculty of Engineering and Architecture
ORCID: 0009-0004-3615-2353

Sudenaz Kuş

Konya Food and Agriculture University Faculty of Engineering and Architecture
ORCID: 0009-0005-6994-3474

Serra Mete

Konya Food and Agriculture University Faculty of Social Sciences and Humanities
ORCID: 0009-0001-8004-0250

Dr. Gürdoğan Doğrul

Konya Food and Agriculture University Faculty of Social Sciences and Humanities
ORCID: 0000-0002-5858-6652

Prof. Dr. Ali Kılıç

Konya Food and Agriculture University Faculty of Engineering and Architecture
ORCID: 0000-0003-2777-0876

ABSTRACT

Artificial intelligence (AI) has become an important part of daily life, and this has increased concerns about user privacy. This study investigates whether AI systems truly prioritise privacy and examines how the growing “smartness” of AI may come at the cost of personal data security. Data were collected through document analysis and an online survey with 101 participants from different age groups, most of whom were young adults. The survey examined users’ awareness of AI privacy policies, data collection practices, and privacy concerns. Descriptive statistics and thematic document analysis were used to examine the data. The results show that many participants knew that AI collects personal data, but this awareness did not always lead to protective behaviour. Many participants said that they did not usually read privacy policies or use privacy-protective measures. At the same time, they expressed concerns about data tracking, third-party data sharing, and long-term data storage. Overall, the findings suggest that users have some awareness of AI privacy risks, but they still need clearer information, easier privacy controls, and better digital privacy education.

Keywords: Artificial Intelligence, Privacy, Personal Data, Transparency, Informed Consent, Privacy Paradox.

INTRODUCTION

Artificial intelligence is now part of many everyday digital activities. People use AI when they search online, receive recommendations, use chatbots, translate texts, navigate with maps, or interact with social media platforms. In many cases, users benefit from these systems without thinking carefully about how much personal data may be involved. AI can make digital services faster and more personalised, but this convenience also raises questions about privacy.

AI systems are called “smart” because they can learn from user behaviour and provide more relevant results over time. To do this, they often rely on data such as searches, clicks, preferences, prompts, location information, and other online activities. Users may share this information because they want easier access, better recommendations, or more personalised services.

However, this also creates a privacy trade-off. The same data that helps AI systems work better may also increase privacy risks if users do not clearly know how their information is collected, processed, stored, or shared (Acquisti et al., 2016; Tene & Polonetsky, 2013). These concerns are also connected to broader discussions on AI ethics and governance, where privacy, accountability, and responsible AI use are important issues (Singh, 2024; Marwala, 2024).

Personalised AI-based systems, especially recommender systems, depend on user data to provide relevant and individualised outputs. These systems can improve user experience by analysing preferences and behaviour, but the sensitivity of user data can also create security and privacy concerns. Recent research on recommender systems shows that modern personalised systems face privacy and security challenges because user data may be sensitive and vulnerable to unauthorised access (Himeur et al., 2022). Therefore, personalisation in AI systems should be examined not only as a technical advantage but also as a potential privacy concern.

Privacy risks are significant in conversational and generative AI systems. LLM-based conversational AI systems can engage users in a natural and persuasive manner. A recent study on malicious LLM-based conversational AI shows that these systems can lead users to provide more personal information than ordinary conversational AI systems (Zhan et al., 2025). This finding is important because users may disclose personal, confidential, or sensitive information while interacting with AI technologies without fully considering how that information may be used, stored, or exposed.

Transparency is another important issue. AI systems may provide recommendations, responses, or decisions without explaining how these outputs are produced or what data are used. A review of global AI ethics guidelines found that transparency, justice and fairness, non-maleficence, responsibility, and privacy are among the most common ethical principles in AI discussions (Jobin et al., 2019). This shows that AI systems should not only be evaluated according to their usefulness or technical performance but also according to whether they respect user rights, privacy, and accountability.

Privacy is also related to users' expectations about how their information flows across different contexts. Nissenbaum's theory of contextual integrity explains that privacy protection depends on whether information gathering and sharing are appropriate to a specific context and follow the norms of that context (Nissenbaum, 2004). In AI-based systems, users may accept that some data are needed for a service, but they may feel that their privacy is violated if their data are used in unexpected ways, stored for unclear periods, or shared beyond the original context.

This research looks at how AI can become more useful while also creating privacy risks. It examines what users know about AI data collection, what concerns they have about privacy, and whether they take steps to protect their personal data. The study also looks at whether people continue using AI tools even when they are worried about privacy.

This study was guided by the following research questions:

RQ1: How does being "smart" come at the cost of losing privacy in AI systems?

RQ2: How does the increased use of smart technologies affect individuals' sense of privacy?

LITERATURE REVIEW

Artificial Intelligence and Personal Data

Artificial intelligence systems depend heavily on data. Machine learning models, recommendation systems, chatbots, and predictive algorithms improve their performance by analysing information and identifying patterns. Much of this information is produced by users through searches, clicks, prompts, application use, location sharing, and online behaviour. This creates a privacy dilemma because the same data that makes AI systems more accurate, useful, and personalised may also expose users to privacy risks (Acquisti et al., 2016; Himeur et al., 2022).

Privacy research shows that people often share personal information in return for convenience, access, or personalisation. However, they may not always fully understand the long-term consequences of this exchange (Acquisti et al., 2016). This issue is especially important in AI-based systems because data collection and processing are often complex and not fully visible to users.

Privacy Risks in Personalised AI Systems

Personalised AI systems, especially recommender systems, use user data to give users individualised outputs. These systems are common on social media, shopping websites, streaming platforms, and digital advertising services. Although these systems can improve online services, they may also create privacy concerns. Recommender systems often use information about users' interests, habits, locations, and online behaviour, and some of this data may be sensitive. As a result, user data in these systems may be exposed to risks such as unauthorised access or misuse (Himeur et al., 2022).

In this context, personalisation should not be viewed only as a technical benefit. It can also increase privacy exposure. When AI systems collect information about users' preferences, habits, locations, and online behaviours, they may create risks such as profiling, tracking, third-party data sharing, and long-term data storage. Therefore, AI-based personalisation should be considered together with broader ethical concerns about privacy, transparency, responsibility, and user control (Jobin et al., 2019).

Informed Consent and Privacy Policies

Informed consent means that users should understand what they are agreeing to before their personal data are collected, processed, or shared. On digital platforms, consent is usually collected via privacy policies, cookie notices, and terms of service agreements. However, these documents are often lengthy, complex and difficult for users to read in their entirety.

Research suggests that most users do not read privacy policies or terms of service carefully. McDonald and Cranor (2008) argue that reading privacy policies requires significant time and effort, while Obar and Oeldorf-Hirsch (2020) show that users often ignore privacy policies and terms of service when joining digital platforms. This creates a problem for meaningful consent because accepting a policy does not always mean that users understand what kind of data are collected, how the data are processed, or whether they may be shared with other parties (Barocas & Nissenbaum, 2014; McDonald & Cranor, 2008; Obar & Oeldorf-Hirsch, 2020). This problem is also related to the consent dilemma, as privacy self-management may not always lead to meaningful control over personal data (Solove, 2013).

Transparency, Accountability, and User Control

A key challenge in AI privacy is transparency, since users might not always know what data are gathered, how these data are processed, or how AI systems generate their outputs.

A review of global AI ethics guidelines found that transparency, justice and fairness, non-maleficence, responsibility, and privacy are among the most common principles in AI ethics discussions (Floridi et al., 2018; Jobin et al., 2019). Similar principles are also reflected in the OECD AI Principles, which emphasise transparency, responsible disclosure, and accountability in AI systems (OECD, 2019). This means that we should evaluate AI systems not only on their technological performance but also on how they respect the rights and privacy of users.

Accountability is particularly vital since organisations designing and deploying AI systems have responsibilities in respect of the collection, processing, storage and sharing of personal data. Consent can become a formality rather than informed if users are not given clear explanations or good control. For this reason, privacy policies and data practices should be clear, understandable, and accessible to users, especially because users often ignore or do not carefully read lengthy privacy documents (McDonald & Cranor, 2008; Obar & Oeldorf-Hirsch, 2020).

Privacy Paradox

The privacy paradox refers to the gap between individuals' privacy concerns and their actual behaviours. Many users say they care about privacy, but they still share personal information, accept privacy terms without reading them, or continue to use digital services without adjusting privacy settings. Norberg et al. (2007) describe this as a gap between individuals' privacy intentions and their actual disclosure behaviours.

This concept is useful for understanding AI privacy. Users may be concerned about data tracking, data sharing with third parties, and long-term data storage, but they may still use AI tools because they are convenient and useful. Therefore, awareness alone may not be enough to guarantee privacy.

Users also require practical understanding, simple privacy controls, and more transparent information on how AI systems use their data.

Contextual Integrity and User Expectations

Privacy is also related to whether information is used in a way that matches the context in which it was shared. Nissenbaum's theory of contextual integrity explains that privacy depends not only on whether information is shared, but also on whether information flows are appropriate to the context and its governing informational norms (Nissenbaum, 2004).

This idea is relevant to AI systems because users may authorise certain data collection for a specific purpose, such as receiving recommendations or using a navigation service. However, they may feel that their privacy has been violated if the same data are stored for unclear periods, shared with third parties, or used for purposes beyond the original context. Therefore, AI privacy should be understood not only as a question of data collection but also as a question of transparency, expectation, and control.

METHOD

Research Design

This study employed a mixed-methods research design, integrating an online survey with a supporting review of AI privacy-related materials. The survey explored users' awareness, concerns, and behaviours regarding AI privacy, while the document review supported the discussion of data collection, consent, transparency, data storage, third-party sharing, and user control.

This approach was chosen because AI privacy is both a user behaviour and information issue. Surveys can reveal users' knowledge and behaviour, while document reviews can show how privacy information is presented to users.

Participants

This study included 101 participants from different age groups, most of whom were young adults. According to the survey results, 83.2% of participants were aged 18–24 years, 10.9% were aged 25–34 years, 2% were aged 35–44 years, and 4% were aged 45 years or older.

In terms of gender, 55.4% of participants were male and 44.6% were female. Most participants had a bachelor's degree or were undergraduate students.

Data Collection

Survey data were collected using Google Forms. The survey consisted of 14 questions about demographic information, frequency of AI use, awareness of AI data collection, privacy policy reading habits, protective behaviours, and concerns about tracking, indefinite storage, and third-party sharing. The supporting document review focused on AI privacy-related materials used in this project. These materials were reviewed to understand how privacy issues are generally addressed in relation to data collection, use, storage, user consent, third-party sharing, transparency, and user control.

The study does not specify particular platforms or companies because the available project materials do not include a clear list of the exact privacy policies reviewed. For this reason, the document review was used carefully, and it does not make claims that the materials cannot support.

Document Review Procedure

The document review employed a thematic methodology. First, AI privacy-related materials were examined to identify statements concerning personal data collection, data processing, storage duration, third-party sharing, and user rights. These statements were then categorised under common privacy themes and analysed together with the survey results and existing research.

Table 1 The review was guided by the following inclusion criteria:

Analysis criterion	Focus of analysis
Data collection	What types of personal data are collected?
Data use	For what purposes are the data used?

Data storage	Was the storage period clearly explained?
Third-party sharing	Is data shared with other organisations or partners?
User control	Can users delete, restrict, or manage their data?
Transparency	Is the information clear and comprehensible?
Consent	Is user consent meaningful and informed?

Document review was used as a supporting part of the investigation. It does not claim to represent all AI companies or all AI privacy policies. Instead, it describes common privacy issues relevant to AI systems.

Ethical Considerations

Participation in the survey was voluntary and anonymous. Participants were informed of the study's purpose before completing the survey. No personally identifying information was collected. Responses were analysed as aggregated data, not as individual responses. The study was conducted for educational and academic purposes.

Data Analysis

The survey data were analysed using descriptive statistics. Percentages and response distributions were used to identify overall patterns in users' awareness, concerns, and behaviours.

The document review was analysed thematically. The main themes included unclear data practices, complex privacy language, limited user control, and lack of transparency.

This study does not claim direct causal relationships, as the dataset mainly supports descriptive analysis. Instead, it outlines trends and analyses their implications for AI privacy.

RESULTS

The results indicate that participants frequently used AI and had some knowledge of data collection. However, this awareness did not always result in protective behaviour.

Table 2 Key Survey Findings on AI Privacy Awareness and Behaviour

Survey question / category	Main result
Participants who use AI every day	59.4%
Participants who use AI several times a week	23.8%
Participants aware that AI collects personal data	67.3%
Participants partly aware that AI collects personal data	20.8%
Participants not aware that AI collects personal data	11.9%
Participants who do not take privacy-protective measures	58.4%
Participants who take privacy-protective measures	41.6%
Participants who always read privacy policies	3%
Participants who sometimes read privacy policies	23.8%
Participants who rarely read privacy policies	38.6%
Participants who never read privacy policies	34.7%
Participants who never stopped using an AI application because of privacy concerns	81.2%
Participants who stopped using an AI application because of privacy concerns	18.8%

AI Use and Privacy Exposure

The results show that AI was part of many participants' regular digital routines. More than half said they used AI every day, and many others used it several times a week. This shows that, for many users, AI is not something they use rarely. It has become a normal part of how they search, study, communicate, or complete daily tasks.

Frequent AI use can also mean more privacy exposure. Every time a person uses an AI tool, some form of data may be created, such as prompts, searches, preferences, device information, location data, or behavioural patterns. For this reason, users who interact with AI more often may also leave behind more personal data.

Awareness of Data Collection

According to the survey, 67.3% of the participants knew that AI technologies collect personal data. This shows that many users are not completely unaware of AI data collection. However, 20.8% only partly knew this, and 11.9% did not know it at all.

This result is important because knowing that data are collected does not always mean understanding the details. A user may know that AI collects data but may not know what kind of data are collected, how they are processed, how long they are stored, or whether they will be shared with third parties. Jones et al. (2020) studied university students' views on privacy and learning analytics. Their study found that students often felt they were being monitored, but they did not always know how their data were collected or analysed. This is similar to the finding of the present study: users may have basic awareness of data collection, but they may still lack detailed knowledge about what happens to their data.

Privacy Policy Reading Behaviour

One of the clearest findings is that most participants do not regularly read privacy policies before using an application. Only 3% of participants said that they always read privacy policies. In contrast, 23.8% said that they sometimes read them, 38.6% rarely read them, and 34.7% never read them.

This means that most participants rarely or never read privacy policies, while only a very small number always check them. This is a critical problem, as privacy policies are one of the primary ways in which organisations inform users about data practices. If users do not read these policies, they may accept the terms without understanding what kind of data are collected, how they are used, or whether they may be shared with others. This weakens the concept of informed consent.

Privacy-Protective Measures

The survey also found that 58.4% of participants did not take privacy-protective measures, such as using a VPN, an ad blocker, or restricting app permissions. Only 41.6% of the respondents reported taking such measures.

This shows a gap between awareness and action. Many participants knew that AI collects data, but most of them still did not take practical steps to protect their privacy. This may be because some users do not know what to do, find privacy settings complicated, or feel that data collection is unavoidable.

Privacy Concerns

Although many participants did not take protective measures, they still had clear privacy concerns. Many participants were uncomfortable with the possibility of AI systems tracking their devices, locations, or online behaviour. They were also concerned about third-party data sharing and long-term data storage. Transparency was a major issue. Many participants agreed that companies should explain more clearly how AI collects, stores, and uses data. This shows that users do not necessarily reject AI, but they want greater transparency, clarity, and control.

DISCUSSION

The findings suggest that the main problem is not only a lack of awareness but also the gap between awareness, understanding, and action. Many participants knew that AI-based tools collect personal data, yet this awareness did not always lead them to read privacy policies or take privacy-protective measures.

This finding is consistent with Acquisti et al. (2016), who explain that privacy often involves trade-offs between the benefits users receive and the personal information they disclose. In this study, participants appeared to benefit from AI tools, but they did not always take action to reduce the privacy risks connected to data collection. Cano Cuevas et al. (2025) also describe the technological revolution as a “paradox,” arguing that while technology promises freedom and connectivity, it also undermines privacy, and that individuals build their own “digital cages” in the name of progress.

The first research question asked how being “smart” can come at the cost of privacy in AI systems. The findings suggest that AI smartness is closely connected to data collection and personalisation. AI systems become more useful by collecting and analysing user data, but this can create privacy risks when users do not clearly understand what happens to their information. This also relates to research on recommender systems, which shows that personalised systems may improve user experience while raising privacy and security concerns when sensitive user data are processed. Himeur et al. (2022) also emphasise similar points.

The second research question concerned the impact of increased use of smart technologies on individuals’ sense of privacy. The results indicate that participants were concerned about tracking, third-party sharing, long-term data storage, and lack of transparency. However, many still continued using AI tools because these tools are useful and convenient. This reflects the privacy paradox. Norberg et al. (2007) describe the privacy paradox as the gap between individuals’ privacy intentions and their actual disclosure behaviours. Likewise, in this study, privacy concerns were reported by participants, but many did not take any practical measures to protect their personal data. Singh (2024) also conducted a survey of intelligent personal assistant (IPA) users and found that their biggest concerns were “the collection of personal information” and data security. Furthermore, Singh (2024) notes that big data can be used to keep long-term records about individuals, which can create privacy risks.

The findings also show that many participants did not regularly read privacy policies. This is consistent with previous research on privacy policies and terms of service. McDonald and Cranor (2008) argue that reading privacy policies requires significant time and effort, while Obar and Oeldorf-Hirsch (2020) show that many users ignore privacy policies and terms of service when joining digital platforms. In this study, the low level of privacy policy reading suggests that users may accept digital services without fully understanding what data are collected, how the data are processed, or whether they may be shared with other parties.

This does not mean that users are careless. In many circumstances, people may not have enough clear knowledge, practical control, or motivation to protect their privacy. Therefore, it is not realistic to place all responsibility on users. The results indicate that real privacy protection requires more transparent explanations, user-friendly privacy controls, and more accountability from the organisations that create and operate AI-based tools. Rana and Chicone (2026) also states that organisations should create a “responsible use culture” by offering “approved and safe alternatives” that meet the needs of employees, instead of simply implementing restrictive policies (2026).

The findings also relate to broader discussions on transparency and accountability in AI. Jobin et al. (2019) found that transparency, responsibility, and privacy are among the most common principles in global AI ethics guidelines. In this study, participants’ concerns about tracking, third-party sharing, long-term storage, and lack of transparency show that these principles are important not only in academic and ethical discussions but also in users’ everyday experiences with AI technologies.

Overall, the study shows that AI privacy is not only an individual problem. It is also related to how companies design AI systems, explain their data practices, and give users control over personal information. Users should be supported through digital privacy education, but AI companies should also design systems that respect privacy from the beginning. Clearer privacy notices, simpler language, limited data collection, and stronger user control are necessary to reduce privacy risks in AI-based technologies.

CONCLUSION

This study examined the possible risks of artificial intelligence for user privacy and how users respond to these risks. Based on a survey of 101 participants and a supporting review of AI privacy-related documents, the findings show that AI is widely used, especially among young adults.

Most participants knew that AI systems collect personal data. However, this awareness did not consistently lead to protective behaviour. A significant number of participants did not regularly review privacy policies, and over half did not use privacy-protective measures. At the same time, participants expressed clear concerns about tracking, third-party data sharing, long-term storage, and lack of transparency. This shows that people may understand some privacy risks, but they may still lack clear information, motivation, or practical tools to protect themselves. Mazurek and Małagocka's study indicates that the vast majority of internet users are concerned about privacy and feel the need to protect their data. However, they emphasise that, despite this, users make "daily compromises" by revealing personal details to access the conveniences offered by the internet (Mazurek & Małagocka, 2019).

The study concludes that the increasing smartness of AI may create privacy risks when it relies on large-scale and unclear data collection. To reduce these concerns, AI companies should provide clearer privacy policies, collect only essential data, improve transparency, and give users greater control over their personal information. Digital privacy education should also be improved, particularly for young users who regularly engage with AI.

LIMITATIONS

This study has some limitations. First, the sample size was limited to 101 participants, and most participants were aged 18–24. Therefore, the results cannot be generalised to all AI users and mainly reflect the views of young adults.

Second, the survey was based on self-reported answers, so participants may not always describe their real online behaviour accurately. Another limitation is related to the document review. Although the study included AI privacy-related materials, the available project materials do not clearly identify the exact privacy policies or documents examined. Therefore, the document review should be understood as a supporting part of the study rather than a fully systematic document analysis.

Finally, this study used descriptive statistics. Future research may use more detailed statistical analysis to evaluate the links among the frequency of AI use, privacy awareness, privacy concerns, and protective behaviours.

RECOMMENDATIONS

The findings suggest that AI companies should create shorter and simpler privacy policies. They should collect only the data needed for the service, be more open about how data are used, and give users simple ways to manage, restrict, or delete their personal data. These recommendations are also consistent with privacy-by-design principles, which emphasise minimising personal data collection, strengthening transparency, and giving individuals greater control over their information (Cavoukian, 2009).

AI tools should clearly explain what data are collected, why they are collected, how long they are stored, and whether they are shared with third parties. Schools and universities also play a crucial role in educating individuals, especially young people who frequently use AI, about digital privacy. Finally, stronger legal and ethical standards are needed to help ensure that AI tools respect privacy and personal data rights.

ACKNOWLEDGEMENTS

AI Use Statement: AI-supported tools were used during the preparation of this study for language editing, text improvement, and clearer expression of ideas. The authors remain fully responsible for all scientific content, analysis, findings, and conclusions presented in this study.

REFERENCES

- Acquisti, A., Taylor, C., & Wagman, L. (2016). The economics of privacy. *Journal of Economic Literature*, 54(2), 442–492. <https://doi.org/10.1257/jel.54.2.442>
- Barocas, S., & Nissenbaum, H. (2014). Big data's end run around anonymity and consent. In J. Lane, V. Stodden, S. Bender, & H. Nissenbaum (Eds.), *Privacy, big data, and the public good: Frameworks for engagement* (pp. 44–75). Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107590205.004>

- Cano Cuevas, D. F., Velandia Pardo, E. F., Carrascal Jacome, M. G., & Moure-Blanco, D. (2025). Human firewall: Privacy paradigms in the face of the technological revolution. In S. Cea & T. Aznar (Eds.), *AI influence on governance and law in the digital age* (pp. 141–168). IGI Global.
- Cavoukian, A. (2009). *Privacy by design: The 7 foundational principles*. Information and Privacy Commissioner of Ontario.
- Floridi, L., Cows, J., Beltrametti, M., Chatila, R., Chazerand, P., Dignum, V., Luetge, C., Madelin, R., Pagallo, U., Rossi, F., Schafer, B., Valcke, P., & Vayena, E. (2018). AI4People—An ethical framework for a good AI society: Opportunities, risks, principles, and recommendations. *Minds and Machines*, 28, 689–707. <https://doi.org/10.1007/s11023-018-9482-5>
- Himeur, Y., Sohail, S. S., Bensaali, F., Amira, A., & Alazab, M. (2022). Latest trends of security and privacy in recommender systems: A comprehensive review and future perspectives. *Computers & Security*, 118, 102746. <https://doi.org/10.1016/j.cose.2022.102746>
- Jones, K. M. L., Asher, A., Goben, A., Perry, M. R., Salo, D., Briney, K. A., & Robertshaw, M. B. (2020). “We’re being tracked at all times”: Student perspectives of their privacy in relation to learning analytics in higher education. *Journal of the Association for Information Science and Technology*, 71(9), 1044–1059. <https://doi.org/10.1002/asi.24358>
- Jobin, A., Ienca, M., & Vayena, E. (2019). The global landscape of AI ethics guidelines. *Nature Machine Intelligence*, 1(9), 389–399. <https://doi.org/10.1038/s42256-019-0088-2>
- Marwala, T. (2024). *The balancing problem in the governance of artificial intelligence*. Springer Nature. <https://doi.org/10.1007/978-981-97-9251-1>
- Mazurek, G., & Małagocka, K. (2019). Perception of privacy and data protection in the context of the development of artificial intelligence. *Journal of Management Analytics*, 6(4), 307–327. <https://doi.org/10.1080/23270012.2019.1671243>
- McDonald, A. M., & Cranor, L. F. (2008). The cost of reading privacy policies. *I/S: A Journal of Law and Policy for the Information Society*, 4(3), 543–568.
- Nissenbaum, H. (2004). Privacy as contextual integrity. *Washington Law Review*, 79(1), 119–158.
- Norberg, P. A., Horne, D. R., & Horne, D. A. (2007). The privacy paradox: Personal information disclosure intentions versus behaviors. *Journal of Consumer Affairs*, 41(1), 100–126. <https://doi.org/10.1111/j.1745-6606.2006.00070.x>
- Obar, J. A., & Oeldorf-Hirsch, A. (2020). The biggest lie on the Internet: Ignoring the privacy policies and terms of service policies of social networking services. *Information, Communication & Society*, 23(1), 128–147. <https://doi.org/10.1080/1369118X.2018.1486870>
- OECD. (2019). *OECD AI principles*. Organisation for Economic Co-operation and Development. <https://www.oecd.org/en/topics/sub-issues/ai-principles.html>
- Rana, S., & Chicone, R. (2026). *Generative AI security: Defense, threats, and vulnerabilities*. John Wiley & Sons.
- Singh, T. (2024). *Artificial intelligence and ethics: A field guide for stakeholders*. CRC Press. <https://doi.org/10.1201/9781003502708>
- Solove, D. J. (2013). Privacy self-management and the consent dilemma. *Harvard Law Review*, 126(7), 1880–1903.
- Tene, O., & Polonetsky, J. (2013). Big data for all: Privacy and user control in the age of analytics. *Northwestern Journal of Technology and Intellectual Property*, 11(5), 239–273. <https://scholarlycommons.law.northwestern.edu/njtip/vol11/iss5/1>
- Zhan, X., Carrillo, J. C., Seymour, W., & Such, J. (2025). Malicious LLM-based conversational AI makes users reveal personal information. In *Proceedings of the 34th USENIX Security Symposium (USENIX Security 25)* (pp. 61–80). USENIX Association. <https://www.usenix.org/conference/usenixsecurity25/presentation/zhan>

TRANSFORMING CULTURAL RESOURCES INTO SUSTAINABLE LIVELIHOODS THROUGH RURAL HERITAGE TOURISM MODEL IN AN XUAN VILLAGE, HUE CITY, VIET NAM

Phd. Tran Huu Thang

Faculty of Law and Politics, Industrial University of Ho Chi Minh City

ORCID: 0000-0002-3368-0431

Abstract: In the context of modernization and rural transformation, leveraging local cultural resources to create sustainable livelihoods has become a key strategy for sustainable rural development. This paper explores the potential and mechanisms for transforming indigenous cultural heritage into socio-economic values through a rural heritage tourism model, focusing on the case of An Xuan village, Hue city, Vietnam. Possessing a rich history of over 500 years alongside a unique wetland ecosystem near the Tam Giang lagoon, An Xuan village preserves highly authentic cultural resources, notably its traditional festival system including the Spring Worship Ceremony (Xuan Thu), the Whale Worship Festival (Cau Ngu), and traditional boat racing. Through qualitative analysis and secondary data evaluation, the research indicates that while these cultural resources hold immense potential for tourism, their contribution to local community livelihoods remains fragmented and highly seasonal. To address these limitations, the paper proposes a comprehensive framework for an integrated rural heritage tourism model. Key solutions include establishing community-based tourism governance, professionalizing cultural storytelling, digitizing village heritage, and creating interactive experiential tourism products. By involving local residents as primary actors and beneficiaries, this model aims to balance genuine heritage conservation with community livelihood improvement, providing a sustainable development pathway for satellite rural areas in Central Vietnam.

Keywords: Cultural resources, sustainable livelihoods, rural heritage tourism, An Xuan village, community-based development.

1. Introduction

Vietnam's rural communes carry a dense layer of cultural resources — ritual calendars, oral traditions, vernacular knowledge of water and land, craft skills — that predate the market economy and now sit somewhat awkwardly inside it. As migration draws working-age residents toward industrial zones and cities, villages that once reproduced their culture through daily practice increasingly reproduce it only on festival days. Tourism is routinely proposed as a mechanism to hold this transition in balance, converting into income what would otherwise erode without compensation. Whether tourism succeeds at this task, however, depends less on the richness of the underlying resource than on the governance and product design built around it.

An Xuan village offers a useful case for testing that proposition. Following Vietnam's 2025–2026 restructuring of commune-level administrative units, the village now falls within Quang Dien commune, Hue city, a centrally governed municipality; despite this reorganization, An Xuan retains its role as a distinct cultural-ecological space that preserves a traditional village structure within Hue's new urban framework. The village carries a settlement history exceeding five centuries, formed under the Nguyen lords during the southward expansion and early land reclamation by pioneering lineages, and a still-functioning ritual calendar anchored by the Xuan Thu spring worship ceremony, the Cau Ngu whale-worship festival, and traditional boat racing. These are not manufactured attractions staged for visitors; they are working elements of communal life that happen to be legible to outsiders. The central problem this paper addresses is that legibility has not yet translated into livelihood. As the discussion below shows, tourism activity around An Xuan remains fragmented, strongly seasonal, and largely self-organized rather than institutionally coordinated.

The paper is organized around two questions. First, what cultural and ecological resources does An Xuan actually hold, and what value do these resources already carry for destination branding and tourism experience. Second, what governance arrangements and product design would be required to convert those resources into livelihoods that do not collapse once the festival season ends.

The discussion proceeds through a review of the sustainable livelihoods, destination-branding, and community-participation literatures, a description of An Xuan's resource base, an assessment of the constraints on current tourism activity, and a proposed integrated model built around four components.

2. Theoretical Framework

2.1. Cultural identity, destination branding, and rural heritage tourism

Destination branding is not reducible to visual identifiers such as a logo or a slogan; it is the sum of associations, memories, emotions, and trust that visitors hold toward a place. Blain, Levy and Ritchie (2005) define destination branding as the set of distinctive attributes that differentiate one destination from its competitors while functioning as a promise about the quality of experience the destination commits to deliver. A brand built on invented or borrowed imagery is fragile; a brand built on resources genuinely unique to the place is not. Cultural identity, in turn, is not a fixed inheritance frozen in the past. Hall (1990) argues that cultural identity is a continuous process of self-production that interacts actively with its contemporary context rather than a static essence. Applied to An Xuan, this means the village's value lies not only in its physical relics — the communal house, the shrines — but in the ongoing, adaptive practice of its festivals, which have continuously absorbed new artistic forms (contemporary music, poetry) while remaining anchored in their original ritual purpose.

2.2. The sustainable livelihoods framework

The sustainable livelihoods framework, first systematized by Scoones (1998), organizes household capacity into five forms of capital — natural, physical, human, financial, and social — and asks how institutions and policy shape the strategies households build from that capital. Shen, Hughey and Simmons (2008) argue that tourism should be situated within this broader livelihoods context rather than treated merely as a development tool bolted onto it, since tourism income interacts with, and sometimes displaces, a household's other capital-generating activities. Su, Wall and Xu (2016), studying the Mount Sanqingshan World Heritage Site in China, extend the framework to heritage tourism specifically and find that cultural capital plays an outsized role in diversifying rural livelihoods, while warning that overreliance on a single heritage-tourism strategy can heighten a community's vulnerability to shocks. Mzembe (2023) adds an institutional layer, showing that conservation policies intended to protect heritage sites can unintentionally restrict local access and participation, undermining the very livelihoods that heritage tourism is meant to support. Đinh Thị Hương Giang's (2025) comparative doctoral research on the old quarters of Hanoi and Hoi An reaches a compatible conclusion from a heritage-economics angle: cultural heritage and socio-economic development stand in a two-way relationship, in which heritage-based economic activity generates the material resources needed to reinvest in conservation, forming a positive feedback loop rather than a one-off transaction.

2.3. Community participation and responsible tourism governance

Arnstein's (1969) ladder of citizen participation and its adaptation to tourism by Tosun (1999, 2005) supply the governance vocabulary used later in this paper. Tosun distinguishes coercive participation, in which authorities predetermine both the activities residents may undertake and how residents will benefit; induced participation, in which residents are consulted but retain no real decision-making power; and spontaneous participation, in which communities initiate and control development themselves. Tosun's comparative work on developing countries finds that centralized public administration and limited local financial and technical capital tend to push rural tourism governance toward the coercive or induced end of this spectrum. Ngô Xuân Hào's (2023) doctoral research on responsible tourism product development in Phu Quoc offers a complementary operational standard directly applicable to a living ritual site such as An Xuan: heritage-based tourism products must maximize socio-economic benefit for local residents, respect the authenticity of local culture, minimize negative impacts on the social and cultural environment, and strengthen the community's self-determining role in managing its own heritage. Read together, these two bodies of work suggest that An Xuan's governance challenge is not simply to attract visitors, but to ensure that ritual custodians and fishing households, not external operators, retain control over how the village's festivals are commercialized.

3. Research Context: An Xuan Village and Its Cultural-Ecological Resources

An Xuan is one of the representative ancient villages of the former Thuan Hoa region, with a documented history of formation and development exceeding 500 years. According to local gazetteers and lineage genealogies, the village was established during the Nguyen lords' southward expansion, when pioneering lineages cleared land and founded settlements along the lower reaches of the Huong (Perfume) River and the surrounding lagoon. The spatial and architectural layout of the village reflects a geomantic philosophy of harmony between people and nature, anchored by a rich system of spiritual-cultural institutions: An Xuan communal house (đình làng), Van Thanh temple, a network of shrines, and the ancestral halls of the village's major lineages. These structures function as the centers of communal spiritual life and reflect a durable sense of community cohesion built up over many turbulent centuries.

The village's festival system, held throughout the year, is the clearest crystallization of this intangible cultural inheritance. The Xuan Thu ceremony, held at the start of the lunar new year, and the Cau Ngu festival, held in the second lunar month to pray for favorable weather, are not merely closed spiritual practices; they function as a bridge connecting the consciousness of successive generations, expressing the ethic of gratitude toward the ancestors who first cleared and founded the village. Traditional boat racing on the village's river is the single most brand-defining element of An Xuan's cultural resource base. Organized around teams from each hamlet (xóm), the race combines physical training, prayers for favorable weather and a bountiful harvest, and a martial, communal spirit expressed through drumming and rowing. Because participation is voluntary and drawn from every social stratum of the village rather than staged for paying audiences, the event carries a degree of authenticity that distinguishes it from the more commercialized performances found at larger tourism centers; it functions as a living space of heritage performance, displaying traditional boat-building craftsmanship and river skills accumulated across generations.

A further, less obvious resource is the village's contemporary artistic production. Local musicians and artists have composed contemporary songs and poems about An Xuan, blending traditional Hue folk musical material (hò, lý) with modern arrangement to evoke both the exuberance of the boat race and the quiet, sacred atmosphere of festival nights. These works already circulate informally on social media, functioning as an organic, if unplanned, form of audio branding that shapes outside perception of the village even before a visitor arrives. In summary, the village's three main resource groups — the festival system, its spiritual-cultural spaces (communal house, temple, communal well and banyan tree, lineage halls), and this body of local art — each correspond to a distinct category of tourism value, ranging from spiritual and faith-based experience to heritage sightseeing, event tourism, and brand promotion.

These village-level resources sit within a fast-growing regional tourism economy. Hue's tourism sector recorded around 6.3 million visitor arrivals in 2025, of which close to 30 percent were international visitors, generating an estimated VND 13,000 billion in tourism revenue (Hue City Department of Tourism, 2025). This provincial-level growth, however, has not yet been matched by comparable micro-level data at satellite village destinations. No detailed quantitative survey of visitor numbers, length of stay, or spending currently exists for An Xuan specifically; visitation to the village remains largely self-organized rather than tracked or managed, which is itself informative about the gap this paper is concerned with.

Regarding human resources, An Xuan has a population of approximately 6,000. The demographic structure reveals a gender disparity, with males accounting for 61.1% and females for 38.9%. Notably, the working-age youth cohort constitutes 27% of the population, while the elderly—those no longer able to engage in strenuous labor—comprise 12%, with the remainder consisting of students and children. While this 27% of youth represents a significant potential labor force for professionalized tourism services, the village faces considerable pressure from outward migration toward industrial zones, highlighting the urgent need to establish in-situ heritage tourism models to retain this human capital.

4. Methodology

This paper follows a qualitative, desk-research approach, drawing on local gazetteers, lineage records, and municipal tourism planning documents concerning An Xuan and Hue city more broadly, combined with a companion desk-research study of An Xuan's cultural-identity assets and destination-branding potential (Tran & Vo, 2026). That companion study supplies the descriptive and SWOT-level evidence

used in Section 5 below. The present paper reframes those branding-oriented findings through the sustainable livelihoods and community-participation literatures reviewed in Section 2, in order to ask not only how An Xuan's culture can be branded, but how that branding can be converted into durable household livelihoods rather than one-off promotional value.

5. Findings: Potential and Limitations

Based on secondary data compiled from local reports and field observation in 2026, the economic disparity between agricultural and non-agricultural sectors in An Xuan highlights the structural pressure on traditional livelihoods

Table 1: Estimated Monthly Household Income Structure in An Xuan Village (2026)

Occupation Sector	Average Income (Million VND/month)	Primary Income Drivers
Agricultural (Rice farming)	1.3	Seasonal crops, limited land area
Traditional Craft (Handicrafts)	10.0	Traditional skills, small-scale production
Aquaculture (Lagoon-based)	2.3	Exploitation of Tam Giang lagoon resources
Other Occupations	3.0 – 4.0	Services, small trade, casual labor
Seasonal Freelance (Off-season)	~1.7 – 2.5 (avg)	Construction/Manual labor (20–30M VND/year)

Source: Data compiled from secondary sources and the author's field observation in An Xuan village, 2026. Figures represent estimated monthly averages based on annual household income.

* Analysis:

The income data reveals the precarious nature of current livelihoods in An Xuan:

- *Income Disparities:* While traditional crafts yield the highest monthly income (10 million VND), such opportunities remain limited to a small number of households. The majority of the population relies on agriculture and aquaculture, where earnings are insufficient for both long-term reinvestment and heritage conservation.

- *The "Short-term Livelihood" Strategy:* A notable characteristic of the village economy is the capacity for multi-occupational resilience. Able-bodied residents often engage in "short-term for long-term" strategies, utilizing off-season periods to perform manual labor such as construction, generating an additional annual income of 20–30 million VND. However, this model is inherently vulnerable, as it is strictly dependent on physical stamina, which diminishes with age.

- *A Shift Toward Sustainable Value:* The 27% youth cohort presents a strategic opportunity to transition from physically taxing, seasonal labor toward higher-value roles within the heritage tourism value chain—such as professional interpretation, artisanal performance, and service management. Developing a formal heritage tourism model would provide a more stable and sustainable economic trajectory, ensuring that younger generations can secure their livelihoods without resorting to external labor migration.

5.1. Tourism potential of cultural resources

An Xuan's resource base converts into recognizable tourism value along three tracks. Its festival system offers spiritual-cultural and faith-based tourism experience through the Xuan Thu ceremony and the Cau Ngu festival, and event-tourism appeal through the boat race. Its spiritual-cultural spaces — the

communal house, Van Thanh temple, the communal water-front, the banyan tree, and lineage ancestral halls — offer heritage sightseeing and the kind of photogenic, check-in-style experience that circulates well on social media. Its body of local music and poetry offers a low-cost channel for brand promotion and emotional depth that most rural destinations lack entirely. Positive developments are already visible: the community has mobilized its own resources to restore the communal house and Van Thanh temple and continues to hold the annual festival calendar reliably, while music and video content about the boat race has begun to circulate online and create the first emotional "touchpoints" shaping outside perception of the village brand. This activity now sits within an explicit policy framework, as Hue City's Plan No. 275/KH-UBND (2025), implementing the tourism development project for 2025–2030 with a vision to 2045, and Plan No. 188/KH-UBND (2026) on ecotourism and community tourism development for 2026–2027, both identify culturally rooted, digitally enabled tourism as a priority product group for the city.

5.2. Constraints on current livelihood contribution

Against this potential, three bottlenecks limit what current tourism activity contributes to household livelihoods. The first is promotional fragmentation: outreach remains spontaneous and piecemeal, lacking a long-term positioning strategy or a coherent brand story capable of connecting the village's dispersed cultural assets and reaching higher-value visitor markets. The second is unsynchronized infrastructure and high seasonality: internal roads, docks, and support services such as food and lodging remain limited, and while provincial-level visitor numbers grew strongly through 2025, no detailed micro-level survey of visitor volume or spending exists for An Xuan itself, with most visits arriving spontaneously around the festival calendar rather than being planned or managed. The third is limited community tourism capacity: service skills and professional heritage interpretation are not yet standardized, which keeps resident participation in the tourism value chain low and inconsistent with the responsible-tourism principle that residents, not external operators, should capture the bulk of the benefit.

A SWOT reading of the village's position sharpens this picture. Its strengths are a settlement history of more than 500 years with an intact ancient village structure, a distinctive and highly original festival system, and strong community cohesion around heritage conservation. Its weaknesses are the absence of a systematic branding strategy, limited internal transport, docking, and hospitality infrastructure, and a monotonous, festival-concentrated product offering. Its opportunities lie in the rising national demand for cultural and ecological experiential tourism and in the province's own policy push toward expanded tourism space and heritage digitization. Its threats include intense competition from other craft villages and ancient villages across Hue and the wider Central region, the risk that commercialization could distort the authenticity of ritual practice, and the tendency of young working-age residents to migrate away, which threatens the intergenerational transmission of festival knowledge on which the entire resource base depends.

6. Proposed Integrated Rural Heritage Tourism Model

Addressing the constraints identified above requires more than promotion; it requires a governance model in which cultural identity functions as the foundation generating a brand strategy, operated through a responsible-tourism filter that runs two parallel tracks — artistic communication to build recognition, and community experiential-product development to generate real economic value while reinforcing conservation. Four interdependent components follow from this logic.

6.1. Community-based tourism governance

Applying Tosun's participation typology deliberately, An Xuan should move its tourism governance away from the coercive or induced end of the spectrum toward genuine community self-determination. In practice this means establishing a Community Tourism Management Board that includes ritual custodians, fishing and farming households, boat-team representatives, and commune authorities, tasked with training service skills and heritage interpretation drawn from the village's own collective memory, and with designing a two-way reinvestment mechanism so that revenue generated from heritage-based tourism cycles back into conservation of the communal house, the temple, and the shrines. This directly operationalizes both the sustainable livelihoods framework's institutional layer and Đình Thị Hương

Giang's (2025) two-way heritage-economy loop, and gives the community, rather than external operators, the self-determining role that Ngô Xuân Hào's (2023) responsible-tourism framework treats as a precondition for sustainability.

6.2. Brand positioning and professionalized cultural storytelling

An Xuan needs a consistent visual identity — a logo and slogan — paired with a bank of brand stories that connect the village's 500-year founding history to the formation of its spiritual rituals. This is the foundational step that converts a static cultural resource into a legible, differentiated image in a crowded market of craft villages and ancient villages across Hue and the wider Central region. Training a small cohort of local narrators, drawn from both ceremonial leaders and younger residents, to interpret the Xuan Thu ceremony and the Cau Ngu festival for visitors addresses the succession risk identified in the SWOT analysis by creating a paid heritage-guide role that transmits cultural knowledge as a byproduct of economic activity.

6.3. Digitizing village heritage and artistic communication

The village should build a digital heritage ecosystem: a 3D heritage tourism map of its key sites, and high-quality documentary footage of the Xuan Thu ceremony and the Cau Ngu festival. Because contemporary music and poetry about An Xuan and its boat race already circulate informally, the more efficient step is not to create new content from nothing but to adopt a deliberate audio-branding strategy that amplifies this existing art through digital and social channels, turning it into what the source study describes as a silent brand ambassador that draws visitors toward the physical village. This approach is consistent with recent Vietnamese practice elsewhere, where digital storytelling, 3D-mapped night tours, and multilingual heritage applications have been used to extend cultural sites' reach without requiring large new investment in physical infrastructure.

6.4. Interactive experiential tourism products under responsible-tourism principles

An Xuan should shift from passive sightseeing toward high-interaction tour products such as a guided "day as a resident of the ancient village," built strictly within Ngô Xuân Hào's (2023) responsible-tourism parameters: defined visitor-capacity limits, respect for ritual authenticity, a firm boundary against commercializing sacred content in ways that would distort it, and minimal disruption to residents' daily life. Rather than duplicating the boat-tour and net-casting products already offered by neighboring lagoon communities, An Xuan can differentiate its offering around what is specific to its own ritual calendar — guided participation in the preparatory stages of the Xuan Thu and Cau Ngu ceremonies for visitors willing to observe protocol, and boat-racing demonstrations and training sessions outside the main festival dates — positioning the village as a complement to, rather than a competitor with, other lagoon and craft-village destinations.

7. Discussion: Balancing Conservation and Livelihood Improvement

The literature reviewed above, together with the SWOT threats identified for An Xuan, counsels some caution alongside this proposal. Su, Wall and Xu's (2016) finding that overreliance on heritage tourism can increase a community's vulnerability suggests that An Xuan's existing fishing and farming livelihoods should be treated as a buffer to retain rather than a legacy sector to phase out as tourism grows; the sustainable livelihoods framework's emphasis on diversified capital, not single-sector specialization, applies directly here. Mzembe's (2023) warning about conservation policy inadvertently excluding local communities is equally relevant given the SWOT-identified risk that commercialization could distort the authenticity of An Xuan's rituals: any future heritage-recognition or promotion process would need to build in local governance rights from the outset, consistent with Ngô Xuân Hào's (2023) responsible-tourism standard, rather than treating recognition purely as a marketing asset layered on afterward. The threat of youth out-migration adds a time-sensitive dimension that the other constraints do not: unlike infrastructure or branding, the intergenerational knowledge required to perform the Xuan Thu and Cau Ngu rituals authentically cannot be rebuilt once lost, which is why this paper treats the heritage-interpretation and narrator-training component of Section 6.2 as inseparable from the livelihoods argument rather than a secondary marketing add-on.

8. Conclusion

An Xuan village holds a cultural and ecological resource base — a settlement history of more than 500 years, an intact ritual calendar, a distinctive communal architecture, and an organically growing body of local art — that is already recognized within Hue's own tourism planning documents as a priority for culturally rooted, digitally enabled development. Its current tourism activity nonetheless remains fragmented, seasonal, and constrained by limited infrastructure and community capacity, with no benefit flowing reliably to the households whose livelihoods this paper is concerned with. Converting cultural resources into sustainable livelihoods will depend less on the intrinsic appeal of the Xuan Thu ceremony, the Cau Ngu festival, or traditional boat racing than on whether An Xuan builds the governance, storytelling, digital, and product-design infrastructure to support them, while keeping ritual custodianship and conservation control in the hands of the community itself. The integrated model proposed in this paper, grounded in the sustainable livelihoods framework, destination-branding theory, and responsible-tourism governance, offers one pathway toward that outcome, and may prove applicable to other satellite rural villages around Hue and the wider Central Vietnam region facing the same gap between cultural richness and livelihood outcomes.

References

- Arnstein, S. R. (1969). A ladder of citizen participation. *Journal of the American Institute of Planners*, 35(4), 216–224.
- Blain, C., Levy, S. E., & Ritchie, J. R. B. (2005). Destination branding: Insights and practices from destination management organizations. *Journal of Travel Research*, 43(4), 328–338.
- Đinh Thị Hương Giang. (2025). *Mối quan hệ giữa di sản văn hóa và phát triển kinh tế - xã hội ở Việt Nam hiện nay (Nghiên cứu trường hợp khu phố cổ Hà Nội và khu phố cổ Hội An)* [Doctoral dissertation]. Ho Chi Minh National Academy of Politics.
- Hall, S. (1990). Cultural identity and diaspora. In J. Rutherford (Ed.), *Identity: Community, culture, difference* (pp. 222–237). Lawrence & Wishart.
- Hue City People's Committee. (2025). Plan No. 275/KH-UBND dated 25 June 2025 on implementing the Project "Development of Tourism and Tourism Services of Hue City for the Period 2025–2030, with a Vision to 2045."
- Hue City People's Committee. (2026). Plan No. 188/KH-UBND dated 2 April 2026 on the development of ecotourism and community tourism in Hue City for the period 2026–2027.
- Hue City Department of Tourism. (2025). Summary report on tourism development in 2025 and orientation for 2026 tasks.
- Mzembe, A. W. (2023). The institutional antecedents of sustainable development in cultural heritage tourism. *Sustainable Development*. Wiley Online Library.
- Ngô Xuân Hào. (2023). *Nghiên cứu phát triển sản phẩm du lịch có trách nhiệm tại Phú Quốc, tỉnh Kiên Giang* [Doctoral dissertation]. University of Social Sciences and Humanities, Vietnam National University, Hanoi.
- Scoones, I. (1998). Sustainable rural livelihoods: A framework for analysis. IDS Working Paper 72. Brighton: Institute of Development Studies.
- Shen, F., Hughey, K. F. D., & Simmons, D. G. (2008). Connecting the sustainable livelihoods approach and tourism: A review of the literature. *Tourism and Hospitality Planning & Development*.
- Su, M., Wall, G., & Xu, K. (2016). Heritage tourism and livelihood sustainability of a resettled rural community: Mount Sanqingshan World Heritage Site, China. *Journal of Sustainable Tourism*, 24(5), 735–757.
- Tosun, C. (1999). Towards a typology of community participation in the tourism development process. *Anatolia*, 10(2), 113–134.
- Tosun, C. (2005). Shortcomings in planning approaches to tourism development in developing countries: the case of Turkey. *Geoforum*, 36(3), 333–352.
- Tran, H. T., & Vo, M. T. (2026). Exploiting local cultural identity values in destination branding: A case study of traditional festivals in An Xuan village, Quang Dien commune, Hue City [Companion manuscript].

SAFEGUARDING AND PROMOTING THE CULTURAL VALUES OF AN XUAN VILLAGE, HUE CITY, FOR SUSTAINABLE DEVELOPMENT IN AN ERA OF GLOBALIZATION**Phd. Tran Huu Thang**Faculty of Law and Politics, Industrial University of Ho Chi Minh City
ORCID: 0000-0002-3368-0431**M.A. Nguyen Thi Lua**

Science Management and International Affairs, Industrial University of Ho Chi Minh City

Abstract

An Xuan Village, on the outskirts of Hue City, is one of the few settlements in central Vietnam where ritual, craft, and communal memory still operate as parts of everyday life rather than as museum pieces. Its ceremonial calendar, most visibly the Xuan Thu spring rites, the Cau Ngu whale-worship festival, and the river boat races that accompany them, has survived five centuries of political change, yet it now faces a subtler test: whether an economy built on out-migration and informal, seasonal tourism can be reorganized around the very heritage that outsiders find so compelling. This paper re-examines that tension. Rather than treating An Xuan's assets as a fixed inventory to be catalogued, the study asks what kind of governance and branding would let the village convert cultural recognition into durable household income without hollowing out the practices that make the recognition possible in the first place. Drawing on Hue's municipal tourism plans, recent Vietnamese and international research on community-based tourism, and the sustainable-livelihoods literature as applied to living heritage sites, the paper proposes an integrated model built on three pillars — professionalized storytelling by local custodians, selective digital documentation, and tightly bounded interactive experiences — set within a governance arrangement that keeps revenue decisions in the hands of ritual custodians, farmers, and fishers. The paper closes by considering what this case implies for other Vietnamese heritage villages under comparable demographic and economic pressure.

Keywords: living heritage; community-based tourism; sustainable livelihoods; cultural identity; An Xuan Village; Hue City; globalization

1. Introduction

Administratively, An Xuan now sits within the reorganized Quang Dien commune of Hue City, but its cultural boundaries are older than the map that currently contains it. Local accounts trace the village's formation to the Nguyen lords' southward settlement of the former Thuan Hoa region, and the built and ritual landscape that survives — the communal house, the Van Thanh temple, several lineage ancestral halls, and a wetland-adapted settlement pattern — still functions as a working reference point for the community rather than a static relic. What UNESCO's 2003 Convention for the Safeguarding of the Intangible Cultural Heritage calls "living heritage" is a reasonably precise description of what is happening in An Xuan: practices that communities themselves recognize as heritage, and that are "constantly recreated... in response to their environment" (UNESCO, 2003). The Xuan Thu ceremony, the Cau Ngu festival, and the associated boat races are not staged for visitors; they are performed because the village still organizes part of its social life around them.

That said, the same practices that give An Xuan its distinctiveness have not yet translated into anything like a stable local economy. Tourism activity around the village is currently ad hoc — a handful of self-organized boat trips, occasional photographers, and word-of-mouth visits timed to the ritual calendar — with no institutional structure connecting it to household income in a predictable way. Meanwhile the wider picture for Hue is anything but stagnant: the municipal Department of Tourism reported roughly 6.3 million visitor arrivals to the city in 2025 (Hue City Department of Tourism, 2025), and Hue's People's Committee has since issued Plan No. 188/KH-UBND (2026), which explicitly directs ecotourism and community-based tourism development for the 2026–2027 period. An Xuan is, in other words, sitting next to a growing regional tourism economy without yet having the institutional footing to draw on it.

This creates a specific empirical question. Heritage tourists visiting Hue tend to seek out precisely the kind of texture An Xuan can offer — Nguyen and Cheung's (2013) profile of heritage tourists to Hue found that a meaningful share of visitors are drawn less by monuments per se than by opportunities to engage with living cultural practice, a pattern that favors villages like An Xuan over the more heavily commercialized Citadel core. The gap, then, is not one of appeal but of organization: who decides how visitors are received, where the resulting income goes, and how much of the ritual calendar is allowed to shift in response to demand. The paper takes up two linked questions. First, how might An Xuan's cultural-ecological assets be packaged into a coherent destination identity without converting ritual into performance for its own sake? Second, what governance arrangement would let tourism revenue flow back to the people who sustain the rituals rather than to intermediaries? The remainder of the paper works through a theoretical framework for both questions, describes the present state of An Xuan's cultural assets, proposes an integrated model for their sustainable use, and discusses what the case suggests for comparable villages elsewhere in Vietnam.

2. Theoretical Framework

2.1. Cultural Identity and Destination Image Under Globalization

Globalization's effect on local culture is often described in binary terms — either homogenizing erasure or straightforward commodification — but Tomlinson's (1999) account of "deterritorialization" offers a more useful lens for a case like An Xuan. Tomlinson argues that globalization does not so much destroy local culture as detach cultural experience from a fixed physical or temporal location, so that practices once bound tightly to a single place become simultaneously more visible to outsiders and more exposed to reinterpretation. An Xuan illustrates both sides of this at once: contemporary poetry and music referencing the village have begun to circulate well beyond it, functioning as informal brand ambassadors, while the underlying rituals remain rooted in a specific calendar and a specific stretch of river. The risk is not that the village's identity will be erased but that it will be pulled loose from local control precisely as it becomes more marketable.

For destination branding purposes, this means An Xuan's competitive position rests less on visual signage or a marketing slogan than on whether visitors can plausibly encounter something unscripted. Nguyen and Cheung's (2013) Hue study is again instructive here: their classification of heritage tourists suggests that visitors to the city are not a single undifferentiated market, and that the segment most receptive to villages like An Xuan is one already looking for lived rather than curated heritage. A destination identity for An Xuan therefore has to be built around authenticity as a design constraint, not an afterthought — which has direct implications for how much staging the strategic model proposed later in this paper can tolerate.

2.2. Sustainable Livelihoods and Living Heritage

The paper's second theoretical anchor concerns how heritage can be converted into household income without degrading the heritage itself. Liu, Wang, Dupre, and McIlwaine (2022), studying the Fujian tulou World Heritage cluster in China, adapted the sustainable livelihoods framework specifically for living heritage contexts and found that heritage conservation regimes — even well-intentioned ones — can unintentionally erode local livelihoods when residents are repositioned as caretakers of a relic rather than as ongoing occupants of a lived space. Their central warning, that a site can be preserved for visitors while being made less livable for residents, is directly relevant to An Xuan, where the boat races and ritual labor that make the village distinctive are also, quite literally, physical work performed by specific households.

A more encouraging comparison comes from recent Vietnamese fieldwork. Luc, Nguyen, Pham, Le, Tran, and Nguyen (2026) surveyed 320 residents across three community-based tourism sites in Ba Vi, Lao Cai, and Lam Dong, and found that indigenous cultural values and supportive local policy improve household livelihoods primarily by generating employment, while community participation is driven more by awareness, human-resource capacity, and access to finance. Applied to An Xuan, this suggests that livelihood gains will not follow automatically from cultural visibility; they depend on whether tourism activity is structured to create actual paid roles — narrators, boatmen, craft demonstrators — rather than simply drawing spectators to a free public event. Đinh (2025), examining the relationship

between heritage and socio-economic development in Hanoi's Old Quarter and Hoi An, reaches a compatible conclusion: heritage-based economic activity and conservation reinforce one another only when revenue is deliberately cycled back into the maintenance of the heritage assets that generated it, rather than being captured by outside operators.

2.3. Community-Based Governance of Heritage Tourism

The governance question — who runs the tourism, and on what terms — is where the community-based tourism (CBT) literature becomes most directly useful. Jackson's (2025) review of CBT across Nepal, Kenya, Costa Rica, South Korea, and Zimbabwe links the model explicitly to the United Nations Sustainable Development Goals on poverty and decent work, arguing that CBT works when local residents hold real decision rights over how tourism is organized, not merely a consultative role. Krittayaruangroj, Suriyankietkaew, and Hallinger's (2023) bibliometric review of 869 Scopus-indexed studies on sustainable community-based tourism identifies stakeholder participation, decision-making, and heritage conservation as the dominant research themes in the field — evidence that the governance question this paper is asking about An Xuan is also the question most of the current literature is asking. Tuyen, Phan, Hieu, and Le Anh's (2025) subsequent bibliometric and systematic review of three decades of CBT research adds a caution: much of the literature remains theoretically fragmented, with individual case studies rarely built on an integrative framework — a gap this paper tries to avoid by tying its proposals explicitly to the sustainable-livelihoods and destination-branding frameworks above rather than treating governance as a standalone checklist.

On the specific mechanics of heritage governance, Liorančaitė-Šukienė and Jurėnienė (2025) compared Lithuanian community heritage initiatives against the Australian Heritage Council, ANZECC, and EU management models, and found that grassroots initiatives preserve heritage most reliably when they are eventually formalized into organizational structures with defined roles, rather than left as informal volunteer efforts — formalization, counterintuitively, is what protects authenticity rather than what threatens it. Mzembe (2023) reaches a related conclusion from a broader institutional-theory perspective, identifying governance mechanisms, community agency, and the influence of supranational or national policy frameworks as the three institutional antecedents of sustainable cultural heritage tourism. Locally, Ngo (2023) developed operational standards for responsible tourism product development in Phu Quoc that emphasize the same principle: heritage-based tourism products should be structured so that custodians and residents retain the primary share of benefits, with visitor-facing activity constrained by capacity limits rather than allowed to expand until it displaces the underlying practice.

3. The Contemporary State of Cultural Assets in An Xuan Village

3.1. An Inventory That Is Also a Living Repository

An Xuan is administratively a residential cluster within Hue's expanding urban periphery, but culturally it still reads as a distinct village with its own spatial logic. The communal house, the Van Thanh temple, and a set of lineage ancestral halls are arranged in a pattern that reflects both geomantic convention and practical adaptation to the surrounding wetland — a five-hundred-year settlement history embedded directly in the built environment (Ngo, 1998, offers a broader account of this pattern across Hue's cultural landscape). These structures are not treated as isolated monuments; they anchor an annual ritual calendar in which the Xuan Thu spring ceremony and the second-lunar-month Cau Ngu festival function as the primary occasions for communal gathering and intergenerational continuity. The boat racing that accompanies Cau Ngu is arguably the most legible of these practices to an outside visitor: rowing, drumming, and locally built boats turn a stretch of river into a shared civic stage, and the skills involved — boat construction in particular — are themselves a form of intangible heritage that depends on active transmission rather than static preservation.

3.2. The Globalization Paradox: Visibility Without Security

An Xuan's present situation combines unusually high potential visibility with unusually thin institutional protection. On one hand, Hue's Plan No. 188/KH-UBND (2026) names ecotourism and community-based tourism as municipal priorities for 2026–2027, and Plan No. 275/KH-UBND (2025) sets out a broader ten-year tourism development strategy for the city through 2045 — both of which position a

village like An Xuan as a plausible beneficiary of policy attention it did not previously have. Contemporary artistic work referencing the village's rituals is also beginning to circulate digitally, giving An Xuan a kind of reputational visibility that costs the village nothing to produce but that it also does not control.

On the other hand, the demographic base that sustains the ritual calendar is thinning. Working-age residents are migrating toward industrial employment at a pace that puts real pressure on the transmission of ritual knowledge and, more specifically, on traditional boat-building skills, which require years of informal apprenticeship rather than something that can be taught in a single course. Left unmanaged, this creates a real risk of what might be called ceremonial fossilization — rituals continuing to be performed, but increasingly as a performance staged for a visiting audience rather than as an expression of ongoing communal life. This pattern is not unique to An Xuan: a 2022 overview from Communist Review on cultural heritage tourism among Vietnam's ethnic minority communities describes a broadly similar dynamic elsewhere in the country, in which strong cultural assets and growing tourist interest coexist with weak institutional capacity to manage the transition (Tập chí Cộng sản / Communist Review, 2022). Meanwhile, even as Hue's overall tourism sector expanded to roughly 6.3 million arrivals in 2025, there is no indication that this growth has yet reached An Xuan's households in any measurable way (Hue City Department of Tourism, 2025) — the village's cultural capital is, in short, currently undervalued relative to its actual drawing power, and increasingly time-limited in how long that capital can be expected to hold without institutional support.

4. Strategic Models for Sustainable Exploitation

4.1. An Integrated Rural Heritage Tourism Model

Addressing the fragmentation described above requires more than adding An Xuan to a regional tourist map; it requires treating cultural identity as the organizing logic of the destination rather than an amenity attached to it after the fact. Three interventions follow from the theoretical discussion above.

- Professionalized cultural storytelling: An Xuan should build a structured bank of narrative material connecting the village's five-century formation history to its present-day ritual practice, and should train local narrators — drawing on both ceremonial custodians and younger residents — as paid interpreters rather than volunteers. This directly answers the livelihood-generation gap identified by Luc et al. (2026): a narrator role converts cultural knowledge into an actual job, which is what determined livelihood improvement in their Vietnamese CBT sample, and gives younger residents a specific, non-agricultural reason to remain in the village.
- Selective heritage digitization: rather than an open-ended digitization program, the village should prioritize documentation that extends reach without requiring physical infrastructure — 3D mapping of the communal house and ancestral halls, and high-quality video documentation of the Xuan Thu and Cau Ngu ceremonies. Consistent with Tomlinson's (1999) account of deterritorialized culture, this lets An Xuan's identity travel to distant audiences without pulling more physical visitor traffic into a site that cannot yet absorb it.
- Bounded interactive experiences: visitor activity should be organized around a small number of high-interaction formats — for instance, a supervised day spent alongside a host household — with explicit caps on daily visitor numbers and clear rules about which ritual moments remain closed to outside observation. This follows Ngo's (2023) responsible-tourism principle that capacity limits, not just revenue targets, are what protect authenticity.

4.2. Governance and Economic Sustainability

None of the above works without a governance structure to run it. The framework proposed here has three components. First, a Community Tourism Management Board should be established with formal representation from ritual custodians, farmers, fishers, and commune authorities, giving the board authority over service standards and over which activities are permitted to expand. This follows directly from Liorančaitė-Šukienė and Jurėnienė's (2025) finding that formal organizational structure, not informal volunteerism, is what allows grassroots heritage initiatives to persist. Second, a defined reinvestment mechanism should route a fixed share of tourism revenue back into maintenance of the communal house, the Van Thanh temple, and the ancestral halls — the same reinvestment loop that

Đinh (2025) identifies as the condition under which heritage and economic development reinforce rather than undermine each other. Third, the board should operate under the responsible-tourism standards Ngo (2023) developed for Phu Quoc, which prioritize household benefit-capture and set explicit limits on how far commercialization is allowed to reshape sacred practice. Together, these three elements are meant to keep decision-making inside the community that bears the cost of ritual maintenance, rather than allowing it to migrate toward outside tour operators as visitor numbers grow.

5. Discussion: From Local Resilience to Regional Integration

5.1. Adapting Without Diluting

An Xuan's cultural resilience so far has not come from isolation; it has come from the community's willingness to let new artistic and musical forms attach themselves to old rituals without displacing them. The clearest present threat to that balance is demographic rather than cultural — the migration of working-age residents means the risk to intergenerational knowledge transmission is now a matter of years, not decades. Professionalizing the narrator and craft-demonstrator roles described in Section 4.1 is one direct response to this timeline: it turns knowledge transmission into paid work rather than leaving it dependent on unpaid intergenerational goodwill, which the evidence from Luc et al. (2026) suggests is the more reliable lever for retaining people.

5.2. Livelihood Diversification, Not a Single Solution

Heritage tourism should be understood as one element of household livelihood diversification rather than a substitute for existing agricultural and fishing income — a distinction Mzembe (2023) frames in institutional terms as the difference between governance that expands community agency and governance that merely adds a new revenue stream administered from outside. Conservation policy for An Xuan needs to be designed deliberately to avoid excluding households that are not directly involved in ritual custodianship, a risk flagged more broadly in Liu et al.'s (2022) account of how heritage designation can unintentionally narrow who benefits from a living heritage site. Positioning An Xuan as a complementary stop alongside larger destinations — the lagoon systems and craft villages already established in the Hue tourism circuit — rather than as a stand-alone attraction competing for the same visitor volume, is consistent with both Hue's Plan No. 275/KH-UBND (2025) and Plan No. 188/KH-UBND (2026), and with the companion case-study fieldwork on branding traditional festivals in An Xuan reported by Tran and Vo (2026). Read together, the municipal planning documents and the emerging Vietnamese CBT literature point toward the same conclusion: An Xuan's advantage in the Hue tourism market is authenticity at a small, governable scale, and the institutional task ahead is to protect that scale rather than to outgrow it.

References

- Đinh, T. H. G. (2025). The relationship between cultural heritage and socio-economic development in Vietnam today (Case studies of Hanoi Old Quarter and Hoi An Ancient Town) [Doctoral dissertation, University of Culture]. Ho Chi Minh National Academy of Politics, Hanoi.
- Hue City Department of Tourism. (2025). Summary report on tourism development in 2025 and orientation for 2026 tasks. Hue City People's Committee.
- Hue City People's Committee. (2025). Plan No. 275/KH-UBND dated June 25, 2025, on implementing the Project "Development of Tourism and Tourism Services of Hue City for the Period 2025–2030, with a Vision to 2045."
- Hue City People's Committee. (2026). Plan No. 188/KH-UBND dated April 2, 2026, on the development of ecotourism and community-based tourism in Hue City for the period 2026–2027.
- Jackson, L. A. (2025). Community-based tourism: A catalyst for achieving the United Nations Sustainable Development Goals One and Eight. *Tourism and Hospitality*, 6(1), Article 29. <https://doi.org/10.3390/tourhosp6010029>
- Krittayaruangroj, K., Suriyankietkaew, S., & Hallinger, P. (2023). Research on sustainability in community-based tourism: A bibliometric review and future directions. *Asia Pacific Journal of Tourism Research*, 28(9), 1031–1051. <https://doi.org/10.1080/10941665.2023.2276477>

- Liorančaitė-Šukienė, A., & Jurėnienė, V. (2025). *Heritage management models for sustainable community tourism development*. *Tourism and Hospitality*, 6(2), Article 111. <https://doi.org/10.3390/tourhosp6020111>
- Liu, Y., Wang, Y., Dupre, K., & McIlwaine, C. (2022). The impacts of world cultural heritage site designation and heritage tourism on community livelihoods: A Chinese case study. *Tourism Management Perspectives*, 43, Article 100994. <https://doi.org/10.1016/j.tmp.2022.100994>
- Luc, M. H., Nguyen, Q. V., Pham, T. V., Le, T. H. H., Tran, T. G., & Nguyen, T. H. L. (2026). How community-based tourism supports sustainable livelihoods: The mediating roles of community participation and tourism-related employment. *Tourism and Hospitality*, 7(2), Article 37. <https://doi.org/10.3390/tourhosp7020037>
- Mzembe, A. W. (2023). *The institutional antecedents of sustainable development in cultural heritage tourism*. *Sustainable Development*, 31(4), 2196–2211. <https://doi.org/10.1002/sd.2565>
- Ngo, X. H. (2023). Research on developing responsible tourism products in Phu Quoc, Kien Giang province [Doctoral dissertation]. University of Social Sciences and Humanities, Vietnam National University, Hanoi.
- Nguyen, T. H. H., & Cheung, C. (2013). The classification of heritage tourists: A case of Hue City, Vietnam. *Journal of Heritage Tourism*, 9(1), 35–50. ISSN 1743-873X (Print), 1747-6631 (Online). <https://doi.org/10.1080/1743873X.2013.818677>
- Tạp chí Cộng sản [Communist Review]. (2022, January 10). Preserving and promoting cultural heritage values in heritage tourism development among ethnic minority communities. https://www.tapchicongsan.org.vn/web/english/culture-society/-/asset_publisher/nI7yCFQ01T3T/content/preserving-and-promoting-cultural-heritage-values-in-heritage-tourism-development-among-ethnic-minority-communities
- Tomlinson, J. (1999). *Globalization and culture*. University of Chicago Press. ISBN 978-0-226-80767-6.
- Tran, H. T., & Vo, M. T. (2026). Exploiting local cultural identity values in destination branding: A case study of traditional festivals in An Xuan village, Quang Dien commune, Hue City [Companion manuscript].
- Tuyen, Q. D., Phan, C.-N., Hieu, N. D., & Le Anh, T. (2025). How has community-based tourism evolved over three decades (1995–2025): A bibliometric and systematic literature review on evolution and future research directions. *Sustainable Development*, 33(6), 8870–8893. <https://doi.org/10.1002/sd.70118>
- UNESCO. (2003). *Convention for the Safeguarding of the Intangible Cultural Heritage*. United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization. <https://ich.unesco.org/en/convention>
- UNESCO Intangible Cultural Heritage. (n.d.). Sustainable development and living heritage. <https://ich.unesco.org/en/sustainable-development-and-living-heritage>

**3D INFORMATION PRODUCTION AND VISUALIZATION TECHNOLOGIES FOR
INSTIGATING CITIZENS' READING AND WRITING AND DIGITAL EDUCATION
PROCESSES****Prof. Dr. Jorge Ferreira FRANCO**

Grupo Internacional e Interinstitucional de Pesquisa em Arte, Ciência e Tecnologia – Instituto de Artes, Universidade Estadual Júlio de Mesquita Filho – GIIP-IA-UNESP, São Paulo, Brasil.

Understanding Artificial Intelligence - Cátedra Alfredo Bosi de Educação Básica - Instituto de Estudos Avançados da Universidade de São Paulo – UAI-IEA-USP, São Paulo, Brasil.

Escola de Ensino Fundamental Ernani Silva Bruno – Secretaria Municipal de Educação – Prefeitura Municipal de São Paulo - ESB-SME-PMSP, São Paulo, Brasil.

ORCID ID: 0000-0001-9449-9831

ABSTRACT

One of the challenges of contemporary education is how to instigating, establishing and sustaining balanced individuals' reading and writing trajectories encompassing enhancements in cognitive and technical skills for dealing with analogue and emerging digital technologies. Wolf's investigation (2019) has proposed that one way of reducing such problem, it is to provide opportunities for citizens learning to think, read and write through conventional print process. Plus, in a parallel mood, a key for decreasing the mentioned situation, it is ones to developing digital education based abilities related to creating graphical arts and codifying. The objectives of this work are to present examples and examine how such propose can and has been achievable within situated teaching and learning actions at K-12 education levels and beyond. This study methodology has been connected with a mix of concepts such as situated learning (Illeris, 2008), dialogic education action (Freire, 2016), mind plasticity and learning (Rotta et al., 2018) and Computational Action (2026). It includes, a process of qualitative literature research for identifying use cases and emerging information production and visualization technologies (IPVT) applied on subjects' education trajectories (Franco, 2026a). Results of this study have been achieving accessible, low cost, however, high quality ways of applying emerging IPVT for instigating research, read and write multimodal texts (Ribeiro, 2021), through using analogue and digital technologies. It includes inspiring and sustaining individuals' engagement in collaborative and co(creative) three-dimensional (3D) virtual environments processes based on applying transdisciplinary knowledge (Franco, 2023). These have meant opportunities for promoting ordinary citizens' incremental access to acquiring and applying knowledge referent to the digital twins concept and its practices (Wikipedia Digital Twin, 2026) across reading and writing computer programming language source code and visualizing its 3D symbolic representation (Franco, 2026, b), contributing for engaging individuals in media information communication literacy and digital education trajectories, bringing about empowering citizens (UNESCO, 2022; UNESCO, 2026).

Keywords: reading and writing through coding, visual and spatial literacy, computer programming, human computer interaction

INTRODUCTION

One of the challenges of contemporary education is how to instigating, establishing and sustaining balanced individuals' reading and writing trajectories encompassing forms of stimulating enhancements in educators and students' cognitive and technical skills for dealing with analogue and emerging digital technologies. Wolf's investigation (2019) has proposed that one way of reducing such problem, it is to provide opportunities for citizens learning to think, read and write through conventional print process. Plus, in a parallel mood with print process, a key for decreasing the mentioned situation, it is instigating individuals to develop their digital education and media literacy based abilities related to creating graphical arts and codifying, as has highlighted the sequence in figures 1 and 2.

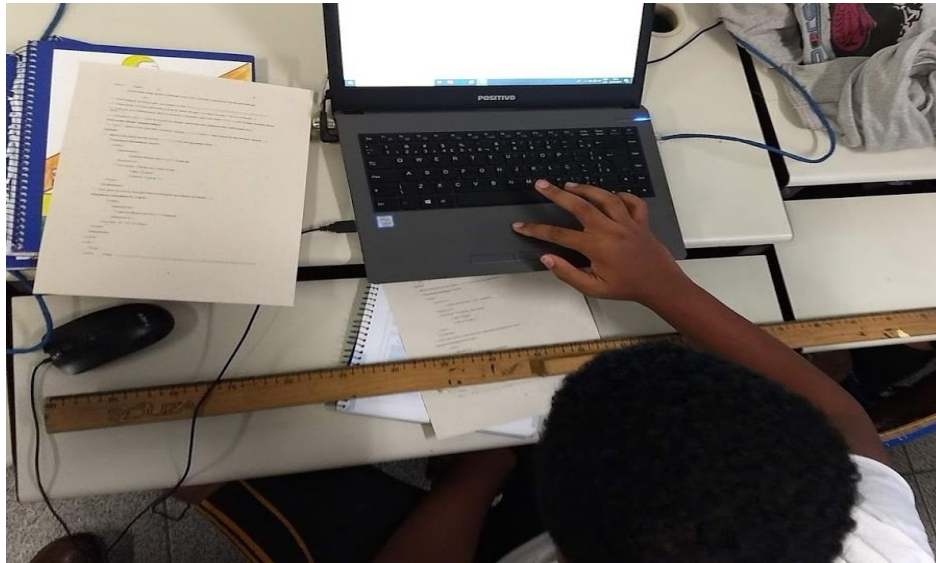


Figure 1. A K-12 education level student applying both analogue and digital technology

Source: Franco (2020 a)

<http://wg20.criticalcodestudies.com/index.php?p=/discussion/98/programming-3d-virtual-reality-environments-at-k12-levels-through-using-web3d-based-languages>

Beyond codifying, prioritizing to think about highlighting computer programming techniques, to provide human computer interaction (HCI) and human to human communication through dialogic reading and writing a source code as well as visualizing and modifying its 3D symbolic representation in dialogue with scientific curricular concepts development, can and have enhanced educators and students' cognitive and technical skills for reflecting and dealing with analogue as well as emerging digital technologies, in figures 1, 2 and 3.

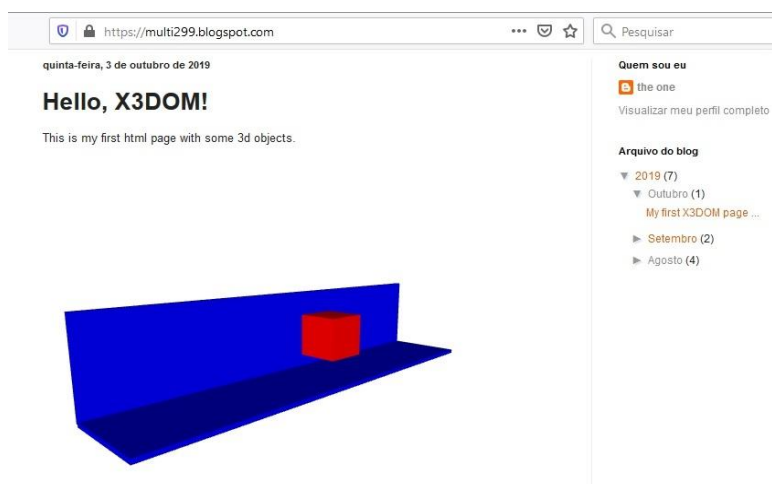


Figure 2. An example of 3D symbolic representation which can be constructed and modified, in real time, through direct manipulation of the source code written in figure 1

Source: Franco (2020 a).

<http://wg20.criticalcodestudies.com/index.php?p=/discussion/98/programming-3d-virtual-reality-environments-at-k12-levels-through-using-web3d-based-languages>

OBJECTIVES

The objectives of this work have been to present examples and examine how the propose of instigating individuals to develop digital education based abilities related to creating graphical arts and codifying

can and has been achievable within situated teaching and learning actions, at K-12 education levels and beyond.

METHODOLOGY AND STRATEGIES

This study methodology and strategies have been connected with experiential learning, participatory observation and ethnographic research (Franco, 2020 b). It includes to apply a mix of concepts such as situated learning (Illeris, 2008), dialogic education action (Freire, 2016), mind plasticity and learning based on a definition of plasticity as the brain's dynamic ability to alter its structure and function in response to environmental demands, learning, and sensory experiences. Hence, this lifelong capacity allows individuals' neural networks to adapt, create new connections, and reorganize pathways (Rotta et al., 2018).

Then, it has been inferred that complex mental operations, such as subjects' attitudes encompassing their situated learning trajectories connecting scientific transdisciplinary concepts (as mathematics, an artificial computer language (Extensible 3D – X3D) and natural languages (English/Portuguese), and geometry) with the composition of textual computer programming or coding, for creating / producing and visualizing 3D objects and or 3D digital spaces, as for example in figure 2, throughout learning activities, such as illustrated in figures 1 and 3, tend to be good moods for stimulating subjects' brain plasticity activities throughout more complex reading, writing and visualizing proceedings.

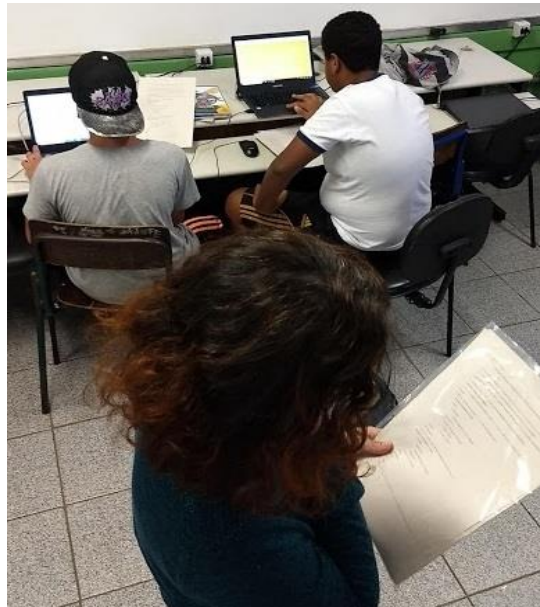


Figure 3. An example of computational educommunication practice (CEP) encompassing digital education and media literacy learning

Source: Franco (2020 a).

<http://wg20.criticalcodestudies.com/index.php?p=/discussion/98/programming-3d-virtual-reality-environments-at-k12-levels-through-using-web3d-based-languages>

In addition, applying the concept of Computational Action (2026) and identifying its use as fundamental for implementing cases of computational education / educommunication practices (CEP) like in figures 1 and 3, can and have been effective forms for engaging a subject like this paper author with and sustaining a process of qualitative literature research. And through such research to find use cases related to utilizing Web3D-based emerging information production and visualization technologies (IPVT) applied on subjects' digital education, including media and information communication literacy learning trajectories (Franco; Lopes, 2012; Franco, 2020 a, b; 2026a, b).

At some extent, the concept of Computational Action (2026) has in its roots, inclusive, critical and participatory alphabetization / literacy proceedings (Freire, 2005), which have been connected with computational educommunication practices (CEP) with support of a contemporary idea of 'envisioning computing education that both teaches and empowers'.

Among other educators' studies (Tissenbaum, Sheldon, Abelson, 2019), Computational Action and its practices have been implemented based on Paulo Freire's investigation referent to practical and participatory education addressing how to instigate individuals' deepen literacy improvements.

Such investigation has been expressed through a concept which is '*termed the 'pedagogy of the oppressed', a pedagogy which must be forged with, not for, the oppressed (be they individuals or whole peoples) in the incessant struggle to regain their humanity. This pedagogy makes oppression and its causes objects of reflection by the oppressed, and from that reflection will come their necessary engagement in the struggle for their liberation. And in the struggle this pedagogy will be made and remade*' (Freire, 2005, p.46), like an example of an in service educator training advanced reading and writing by collaborating and (co)creating with this paper author, as well as sharing emerging and advanced information production and visualization technologies (IPVT) conceptual and practical knowledge with students in a before school project called "Programming Club with Art and Culture" / '*Clube da Progrmação com Arte e Cultura*', materialized at Ernani Silva Bruno Primary School computers lab in figure 3.

RESULTS

Results of this study have been achieving accessible, low cost, however, high quality ways of applying emerging and advanced information production and visualization technologies (IPVT) for instigating subjects research, read and write multimodal texts (Ribeiro, 2021), through using analogue and digital technologies. It includes inspiring and sustaining individuals' engagement in collaborative and co(creative) three-dimensional (3D) virtual environments processes based on applying transdisciplinary knowledge (Franco, 2023). For instance, the mentioned in service educator which has developed her three dimensional (3D) computing graphics coding skills for creating 3D digital content. Through enhancing such conceptual and technical 3D computer graphics skills, she has also ameliorating her spatial thinking and visual abilities. Beyond that, she has conquered confidence and knowledge empowerment for educating other students how to produce 3D computing interfaces or digital environments with support of advanced, however, accessible, Web3D-based technologies, such as the X3dom platform (2026) and Blogger, in figure 4.

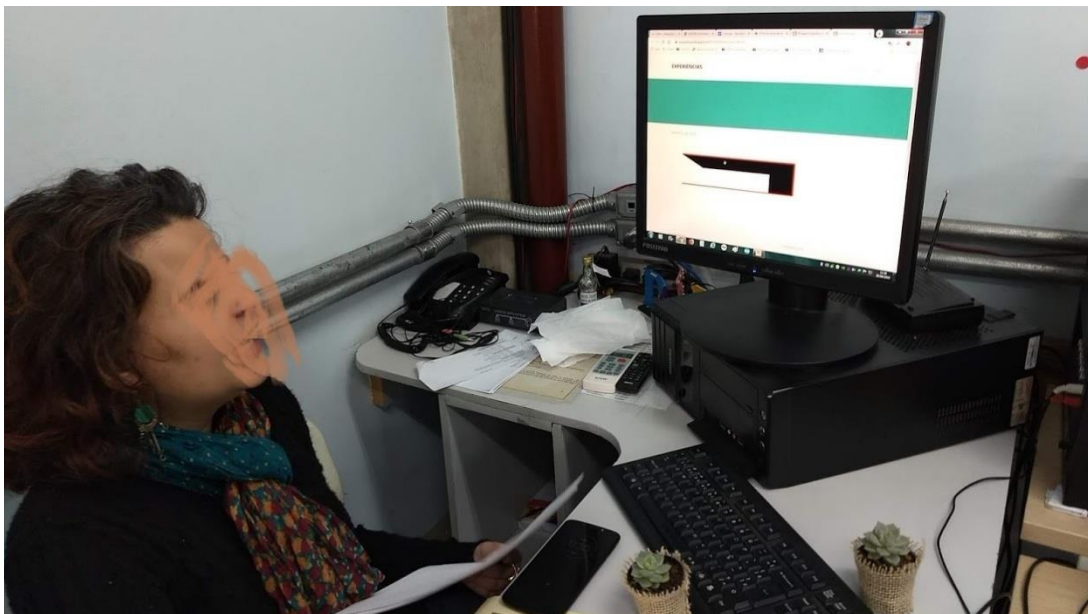


Figure 4. Educator, in service, enhancing her 3D computer graphics coding, visual literacy and spatial thinking skills

Source: Franco (2020 a).

<http://wg20.criticalcodestudies.com/index.php?p=/discussion/98/programming-3d-virtual-reality-environments-at-k12-levels-through-using-web3d-based-languages>

The mentioned educator's advanced write and read 3D computer graphics programming skills, including ameliorated capacity for sharing IPVT knowledge inside and outside Ernani Primary School, can be comprehended as teaching and learning proceedings for social justice, which should be integrated in the curriculum since the beginning of K-12 education levels (Franco et al. 2006).

The examples presented and discussed in this paper have indicated that can and have been effective the strategy of using IPVT on individuals' education trajectories. Such strategy can and has extended within an effective way what Wolf (2024), in her research about the 'reading brain', has examined and called opportunities which have enhanced individuals' reading skills, as reading for social justice (Wolf, 2022, 2026).

Public state schools have the potential of scaling access to advanced computing education. It seems that worth it investing in training educators using emerging information production and visualization technologies. In particular, Web3D based ones have been updated to interoperate with technologies which have also been part of the digital transformation, such as the Artificial Intelligence (AI) one (Web3D Consortium, 2026). Beyond that, many Web3D information production and visualization resources, can be used as open educational resources (OER) (UNESCO, 2022) for promoting and sustaining citizens' advanced and complex reading and writing skills, considering that many of Web3D technologies can be used as open source resources for education proposes.

Back to the in service educator example case, her lifelong learning attitude and engagement, has been an empirical evidence that has highlighted the above statement.

Her Web3D-based IPVT knowledge acquired through collaborative and (co)creative computing educommunication practices (CEP) and studies with this paper researcher and K-12 education students, as in figures 1 and 3, inside a computers lab of a Primary School's territory daily life by her function as a Technology for Learning Educator / Facilitator.

Such CEP and studies supported her experimental work with secondary education students during the pandemic period related to COVID19.

Then, about her investigation and real world implementations she has argued that *"we investigated a method of teaching programming languages, with high school students, based on the premised that teaching computer programming – understood as language teaching – is directly related to the type of approach taken. In this research proposes a study of case through an approach in which the student types the codes, using advanced three dimensional information production and visualization technology (A3DIPVT). The methodology uses as tools the Blogger platform HTML editor and X3Dom framework – allowing simultaneously the typing of commands and visualization of programmed three- dimensional digital objects. This research investigates the relationship between the approach described (the student types the programming commands, visualizing the code's effects simultaneously the activity of typing it) and the way the high school student will appropriate this knowledge. The experience was carried out remotely through recorded video classes and communication via messaging application (Whatsapp) with a group of thirteen high school students from a state school in São Paulo. Questionnaires pre and post remote activities were applied to better assess the perception of participating students and the dialogue with them during the process. We observe the importance of teaching programming languages and their potential as interdisciplinary work. In state schools in São Paulo, this content is not included in the curriculum, we argue that students from the state school system, especially high school students, have computer programming included in their curriculum (Oliveira, 2020).*

These learning activities trajectories have meant opportunities for promoting ordinary citizens' incremental access to IPVT for acquiring and applying knowledge referent to the digital twins concept and its practices (Wikipedia Digital Twin, 2026) across advanced reading and writing as well as information production and visualization via using a computer graphics programming language source code and visualizing its 3D symbolic representation (Franco, 2026, b), contributing for engaging individuals in media and information literacy and digital education trajectories. It includes empowering citizens' cognitive and technical skills (UNESCO, 2022; UNESCO, 2026).

On the other hand, for future work there are the challenges of keeping implementing and scaling learning strategies that can inspire critical thinking about utilizing technology (Designing Informatics, 2025), considering it as key aspect for implementing sustainable computing education in schools.

In this direction, applying 3D information production and visualization technologies for instigating citizens' engagement with reading and writing and digital education processes has been a satisfactory solution.

REFERENCES

- Designing Informatics (2025). Sustainable Computing in Schools. <https://designinformatics.org/portfolio-item/4824/>
- Franco, J. F (2026a). Using web3d-based resources for stimulating transdisciplinary, media and equitable education trajectories: a use case. *INTERNATIONAL ORDU SCIENTIFIC RESEARCH CONGRESS*. April 13-14, 2026 - Ordu University, Türkiye. https://b0699d12-70ad-4313-81f1-0833a431c01a.filesusr.com/ugd/614b1f_0a548b08f8584ce99c933079037018a5.pdf
- Franco, J. F. (2020 a). Programming 3D virtual reality environments at k12 levels through using Web3D based languages. CCSWG: Critical Code Studies Working Group 2020. <http://wg20.criticalcodestudies.com/index.php?p=/>
- Franco, J. F. (2020 b). Práticas computacionais no ensino fundamental: inspirando letramento em codificação por meio da construção de ambientes digitais 3d de realidade virtual. Tese (Doutorado em Letras) - Universidade Presbiteriana Mackenzie, São Paulo, 2020, 329 f. <http://tede.mackenzie.br/jspui/bitstream/tede/4576/5/Jorge%20Ferreira%20Franco.pdf>.
- Franco, J. F. (2026b). Inspiring transdisciplinary knowledge enhancements through using web3d technologies at k-12 education levels and beyond. V. *International BRITISH Congress on Interdisciplinary Scientific Research & Practices*. https://97008cc4-236b-4e1f-bd0f-787c4bf21a87.filesusr.com/ugd/614b1f_48f42169dc734e8f914135236e18daca.pdf
- Franco, J. F. (2026c). Using digital humanities and web3d computer graphics technologies integration for educating. 2nd *INTERNATIONAL TOROS SCIENTIFIC RESEARCH AND INNOVATION CONGRESS*, 19-20 MAY 2026 Mersin -Türkiye. p. 408 – 415. https://www.isarcacademy.com/_files/ugd/6dc816_fbee1409a4e34e83adfd72f584c9b766.pdf
- Franco, J. F. et al. (2006). Enhancing Learning as well Individuals' Research and Content Production Skills through Information Visualization Systems and Web Based Technology Synergy - https://www.abed.org.br/arquivos/icde_rio_enhancing_learning_2006_jorge_franco.pdf
- Franco. J. F. (2023). *Cocriar, Programar e Pensar por meio de Usar Algoritmos de Computação Gráfica 3D na Educação Básica*. https://www.youtube.com/watch?v=1_gYa1Zaukw
- Freire, P. (2005). *Pedagogy of the Oppressed*. Continuum. <https://sociologiac.net/?p=22619>
- Freire. P. (2001). *Pedagogia dos sonhos possíveis*. Paulo Freire /Ana Maria Freire, São Paulo: Editora UNESP.
- Illeris, K. (2007). *How we learn: learning and non learning in school and beyond*. USA : Routledge.
- Oliveira, B. S. A. (2020). *Propostas de ensino de programação e experiências na educação básica: diálogos*. 2020. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização em Tecnologia, Comunicação e Técnicas de Ensino) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba. <https://riut.utfpr.edu.br/jspui/handle/1/24283>
- Ribeiro, A. E. (2016). *Multimodalidade, textos e tecnologias: provocações para a sala de aula*. São Paulo: Parábola.
- Rotta, N.; Bridi Filho, C. A.; Bridi, F. R. S. (Orgs.) (2018). *Plasticidade cerebral e aprendizagem*. Porto Alegre: Artmed, 320 p.
- Tissenbaum, M., Sheldon, J., Abelson, H. (2019). From Computational Thinking to Computational Action Envisioning computing education that both teaches and empowers. *Communications of the ACM*. <https://cacm.acm.org/opinion/from-computational-thinking-to-computational-action/>
- UNESCO (2022). The ICT Competency Framework for Teachers Harnessing OER Project: digital skills development for teachers. <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000383206>
- UNESCO (2026). Media and Information Literacy. <https://www.unesco.org/en/media-information-literacy>
- Web3D Consortium (2026). *Open standards for real time 3D communication*. <https://www.web3d.org/>
- Wikipedia Digital Twin (2026). Digital twin. https://en.wikipedia.org/wiki/Digital_twin
- Wolf, M. (2019). *O cérebro no mundo digital: os desafios da leitura na nossa era*. São Paulo: Contexto.

- Wolf, M. (2022). *Maryanne Wolf: Explorando a Interseção entre o Ensino da Leitura e a Justiça Social*. <https://www.youtube.com/watch?v=OzcuPnLQ0Lc>
- Wolf, M. (2024). *Live "Desafios da Leitura: O Cérebro Leitor", com Maryanne Wolf [NA ÍNTEGRA COM ÁUDIO ORIGINAL]*. <https://www.youtube.com/watch?v=ULkxSu7vrww>
- Wolf, M. (2026). *Expanding Foundational Skills, Comprehension Processes, and Science of Reading*. <https://www.youtube.com/watch?v=WZgCAfP09y0&t=226s>

DETERMINANTS OF NON-PERFORMING LOANS IN ALBANIA: MACROECONOMIC DRIVERS, BANKING SECTOR CHARACTERISTICS AND POST-REFORM EVIDENCE**Dr. Ina Sejдини**

Lecturer, University of Elbasan "Aleksandër Xhuvani"

ABSTRACT

One of the most critical indicators of the banking sector are the non-performing loans (NPLs) that jeopardise the stability of the banks and their financial vulnerability, especially in the transition and emerging economies. This study examines the determinants of non-performing loans in Albania by analysing the effects of macroeconomic conditions, the characteristics of the banking sector and the regulatory framework developments related to credit quality. For the aim of this study are used data from the Albanian banking sector, the reports issued by the Bank of Albania and relevant empirical literature of the field, for the post global financial crisis period and the banking sector reforms in the after crisis period.

Through the review of the data gathered, are examined the key determinants of non-performing loans, including the economic growth, the unemployment rates, the lending interest rates, the exchange rate movements, the credit expansion, the foreign currency lending and the institutional factors influencing the quality of credits issued. The evidence suggests that factors such as the weak economic growth, the rising unemployment rates, the elevated lending rates and the rapid growth of crediting, have all contributed significantly to the deterioration of loan portfolios during the years following the global financial crisis. In addition, the widespread use of lending in foreign currency and the weaknesses in the credit risk assessment practices together, contributed to the increasing of borrowers' vulnerability and to higher levels of NPLs. This study highlights further the importance of institutional factors, particularly the supervision in the banking sector, the regulatory framework reforms, the mechanisms for the collateral enforcement and the practices for the risk management.

Evidence from the period after 2015, demonstrates a substantial improvement in the banking sector performance, which is also reflected in the significant decline of the NPLs ratio, following the regulatory framework reforms and the strengthened supervisory measures. The results of this study suggest that the fundamental determinants of NPLs remain largely unchanged, even considering these improvements. This study concludes that the macroeconomic stability, the careful lending practices, the effective credit risk management, and the strong regulatory supervision are all essential for maintaining low levels of NPLs and for enhancing the flexibility of the Albanian banking system in general. This study contributes to the literature on credit risk in the economies in transition and provides some interesting policy implications for the regulatory and financial institutions.

Keywords: Non-performing loans; Albania; banking sector; credit risk; financial stability; macroeconomic determinants; banking supervision; regulatory reforms.

1. INTRODUCTION

The banking sector plays an essential role in promoting economic growth, by mobilizing savings, allocating financial resources, and supporting investment and consumption. The efficiency of this role depends largely on the quality of banks' loan portfolios. Among the various indicators used to assess banking sector performance, NPLs have received considerable attention because they have a direct effect on bank profitability, liquidity, capital adequacy, and financial stability. Determined increases in NPLs reduce banks' capacity to provide new credit, pressure financial intermediation, and may eventually threaten the macroeconomic stability. NPLs became particularly significant after the Global Financial Crisis of 2008, which exposed many weaknesses in banking systems worldwide. Many countries experienced significant increases in the nonpayment of loans along with a slowed economic activity. During this period the unemployment rose and payment capacity of borrowers deteriorated. These developments stimulated an extensive research on the determinants of NPLs, highlighting the importance of both macroeconomic conditions and specific characteristics of the banking sector. Previous empirical studies have reliably identified economic growth, unemployment, interest rates, exchange rate movements, credit expansion, and lending practices as the principal factors influencing the credit quality. More recently, institutional factors, including banking supervision, regulatory quality,

collateral enforcement, and credit risk management, have also been recognized as critical determinants of the banking sector flexibility. Albania provides an important case for examining these relationships. Since the establishment of the two-tier banking system in 1992, the Albanian banking sector has undergone profound structural transformation through privatization, financial liberalization, and increasing participation of banks owned by foreigners. During the period previous to the global financial crisis, the rapid credit expansion contributed to the economic growth but it was accompanied by weaker lending standards and widespread foreign currency lending. Following the crisis, the deteriorating macroeconomic conditions resulted in a significant increase in NPLs, with a ratio reaching approximately 25 percent in 2014. This deterioration highlighted the structural weaknesses in credit risk management and emphasized the need for stronger regulatory interventions. In response to this, the Bank of Albania introduced a comprehensive package of reforms launched in 2015. These reforms strengthened the prudential supervision, improved the loan classification and provisioning standards, enhanced the collateral enforcement, encouraged the loan restructuring and supported the resolution of loans with problem. As a consequence, the banking sector experienced a substantial improvement in asset quality, and the NPL ratio declined to the lower levels in history. Nevertheless, an important question remains whether these reforms altered the underlying determinants of NPLs or primarily improved banks' capacity to manage existing credit risk. Compared to this background, this study investigates the determinants of non-performing loans in Albania by examining the combined effects of macroeconomic conditions, banking sector characteristics, and institutional developments on credit quality. A particular attention is given to the role of economic growth, unemployment, lending interest rates, exchange rate movements, credit expansion, foreign currency lending, banking supervision, and the regulatory reforms in shaping the evolution of NPLs. This study contributes to the existing literature in two important aspects. Firstly, it provides a comprehensive assessment of the interaction between macroeconomic, banking sector, and institutional determinants of NPLs within the context of a transition economy. Secondly, it evaluates the effectiveness of the regulatory reforms implemented by the Bank of Albania after 2015, related to the improvement of the banking sector performance and the reduction of the NPL ratio. The findings from this study offer practical policy implications for regulators, commercial banks, and policymakers seeking to strengthen the financial stability, to improve the credit risk management and to promote the sustainable lending.

Considering that a numerous international studies have examined the determinants of NPLs, relatively only a few studies provide a comprehensive review of Albania that simultaneously considers macroeconomic conditions, banking sector characteristics, and the institutional reforms implemented after 2015. Most existing studies focus either on econometric estimation over specific periods or on individual categories of determinants of NPLs. This study aims to address this gap by creating an available evidence and evaluating whether the reforms after 2015 altered the underlying determinants of NPLs or primarily strengthened the banking sector's flexibility.

2. METHODOLOGY

The methodology used for the aim of this study consists in a qualitative literature review combined with analysis of data from official sources of information, to examine the determinants of NPLs in Albania. Rather than estimating an econometric model, the study synthesizes and critically evaluates evidence from the academic literature on the topic together with official publications issued by the Bank of Albania, the International Monetary Fund, the World Bank, the European Central Bank, the European Bank for Reconstruction and Development and the Albanian Institute of Statistics (INSTAT).

The analysis focuses on three broad categories of determinants that have consistently been identified in the literature: First, the macroeconomic factors, including economic growth, unemployment, lending interest rates, inflation, and exchange rate movements; Second, banking sector characteristics, such as credit expansion, foreign currency lending, profitability, lending standards, and credit risk management practices; and third, institutional and regulatory factors, including banking supervision, loan classification and provisioning standards, collateral enforcement mechanisms, and the regulatory reforms implemented by the Bank of Albania after 2015.

In order to provide specific evidence from Albania, the review also includes findings from previous empirical studies on the Albanian banking sector and analyzes official statistics from the banking sector as reported by the Bank of Albania. Particular attention is given to the period following the Global

Financial Crisis and to the banking sector reforms after 2015, which marked a significant improvement in asset quality and financial stability in Albania.

The analyzes of the collected evidence is conducted using a thematic approach, by grouping the identified determinants of NPLs according to their economic characteristics and assessing them according to their influence on loan portfolio quality. By using this approach this study evaluates whether the regulatory reforms after 2015 changed the underlying determinants of non-performing loans or mainly strengthened the banking sector's capacity to manage and resolve the credit risk. The findings of this study are subsequently discussed in light of the existing international literature in order to find policy implications for the banking supervision, the credit risk management and the financial stability in Albania.

3. DETERMINANTS OF NON-PERFORMING LOANS: EVIDENCE FROM ALBANIA

3.1 Evolution of Non-Performing Loans in Albania

The Albanian banking sector experienced a period of rapid credit growth during the years preceding the Global Financial Crisis. Easy access to credit, increasing foreign bank participation in the Albanian banking sector and relatively comfortable lending standards, all together supported a strong growth in bank's lending activity. While this increase in lending from the banks contributed to improve the economic activity in the country, it also increased the banks' exposure to the credit risk.

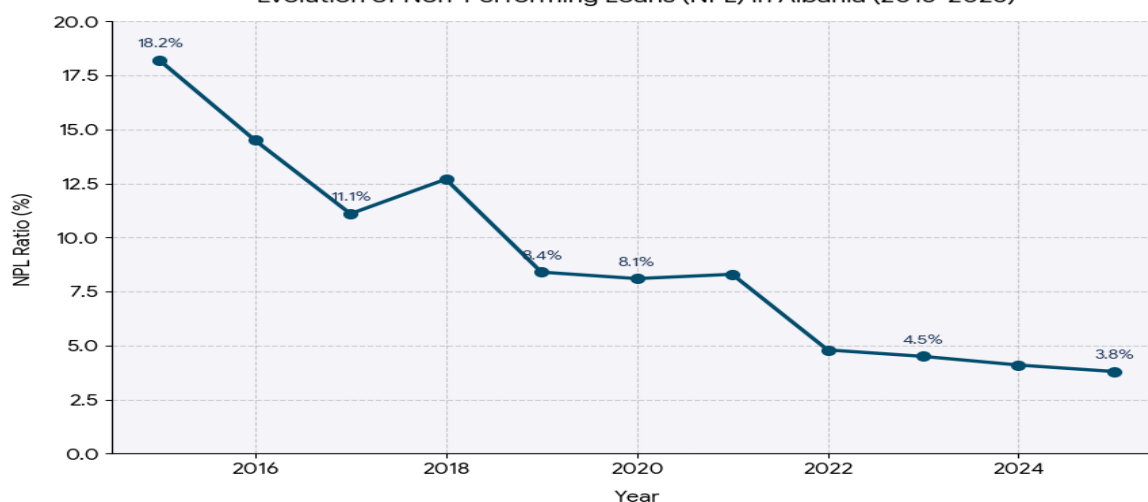
In the years following the global financial crisis of 2008, the deteriorating macroeconomic conditions substantially affected the borrowers' credit repayment capacity. In general, a slower economic growth, an increasing rate of unemployment, the instability of the exchange rate, and a weakened business performance, contributed to a continuous increase in non-performing loans. The NPLs ratio rose from the low single digit levels before the crisis of 2008, to approximately 25% in 2014, representing the highest level recorded in the Albanian banking sector until today.

The previous empirical evidence for Albania indicates that the deterioration of loan quality was associated with both macroeconomic factor and banking sector factors. Among the macroeconomic variables, economic growth, unemployment, inflation, and exchange rate movements were identified as the principal external determinants of credit quality. The Banks specific variables included profitability, lending interest rates, credit expansion, and the credit to deposit ratio.

In Graf.1 is shown the evolution of NPLs in Albania during 2015-2025.

Graf. 1 evolution of NPLs in Albania during 2015-2025

Evolution of Non-Performing Loans (NPL) in Albania (2015-2025)



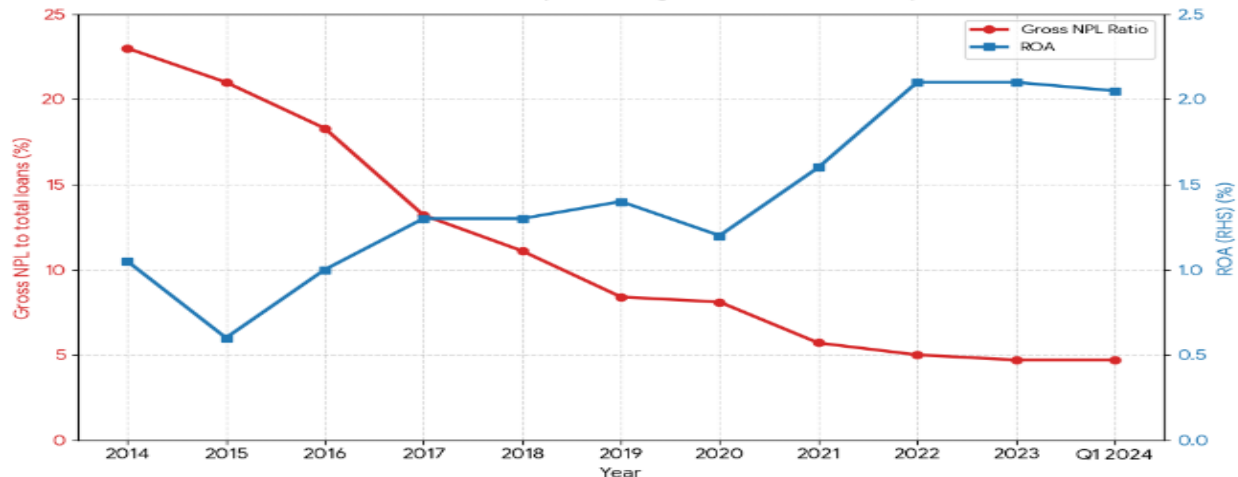
Source: IMF, 2025

As we can see from these figures, the Post Pandemic period (2022–2025) is characterized by a decreasing percentage of NPLs. This is due to the strengthening of the Albanian Lek (ALL), which played a crucial role in lowering ratios by reducing the burden on borrowers holding foreign currency loans.

If we consider NPLs related to banks profitability, we can see how the line chart below illustrates the historical inverse relationship between the gross NPLs ratio and bank profitability measured via Return on Assets (ROA) in Albania from 2014 through early 2024, based on Bank of Albania and IMF data.

Graf.2 Albanian Banks NPLs and Profitability

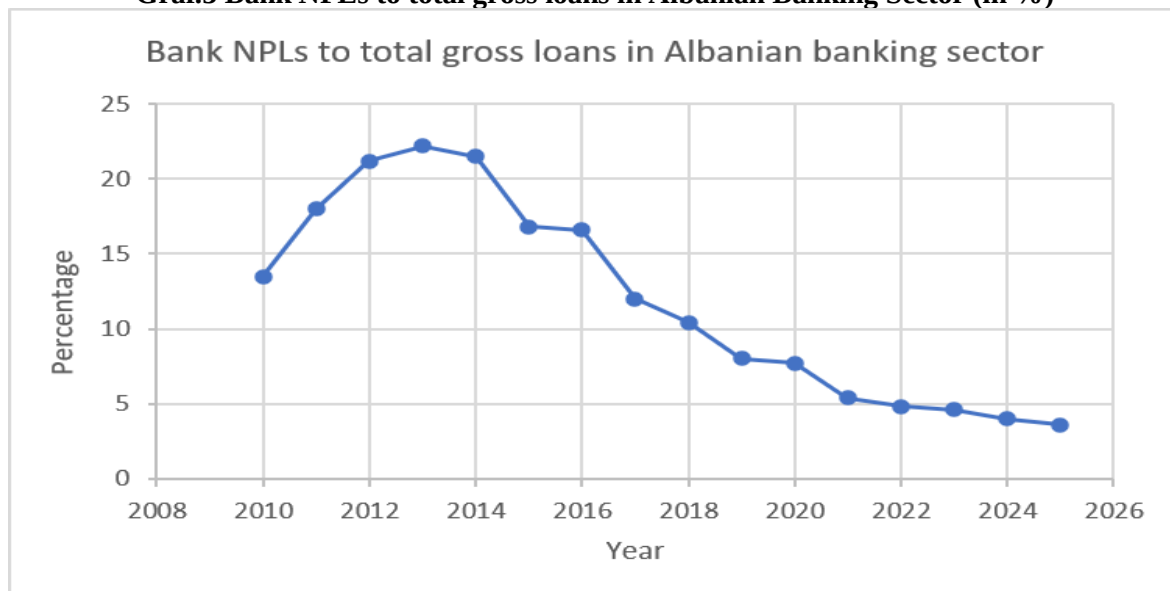
Albania: Banks' Non-performing Loans and Profitability



Source: IMF Country Report No 25/21

This correlation shows that in the period during 2014-2015, the risk levels were at their peak, the banking sector was heavily burdened with difficult assets to turn into liquidity, with gross NPLs rates between 23%–25%, the highest during the 15 years period, if we consider NPLs related to Gross Credit, as shown in Graph 3.

Graf.3 Bank NPLs to total gross loans in Albanian Banking Sector (in %)



Source: World Bank, 2026

High provisioning costs for these bad loans directly suppressed bank profitability, keeping ROA constrained around 1.05% as shown in Graf.2.

During 2016 -2019, new mandatory regulations in the banking sector were accompanied with a sharp dropping of NPLs ratio in 8.4%, from double to single digits, allowing banks to have an increased ROA in 1.4%.

The post COVID-19 period, 2020-2024 is characterized by stability in NPLs ratio, recovering and expanding in tourism, the strengthening of Albanian Lek resulted in the lower historical rate of NPLs of 3.6% in 2025. If we refer to Graf.2, the rate of 4.7% of NPLs in the first quarter of 2024 is accompanied with of an increase in ROA over 2%.

These data show that overall, the reduction in NPLs has contributed to a stronger profitability and an improved financial performance in the Albanian banking sector.

3.2 Macroeconomic Drivers

The economic growth is in general associated with an improved loan performance by banks. During the periods of an expanding GDP, the income of the household and the corporate profitability increases, improving the repayment capacity of borrowers and reducing the risk of failure to pay. Equally, an economic slowdown contributes to financial problems and increases the accumulation of NPLs.

The rate of unemployment represents another important macroeconomic determinant of NPLs. Rising unemployment rates, reduce the disposable income and weakens the households' ability to pay the debts. The deterioration of the labor market conditions following the financial crisis of 2008, overlapped with the sharp increase in Albania's NPL ratio.

The exchange rate's movements also played an important role because a significant proportion of bank lending was designated in euro while many borrowers earned their income in Albanian lek. Currency mismatches increased the repayment burdens whenever the domestic currency was depreciated. However, the total loans and exchange rates affected positively bad credits ratio explaining by causal correlation among credits' risk and growth of loans' volume in the absence of optimal supervision and exchange rate fluctuations (Tushaj & Sinaj, 2020).

3.3 Banking Sector Characteristics

Evidence from the Albanian banking sector suggests that the loan quality was significantly influenced by lending practices. The rapid credit growth before the financial crisis was accompanied by weaker borrower screening and less conservative lending standards. As the economic conditions deteriorated, these weaknesses translated into a substantial increase in NPLs.

Previous empirical analyses of Albanian banking sector data also identified profitability indicators, particularly Return on Equity (ROE), together with lending interest rates, as statistically significant variables associated with changes in NPLs during the analyzed period. Higher bank profitability generally reflected stronger financial performance and better credit risk management, while lending conditions influenced borrowers' debt-servicing capacity (Hallunovi, 2022)

Although variables such as GDP growth and unemployment followed the expected theoretical relationships with NPLs, earlier econometric evidence for Albania found that not all macroeconomic variables were statistically significant within the specific sample period, whereas ROE and lending interest rates showed stronger explanatory power. These findings illustrate that specific banks characteristics may amplify or mitigate the effects of adverse macroeconomic conditions rather than replace them as determinants of credit quality.

3.4 Banking Sector Reforms after 2015

The Bank of Albania, starting from 2015, implemented a comprehensive program of supervisory and regulatory reforms aimed at reducing the stock of NPLs and strengthening the banking sector flexibility. The reform package included stricter loan classification standards, enhanced provisioning requirements, improvements in collateral execution procedures, incentives for loan restructuring, and more intensive supervisory oversight.

The implementation of these measures contributed to a continuous decline in the NPLs ratio, accompanied by improvements in asset quality, profitability, and capital adequacy. The banks strengthened their internal credit risk assessment procedures, improved the monitoring of loan portfolios, and adopted more careful lending standards.

However, the available evidence suggests that these reforms primarily improved banks' capacity to manage and resolve existing credit risk rather than fundamentally altering the determinants of NPLs. Macroeconomic conditions, including economic growth, unemployment, lending costs, and exchange rate developments, continue to apply the strongest influence on borrowers' repayment capacity, while

careful lending policies and effective risk management remain essential for maintaining sound loan portfolios.

The Albanian experience therefore demonstrates that regulatory reforms significantly strengthened banking sector flexibility but should be viewed as complementary to macroeconomic stability rather than as a substitute for it.

4. DISCUSSION

The evidence reviewed in this study confirms that the determinants of NPLs in Albania are broadly consistent with those identified in the international literature. Previous empirical studies have demonstrated that adverse macroeconomic conditions, including a slower economic growth, a rising unemployment, a higher lending interest rates, and an exchange rate volatility, are among the most important drivers of deteriorating loan quality (Beck et al., 2015; Klein, 2013; Louzis et al., 2012; Nkusu, 2011). The Albanian banking sector experienced similar developments following the global financial crisis of 2008, when the weaker economic activity and the declining repayment capacity contributed to a substantial increase in NPLs.

The review also confirms the importance of the specific bank characteristics in determining the credit risk. In consistence with the findings of Berger and DeYoung (1997), Messai and Jouini (2013), and Kalluci and Kodra (2010), the Albanian experience demonstrates that the rapid credit expansion, the weak lending standards, the foreign currency lending, and the insufficient credit risk assessment, together contributed in the increase of banks' vulnerability to loan non payments during the period before the crisis. These findings suggest that although macroeconomic conditions largely determine borrowers' capacity for repayment, careful lending practices and effective risk management significantly influence the extent to which macroeconomic shocks are transmitted into banks' loan portfolios.

A distinguishing feature of the Albanian case is the role of the comprehensive banking sector reforms introduced after 2015. The evidence indicates that these reforms strengthened prudential supervision, improved the loan classification and provisioning practices, enhanced the collateral enforcement, and promoted the resolution of legacy NPLs. As a result, the banking sector experienced a substantial improvement in asset quality, reflected in the continuous decline of the NPLs ratio, stronger capital adequacy, and an improved profitability. These developments demonstrate the effectiveness of the regulatory intervention in restoring the banking sector's stability following the periods of elevated credit risk.

However, the review also highlights an important distinction between reducing the stock of existing NPLs and changing the underlying determinants of credit risk. Although the reforms after 2015 significantly improved banks' capacity to identify, manage, and resolve problem loans, the fundamental drivers of the new NPLs remained largely unchanged. Macroeconomic variables continue to exert the strongest influence on borrowers' capacity for repayment, while the banking sector characteristics, including the lending standards, the profitability, the credit growth, and the credit risk management, remain critical determinants of loan portfolio's quality. Consequently, the regulatory reforms should be viewed as mechanisms that enhance the flexibility of the banking system rather than as substitutes for sound macroeconomic conditions.

These findings contribute to the literature by integrating macroeconomic, banking sector, and institutional perspectives within a single analytical framework focused on Albania. While previous studies have typically examined either macroeconomic or bank's specific determinants, this review demonstrates that sustainable improvements in the credit quality depend on the interaction of these factors in the frame of an effective regulatory environment. The Albanian experience illustrates that the strong banking supervision and the institutional reforms can substantially reduce the accumulated NPLs and strengthen the financial stability, but long-term improvements ultimately require a sustained economic growth, more careful lending practices, and a continuous enhancement of risk management frameworks.

Overall, the findings suggest that maintaining a strong banking sector requires a balanced policy approach combining the macroeconomic stability, an effective banking regulation framework, a sound governance, and a practical credit risk management. The Albanian experience therefore provides valuable evidence for other transition and emerging economies seeking to strengthen the banking sector flexibility while reducing the accumulation of NPLs.

5. POLICY IMPLICATIONS

The findings of this study have several implications for policymakers, banking regulators, and commercial banks in Albania. First, maintaining the macroeconomic stability should remain a central policy objective, as economic growth, employment conditions, lending interest rates, and exchange rate developments continue to exercise a significant influence on borrowers' capacity for repayment and the quality of banks' loan portfolios. Policies that promote sustainable economic growth and improve the labor market conditions are therefore essential for reducing the credit risk in the long term.

Second, the Bank of Albania should continue to strengthening the supervision and maintaining prudent regulatory standards. The reforms after 2015 have demonstrated the effectiveness of an enhanced banking supervision, a stricter loan classification and provisioning requirements, an improved collateral enforcement, and measures that facilitate the determination of NPLs. A continued supervisory caution, a regular stress testing, and an early identification of emerging credit risks, are all necessary to preserve the resilience of the banking sector.

Third, commercial banks should continue to strengthen their internal credit risk management practices by improving the borrower screening, by enhancing the monitoring of loan portfolio, by implementing strong warning systems in an early phase, and maintaining careful lending standards. Particular attention should be given to the management of the foreign currency lending and to the limiting of excessive credit expansion, both of which have historically contributed to increased credit risk in Albania.

Finally, strengthening the institutional environment remains essential. By improving the judicial efficiency, by accelerating collateral enforcement procedures, and by promoting effective insolvency and debt restructuring mechanisms, it would facilitate the resolving in time of problem with loans and further enhance the financial stability. The Albanian experience demonstrates that the regulatory reforms are more effective when are accompanied by sound macroeconomic policies, prudent banking practices, and strong institutional governance.

6. LIMITATIONS

This study has several limitations. As a qualitative literature review, it does not estimate econometric relationships or quantify the individual contribution of each determinant to NPLs. The conclusions are based on the synthesis of existing empirical studies and official institutional reports. Future research could complement these findings by employing panel data or econometric models based on time series, using recent banking sector data to assess the relative importance of macroeconomic, bank-specific, and institutional determinants in Albania.

7. CONCLUSION

This study reviewed the determinants of NPLs in Albania by examining the interaction between macroeconomic conditions, banking sector characteristics, and institutional reforms. The evidence demonstrates that macroeconomic variables, including economic growth, unemployment, interest rates for lending, and exchange rate movements, remain the dominant determinants of credit quality. At the same time, specific characteristics of banks, such as lending standards, profitability, credit expansion, and risk management practices significantly influence the transmission of these risks into loan portfolios. The analysis further indicates that the regulatory reforms implemented by the Bank of Albania after 2015, substantially strengthened the banking sector resilience through an improved supervision, stricter provisioning requirements, an enhanced collateral enforcement, and the resolution of inherited NPLs. However, these reforms did not fundamentally change the underlying determinants of credit risk, which continue to depend primarily on the macroeconomic conditions and on the prudent banking practices.

The study contributes to the literature by integrating macroeconomic, banking sector, and institutional determinants within a single analytical framework while evaluating the impact of Albania's banking reforms after 2015. The findings suggest that sustainable reductions in NPLs require a combination of macroeconomic stability, of the sound lending practices, of an effective credit risk management, and a continuous regulatory oversight. The future research should extend this analysis through econometric modelling, by using more recent data to quantify the relative contribution of individual determinants and evaluate the long-term effects of post-2015 banking sector reforms on credit risk in Albania.

8. REFERENCES

- Agalliu, A. (2013). Matja e riskut të kredisë dhe faktorët përcaktues në treguesit e riskut të kredisë: Rasti i sistemit bankar shqiptar (Doctoral dissertation). University "Aleksandër Moisiu", Durrës.
- Bank of Albania. (2013). Annual report 2013. <https://www.bankofalbania.org>
- Bank of Albania. (2014). Annual report 2014. <https://www.bankofalbania.org>
- Bank of Albania. (2015). Annual report 2015. <https://www.bankofalbania.org>
- Bank of Albania. (2015). Financial stability report. <https://www.bankofalbania.org>
- Bank of Albania. (2024). Annual report 2024. <https://www.bankofalbania.org>
- Bank of Albania. (2024). Financial stability report. <https://www.bankofalbania.org>
- Beck, R., Jakubik, P., & Piloiu, A. (2015). Key determinants of non-performing loans: New evidence from a global sample. *Open Economies Review*, 26(3), 525–550. <https://doi.org/10.1007/s11079-015-9358-8>
- Berger, A. N., & DeYoung, R. (1997). Problem loans and cost efficiency in commercial banks. *Journal of Banking & Finance*, 21(6), 849–870. [https://doi.org/10.1016/S0378-4266\(97\)00003-4](https://doi.org/10.1016/S0378-4266(97)00003-4)
- Boudriga, A., Taktak, N. B., & Jellouli, S. (2009). Banking supervision and nonperforming loans: A cross-country analysis. *Journal of Financial Economic Policy*, 1(4), 286–318.
- Espinoza, R., & Prasad, A. (2010). Nonperforming loans in the GCC banking system and their macroeconomic effects (IMF Working Paper No. WP/10/224). International Monetary Fund.
- European Bank for Reconstruction and Development. (2024). Transition report 2023–2024. <https://www.ebrd.com>
- European Central Bank. (2023). Financial stability review. <https://www.ecb.europa.eu>
- Fofack, H. (2005). Nonperforming loans in Sub-Saharan Africa: Causal analysis and macroeconomic implications (World Bank Policy Research Working Paper No. 3769). World Bank.
- Hallunovi, A. (2022). Does the credit risk impact in the profitability of commercial banks? Albanian case. *Baltic Journal of Law & Politics*, 15(2). <https://doi.org/10.2478/bjlp-2022-001XXX> (verify DOI if required).
- IMF (2025). Stress Testing the Albanian Banking Sector: A Decade Post-FSAP Prepared by Jakree Koosakul and Eugena Topi. SIP/2025/039, IMF Country Report No 25/21
- INSTAT. (2024). National accounts and labour market statistics. Institute of Statistics.
- International Monetary Fund. (2023). Republic of Albania: 2023 Article IV consultation. International Monetary Fund.
- International Monetary Fund. (2024). Global financial stability report. International Monetary Fund.
- Kalluci, I., & Kodra, O. (2010). Faktorët makroekonomikë të riskut të kredisë: Rasti i Shqipërisë. In *Economic policies in South Eastern Europe* (pp. 73–87). Bank of Albania.
- Keeton, W. R. (1999). Does faster loan growth lead to higher loan losses? *Federal Reserve Bank of Kansas City Economic Review*, 84(2), 57–75.
- Klein, N. (2013). Non-performing loans in CESEE: Determinants and impact on macroeconomic performance (IMF Working Paper No. WP/13/72). International Monetary Fund.
- Louzis, D. P., Vouldis, A. T., & Metaxas, V. L. (2012). Macroeconomic and bank-specific determinants of non-performing loans in Greece: A comparative study of mortgage, business and consumer loan portfolios. *Journal of Banking & Finance*, 36(4), 1012–1027. <https://doi.org/10.1016/j.jbankfin.2011.10.012>
- Makri, V., Tsagkanos, A., & Bellas, A. (2014). Determinants of non-performing loans: The case of Eurozone. *Panoeconomicus*, 61(2), 193–206. <https://doi.org/10.2298/PAN1402193M>
- Mançka, A. (2011). The influence of macroeconomic factors on the level of credit risk in Albania. *European Journal of Social Sciences*, 18(1), 135–143.
- Messai, A. S., & Jouini, F. (2013). Micro and macro determinants of non-performing loans. *International Journal of Economics and Financial Issues*, 3(4), 852–860.
- Nkusu, M. (2011). Nonperforming loans and macrofinancial vulnerabilities in advanced economies (IMF Working Paper No. WP/11/161). International Monetary Fund.
- Rajan, R., & Dhal, S. C. (2003). Non-performing loans and terms of credit of public sector banks in India: An empirical assessment. *Reserve Bank of India Occasional Papers*, 24(3), 81–121.

- Salas, V., & Saurina, J. (2002). Credit risk in two institutional regimes: Spanish commercial and savings banks. *Journal of Financial Services Research*, 22(3), 203–224. <https://doi.org/10.1023/A:1019781109676>
- Shingjergji, A. (2013). Ndikimi i faktorëve makroekonomikë dhe bankarë në nivelin e kredive me probleme në sistemin bankar shqiptar (Doctoral dissertation). University of Tirana.
- Tushaj, A., & Sinaj, V. (2020). The Effect of Banking Concentration on Non-Performing Loans: The Case of Albania. *International Journal of Economics and Business Administration*, 8(2), 433–442. <https://doi.org/10.35808/ijeba/473>
- World Bank. (2024). Global economic prospects. World Bank.

NUTRİGENETİK PERSPEKTİFİNDEN KİSTİK FİBROZİS VE BESLENME YÖNETİMİ
*NUTRIGENETIC PERSPECTIVES ON CYSTIC FIBROSIS AND NUTRITIONAL MANAGEMENT***Bahar ÖZTOPRAK TOPCU**Okan Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Beslenme ve Diyetetik Yüksek Lisans
ORCID ID: 0009-0006-7746-4745**Dr.Öğr. Üyesi Handan IŞIKLAR**Yalova Üniversitesi, Tıp Fakültesi
ORCID ID: 0000-0002-5307-6151**Özet**

Kistik fibrozis (KF), Cystic Fibrosis Transmembrane Conductance Regulator (CFTR) genindeki mutasyonlardan kaynaklanan otozomal resesif bir hastalıktır ve bireylerde sindirim, solunum ve diğer sistemleri etkileyen ciddi komplikasyonlara neden olur. Bu derleme, kistik fibrozis ile nutrigenetik arasındaki ilişkiyi incelemeyi amaçlamaktadır. Kistik fibrozis hastalarında genetik varyasyonlar, besin emilimi, enerji metabolizması ve bireyselleştirilmiş diyet planlamasında kritik bir rol oynamaktadır. Nutrigenetik, genetik varyasyonlara dayalı beslenme müdahalelerinin tasarlanmasına olanak tanır ve bu hastalarda beslenme tedavisini optimize etmek için güçlü bir araç sunar. Derlemede, kistik fibrozis hastalarında beslenme yetersizliklerinin nedenleri, genetik faktörlerin bu durum üzerindeki etkileri ve nutrigenetik temelli tedavi yaklaşımları ele alınmıştır. Ayrıca, bu alandaki güncel araştırmalar ve gelecekteki potansiyel tedavi stratejileri tartışılmıştır. Sonuç olarak, kistik fibrozis tedavisinde nutrigenetik uygulamaların hastalık yönetimini iyileştirebileceği ve bireyselleştirilmiş sağlık hizmetleri için önemli bir fırsat sunduğu vurgulanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Personalized nutrition, CFTR gene, Genetic variation, Cystic fibrosis, Nutrigenetics

Abstract

Cystic fibrosis (CF) is an autosomal recessive disorder caused by mutations in the Cystic Fibrosis Transmembrane Conductance Regulator (CFTR) gene, leading to severe complications affecting the digestive, respiratory, and other systems in individuals. This review aims to explore the relationship between cystic fibrosis and nutrigenetics. Genetic variations in cystic fibrosis patients play a critical role in nutrient absorption, energy metabolism, and individualized diet planning. Nutrigenetics enables the design of nutritional interventions based on genetic variations and offers a powerful tool for optimizing nutrition therapy in these patients. The review discusses the causes of nutritional deficiencies in cystic fibrosis patients, the impact of genetic factors on this condition, and nutrigenetics-based treatment approaches. Additionally, current research in this field and potential future therapeutic strategies are addressed. In conclusion, it is emphasized that the application of nutrigenetics in cystic fibrosis treatment could improve disease management and offer an important opportunity for personalized healthcare.

Keywords: Cystic fibrosis; CFTR gene; genetic variation; nutrigenetics; personalized nutrition

Giriş

Kistik fibrozis (KF), dünya genelinde en yaygın görülen otozomal resesif genetik hastalıklardan biridir ve başta solunum ve sindirim sistemlerini etkileyen ciddi komplikasyonlara yol açar. Hastalığın temel nedeni, CFTR (Cystic Fibrosis Transmembrane Conductance Regulator) geninde meydana gelen mutasyonlardır. Bu mutasyonlar, hücre zarında iyon taşınımını etkileyerek mukus salgılarının yoğunlaşmasına ve organ fonksiyonlarının bozulmasına neden olur. Özellikle pankreas disfonksiyonu ve malabsorpsiyon, hastalarda ciddi beslenme yetersizliklerine yol açar. (1,2) Gelişen tıbbi yaklaşımlar ve genetik teknolojiler, kistik fibrozis tedavisinde yeni ufuklar açmaktadır. Nutrigenetik, bireylerin genetik yapısını inceleyerek beslenme ve tedavi planlarının kişiselleştirilmesine olanak sağlayan bir bilim dalıdır. Kistik fibrozis gibi genetik temelli hastalıklarda, nutrigenetik uygulamalar, besin gereksinimlerinin daha hassas bir şekilde belirlenmesine ve hastalık yönetiminin optimize edilmesine katkı sağlayabilir. (3,4)

Bu derleme, kistik fibrozis hastalarında görülen genetik varyasyonların beslenme durumu üzerindeki etkilerini ele almayı, nutrigenetik temelli yaklaşımların bireyselleştirilmiş tedaviye nasıl katkıda bulunabileceğini incelemeyi amaçlamaktadır. Ayrıca, güncel literatür ışığında kistik fibrozis tedavisinde nutrigenetik uygulamaların mevcut durumu ve gelecekteki potansiyel kullanım alanları tartışılacaktır.

1. Kistik Fibrozis Genetik Temelleri

Kistik fibrozis (KF), CFTR (Cystic Fibrosis Transmembrane Conductance Regulator) genindeki mutasyonlardan kaynaklanan bir genetik hastalıktır. CFTR geni, hücre zarında klor iyonlarının taşınımını düzenleyen bir protein üretiminden sorumludur. Bu genin mutasyona uğraması, iyon dengesi bozukluklarına ve mukus, ter ve diğer salgıların kıvamının artmasına yol açar. Hastalık, otozomal resesif bir şekilde kalıtılır; yani hastalığın ortaya çıkabilmesi için bireyin her iki ebeveyninden de mutasyonlu bir gen alması gerekir. (5)

1.1. CFTR Gen Mutasyonları

Bugüne kadar CFTR geninde 2000'den fazla mutasyon tanımlanmıştır. Bu mutasyonlar, hastalığın ciddiyetini ve seyirini etkileyebilir. En sık görülen mutasyon, Phe508del (F508del) olarak bilinir ve KF hastalarının yaklaşık %70'inde bulunur. Bu mutasyon, CFTR proteininin yapısal stabilitesini bozarak fonksiyonel bir proteinin oluşmasını engeller. CFTR gen mutasyonları, farklı mekanizmalarla CFTR proteinin işlevini etkiler ve bu mekanizmalar 6 sınıfta incelenir; (4,5)

Tablo 1: CFTR Mutasyon Sınıfları (5)

Sınıf	Mutasyon Kusuru	Mutasyon Sınıfına Özgü Etki
I	Fonksiyonel CFTR proteini yok	Fonksiyonel CFTR proteini oluşturulmaz.
II	Kusurlu CFTR kaçakçılığı	CFTR proteini oluşturulur ancak hücrede yok edilir, asla hücre yüzeyine çıkmaz.
III	Arızalı kanal düzenlemesi	CFTR proteini oluşturulur ve hücre yüzeyine çıkar, ancak kanal düzgün bir şekilde açılmaz.
IV	Arızalı klorür iletkenliği	CFTR proteini oluşturulur ve hücre yüzeyine çıkar, ancak kötü çalışır ve klorür iletkenliği kusurludur.
V	CFTR proteininin azaltılmış üretimi	CFTR proteini oluşturulur ve hücre yüzeyine çıkar, ancak miktar yetersizdir.
VI	Azalmış CFTR kararlılığı	CFTR işlevseldir ancak hücre yüzeyinde kararsızdır ve yok edilir veya kaldırılır.

1.2. Genetik Varyasyonların Hastalığa Etkileri

Mutasyonların tipi, hastalığın şiddeti, semptomların çeşitliliği ve tedaviye verilen yanıt üzerinde belirleyici rol oynar. Örneğin, F508del homozigot bireylerde hastalık genellikle daha ağır seyirliken, daha nadir görülen mutasyonlar daha hafif semptomlara neden olabilir. Bununla birlikte, bazı genetik varyasyonlar (örn. modifier genler), CFTR mutasyonlarının etkilerini modüle ederek hastalığın seyrini etkileyebilir. (2,3)

1.3. Genetik Testler ve Tanı

Kistik fibrozis tanısında genetik testler, CFTR genindeki mutasyonların tespit edilmesinde altın standarttır. Genetik testler, özellikle yeni doğan tarama programlarında ve taşıyıcı taramalarında önemli bir rol oynar. Ayrıca, genetik analizler sayesinde bireylerin spesifik mutasyonlarına uygun tedavi yaklaşımları belirlenebilir. (4,5,6)

1.4. Genetik Temeller ve Nutrigenetik İlişkisi

CFTR mutasyonları sadece solunum ve sindirim sistemlerini değil, aynı zamanda beslenme durumunu da doğrudan etkiler. Örneğin, pankreatik yetmezlik, yağda çözünen vitaminlerin emiliminde bozukluk ve artan enerji ihtiyacı gibi durumlar genetik varyasyonlarla ilişkilidir. Nutrigenetik yaklaşımlar, bu varyasyonların etkilerini analiz ederek bireyselleştirilmiş diyet stratejileri geliştirilmesine olanak tanır. (7)

2. Kistik Fibrozisde Beslenme Durumu

Kistik fibrozis (KF), hem hastalığın doğrudan etkileri hem de genetik varyasyonların yol açtığı komplikasyonlar nedeniyle ciddi beslenme sorunlarına neden olur. Hastalık, özellikle sindirim sistemi ve pankreas fonksiyonları üzerinde yarattığı olumsuz etkilerle malnütrisyon riskini artırır. Büyüme geriliği, zayıf bağışıklık sistemi ve azalan yaşam kalitesi gibi sonuçlar, kistik fibrozis hastalarının beslenme durumunun yönetimini kritik hale getirir. (7,8)

2.1. Malabsorpsiyon ve Pankreatik Yetmezlik

Kistik fibrozisli bireylerin çoğunda pankreatik yetmezlik görülür. CFTR gen mutasyonları, pankreas kanallarında mukus birikimine yol açarak sindirim enzimlerinin bağırsaklara ulaşmasını engeller. Bu durum, özellikle yağların ve yağda çözünen vitaminlerin (A, D, E ve K) emiliminde bozukluklara yol açar. Sonuç olarak, hastalarda enerji yetersizliği, yağ kaybı ve mikronutrient eksiklikleri sıkça görülür. Yağ Malabsorpsiyonu: Yağların sindirilememesi, dışkıda yağ kaybına (steatore) ve enerji eksikliğine neden olur.

Protein ve Karbonhidrat Malabsorpsiyonu: Özellikle pankreatik enzim eksikliği olan hastalarda protein ve karbonhidratların sindirimi de bozulur, bu da büyüme geriliğine katkıda bulunur. (7,8)

2.2. Artan Enerji İhtiyacı

Kistik fibrozisli bireylerde bazal metabolizma hızı genellikle artmıştır. Bunun nedenleri arasında kronik inflamasyon, enfeksiyonlar ve solunum sistemi üzerindeki yüksek enerji harcaması yer alır. Bu nedenle, hastaların enerji gereksinimi sağlıklı bireylere göre %20-50 oranında daha yüksektir. (6)

Tablo 2: KF hastalarındaki enerji açığının nedenleri. (16)

Azalmış enerji alımı	İştahsızlık (Kronik akciğer inflamasyonu, tekrarlayan akciğer enfeksiyonları, gastrointestinal sorunlar, tedavi yan etkileri, stres, depresyon) Gastrointestinal sorunlar (DİOS, kabızlık, karın ağrısı, motilite bozukluğu, intestinal disbiyozis, SİBO, GÖRH, kusma) Yeme davranışı bozuklukları, bozulmuş beden algısı
Artmış enerji ihtiyacı	Artmış istirahat enerji gereksinimi Artmış solunum yükü Kronik akciğer inflamasyonu ve tekrarlayan akciğer enfeksiyonları
Artmış enerji kaybı	Ekzokrin pankreatik yetmezlik Kolestaz, safra asidi metabolizmasında bozukluk Emilim bozukluğu (yağ, protein, A, D, E, K vitaminleri) Gastrointestinal sorunlar (ishal, motilite bozukluğu, intestinal inflamasyon, SİBO) Bağırsak rezeksiyonu/kısa bağırsak sendromu (örneğin rezeksiyon gerektiren mekonyum ileusu nedeniyle) Glukozüri (KF ilişkili diyabetes mellitus ikincil)
Diğer	KF ilişkili karaciğer hastalığı KF ilişkili diyabetes mellitus Psikososyal faktörler Sosyoekonomik faktörler

2.3. Mikronutrient Eksiklikleri

Beslenme yetersizlikleri kistik fibrozisli bireylerde sıkça görülen bir durumdur. Yağda Çözünen Vitaminler (A, D, E, K): Malabsorpsiyon nedeniyle bu vitaminlerin eksiklikleri yaygındır. Özellikle D vitamini eksikliği kemik sağlığını tehdit ederken, E vitamini eksikliği nörolojik bozukluklara yol açabilir. Sodyum ve Elektrolit Kaybı: Terle atılan sodyum miktarı arttığı için elektrolit dengesizliği sık görülür. Bu durum özellikle sıcak havalarda tehlikeli hale gelebilir. Demir, Çinko ve Selenyum Eksikliği: Bu mikro besinlerin eksikliği bağışıklık sistemini olumsuz etkileyebilir. (6,7,8,9)

2.4. Büyüme ve Gelişim Problemleri

Çocukluk çağında, yetersiz beslenme büyüme geriliğine neden olabilir. KF'li çocuklarda düşük kilo, boy kısalığı ve gecikmiş puberte sıkça görülür. Erken dönemde yeterli beslenmenin sağlanması, bu komplikasyonların önlenmesi için kritik öneme sahiptir. (10)

2.5. Beslenme Tedavisi ve Yönetimi

Kistik fibrozisli bireylerde beslenme tedavisinin amacı, malnütrisyonu önlemek, büyüme ve gelişmeyi desteklemek ve yaşam kalitesini artırmaktır.

Yüksek Kalorili ve Yüksek Proteinli Diyet: Enerji ihtiyacını karşılamak için beslenme planları yüksek kalorili ve protein açısından zengin olmalıdır.

Pankreatik Enzim Takviyeleri: Yağ, protein ve karbonhidratların sindirimini desteklemek için bireysel dozlarda pankreatik enzim takviyeleri kullanılmalıdır.

Vitamin ve Mineral Takviyeleri: Yağda çözünen vitaminler ve sodyum gibi elektrolitlerin düzenli takviyesi önerilir.

Beslenme Destekleri: Ağızdan yeterli besin alınamayan durumlarda enteral veya parenteral beslenme seçenekleri değerlendirilmelidir. (6,7,8,9,10,17)

2.6. Nutrigenetik Perspektif

Nutrigenetik yaklaşımlar, bireyin genetik profiline uygun beslenme stratejileri geliştirerek KF'li bireylerde beslenme durumunu iyileştirebilir. Örneğin, genetik varyasyonlara dayalı mikro besin takviyesi ve enzim dozajlarının optimize edilmesi mümkündür. (7)

3.Yeni Araştırmalar ve Gelecek Perspektifleri

Kistik fibrozis (KF) tedavisi, genetik temelli hastalık mekanizmalarının anlaşılmasıyla hızla gelişmektedir. Son yıllarda CFTR proteininin işlevini iyileştiren hedefe yönelik tedaviler ve nutrigenetik yaklaşımlar, hastalığın yönetiminde umut vadeden yeni yollar açmıştır. (13,14) Bu bölümde, kistik fibrozis tedavisinde güncel araştırmalar ve gelecekteki olası yenilikler ele alınacaktır.

3.1. CFTR Modülatörleri ve Kişiselleştirilmiş Tedavi

CFTR mutasyonlarına yönelik geliştirilen modülatör ilaçlar, kistik fibrozis tedavisinde devrim yaratmıştır. Ivacaftor, Lumacaftor, Tezacaftor ve Elexacaftor gibi ilaçlar, spesifik mutasyonlara sahip hastalarda CFTR proteinin işlevini iyileştirerek solunum ve sindirim sistemi semptomlarını hafifletmektedir.

Yeni Nesil CFTR Modülatörleri: Araştırmalar, daha geniş bir mutasyon grubunu hedefleyen ve ilaç yanıtını optimize eden yeni modülatörlerin geliştirilmesine odaklanmaktadır.

Farmakogenetik Uygulamalar: Genetik testler, hangi hastaların bu ilaçlara daha iyi yanıt vereceğini belirleyerek tedaviyi kişiselleştirebilir. (13,14,15)

3.2. Nutrigenetik ve Epigenetik Yaklaşımlar

Nutrigenetik, bireylerin genetik varyasyonlarına dayalı beslenme stratejileri sunarak KF hastalarının yaşam kalitesini artırmayı hedefler.

Genetik Varyasyonlara Dayalı Diyetler: Yeni çalışmalar, CFTR mutasyonlarının yağ metabolizması, vitamin emilimi ve enerji ihtiyaçları üzerindeki etkilerini inceleyerek kişiselleştirilmiş diyet planlarının oluşturulmasına katkı sağlamaktadır.

Epigenetik Modifikasyonlar: Besin unsurlarının gen ekspresyonu üzerindeki etkilerini araştıran epigenetik çalışmalar, KF'nin tedavisinde önemli bir potansiyele sahiptir. Polifenoller ve omega-3 yağ asitleri gibi bileşiklerin gen ekspresyonunu düzenleyerek inflamasyonu azaltabileceği düşünülmektedir. (7,12)

3.3. Mikrobiyota Temelli Araştırmalar

Bağırsak mikrobiyotasının KF hastalarında hem beslenme durumu hem de bağışıklık sistemi üzerinde önemli bir rol oynadığı bilinmektedir.

Mikrobiyota Düzenleyici Tedaviler: Probiyotikler ve prebiyotikler, bağırsak mikrobiyotasını iyileştirerek besin emilimini artırabilir ve inflamasyonu azaltabilir.

Fekal Mikrobiyota Transplantasyonu (FMT): Mikrobiyota çeşitliliğini artırmaya yönelik araştırmalar, FMT'nin KF hastalarında uygulanabilirliğini incelemektedir. (6,7,15)

3.4. Gen Terapisi ve CRISPR Teknolojisi

CFTR mutasyonlarını doğrudan hedef alan gen terapisi, KF'nin kökten tedavisinde en umut verici yaklaşımlardan biridir.

Gen Düzeltme: CRISPR-Cas9 gibi gen düzenleme teknolojileri, mutasyonlu CFTR geninin onarılmasını ve işlevsel proteinin üretilmesini sağlayabilir.

Taşıyıcı Sistemler: Adeno-ilişkili virüs (AAV) gibi gen taşıyıcı sistemler, gen terapilerinin hedeflenen dokulara güvenli bir şekilde iletilmesi için kullanılmaktadır. (13,14,15)

3.5. Yaşam Kalitesini Artırmaya Yönelik Araştırmalar

KF hastalarının günlük yaşamlarını iyileştirmeye yönelik araştırmalar, hastalığın komplikasyonlarını hafifletmeye ve psikososyal destek sağlamaya odaklanmaktadır.

Beslenme ve Egzersiz Müdahaleleri: Enerji dengesini optimize eden beslenme planları ve solunum kapasitesini artıran egzersiz programları araştırılmaktadır.

Dijital Sağlık Uygulamaları: Giyilebilir cihazlar ve uzaktan takip sistemleri, hastaların sağlık durumunun sürekli izlenmesini ve tedaviye uyumun artırılmasını sağlamaktadır. (11)

Sonuç

Kistik fibrozis (KF), genetik temelli mekanizmaları ve sistemik etkileri nedeniyle kompleks bir hastalık olarak bireyselleştirilmiş yaklaşımlar gerektirmektedir. CFTR gen mutasyonlarının hastalığın şiddeti ve klinik seyri üzerindeki belirleyici rolü hem genetik temelli tedavilerin hem de nutrigenetik yaklaşımların önemini artırmıştır. Beslenme durumunun optimize edilmesi, malnütrisyonun önlenmesi ve yaşam kalitesinin artırılması, kistik fibrozisli bireylerde tedavi başarısını doğrudan etkileyen unsurlar arasında yer alır.

Son yıllarda geliştirilen CFTR modülatörleri, genetik varyasyonlara göre hedeflenen tedavilerin mümkün olduğunu kanıtlamış, bu da kişiselleştirilmiş tıp uygulamalarının önemini bir kez daha ortaya koymuştur.

Aynı zamanda nutrigenetik ve mikrobiyota temelli yaklaşımlar, KF hastalarında beslenme durumunun iyileştirilmesi ve komplikasyonların önlenmesinde umut vadeden alanlar olarak dikkat çekmektedir.

Gelecekte, gen terapisi ve CRISPR teknolojisi gibi yenilikçi tedavilerle KF'nin kökten tedavisi mümkün hale gelebilirken, dijital sağlık uygulamaları ve yapay zekâ destekli verilerle daha etkili ve bireysel tedavi stratejileri geliştirilecektir. Bununla birlikte, KF'nin yönetiminde multidisipliner bir yaklaşım benimsenmesi; genetik uzmanlar, diyetisyenler, klinisyenler ve psikososyal destek ekiplerinin bir arada çalışmasını gerektirmektedir.

Sonuç olarak; kistik fibrozis tedavisinde hem genetik temelli tedavilerin hem de beslenme müdahalelerinin hastalığın yönetiminde hayati bir rol oynadığı görülmektedir.

Gelecekteki araştırmalar ve yenilikçi yaklaşımlar, KF hastalarının yaşam süresini ve kalitesini daha da artırma potansiyeline sahiptir.

Kaynakça

1. Diab Cáceres, L., & Zamarrón de Lucas, E. (2023). Cystic fibrosis: Epidemiology, clinical manifestations, diagnosis and treatment. *Fibrosis quística: epidemiología, clínica, diagnóstico y tratamiento. Medicina clinica*, 161(9), 389–396. <https://doi.org/10.1016/j.medcli.2023.06.006>
2. Dickinson, K. M., & Collaco, J. M. (2021). Cystic Fibrosis. *Pediatrics in review*, 42(2), 55–67. <https://doi.org/10.1542/pir.2019-0212>
3. Myer, H., Chupita, S., & Jnah, A. (2023). Cystic Fibrosis: Back to the Basics. *Neonatal network : NN*, 42(1), 23–30. <https://doi.org/10.1891/NN-2022-0007>
4. Polgreen, P. M., & Comellas, A. P. (2022). Clinical Phenotypes of Cystic Fibrosis Carriers. *Annual review of medicine*, 73, 563–574. <https://doi.org/10.1146/annurev-med-042120-020148>
5. Myer, H., Chupita, S., & Jnah, A. (2023). Cystic Fibrosis: Back to the Basics. *Neonatal network : NN*, 42(1), 23–30. <https://doi.org/10.1891/NN-2022-0007>
6. Jia, S., & Taylor-Cousar, J. L. (2023). Cystic Fibrosis Modulator Therapies. *Annual review of medicine*, 74, 413–426. <https://doi.org/10.1146/annurev-med-042921-021447>

7. Mall, M. A., Burgel, P. R., Castellani, C., Davies, J. C., Salathe, M., & Taylor-Cousar, J. L. (2024). Cystic fibrosis. *Nature reviews. Disease primers*, 10(1), 53. <https://doi.org/10.1038/s41572-024-00538-6>
8. McDonald, C. M., Alvarez, J. A., Bailey, J., Bowser, E. K., Farnham, K., Mangus, M., ... & Rozga, M. (2021). Academy of nutrition and dietetics: 2020 cystic fibrosis evidence analysis center evidence-based nutrition practice guideline. *Journal of the Academy of Nutrition and Dietetics*, 121(8), 1591-1636.
9. Durmaz, S. E., & Yabancı, N. (2021). Kistik Fibroziste Mikrobelerin Ögelerinin Önemi. *Güncel Pediatri*, 19(1), 127-134
10. Ede, E., & Köseoğlu, S. Z. A. (2020). Kistik fibrozis hastalığında tıbbi beslenme tedavisi. *Journal of Health Sciences and Medicine*, 3(2), 183-186.
11. Murphy, A. J., Buntain, H. M., Wainwright, C. E., & Davies, P. S. (2006). The nutritional status of children with cystic fibrosis. *British journal of nutrition*, 95(2), 321-324.
12. Uslu, N. Z. Erişkin kistik fibrozis hastalarında klinik, fonksiyonel, psikolojik ve mikrobiyolojik özellikler ile kas gücü ve yaşam kalitesi ilişkisi.
13. Frantzen, T., Barsky, S., LaVecchia, G., Marowitz, M., & Wang, J. (2023). Evolving nutritional needs in cystic fibrosis. *Life*, 13(7), 1431.
14. Kara, U. C. Geç başlangıçlı pompe hastalığıNDA semptom taraması ile tanı algoritması oluşturulması.
15. Leonard, A., Bailey, J., Bruce, A., Jia, S., Stein, A., Fulton, J., ... & DiMango, E. (2023). Nutritional considerations for a new era: a CF foundation position paper. *Journal of Cystic Fibrosis*, 22(5), 788-795.
16. Danımanı, Ü., & Kurulu, U. Y. www.toraks.org.tr
17. Grasemann, H., & Ratjen, F. (2023). Cystic Fibrosis. *The New England journal of medicine*, 389(18), 1693–1707. <https://doi.org/10.1056/NEJMra2216474>
18. De Boeck K. (2020). Cystic fibrosis in the year 2020: A disease with a new face. *Acta paediatrica (Oslo, Norway : 1992)*, 109(5), 893–899. <https://doi.org/10.1111/apa.15155>

ACTUAL PROBLEMS OF THE FUNCTIONING OF INVESTMENT MECHANISMS IN THE SECURITIES MARKET OF THE REPUBLIC OF AZERBAIJAN**Assoc. Prof. Dr. Vugar Nazarov**Azerbaijan University of Tourism and Management, Economics
ORCID: 0000-0001-9856-7184**PhD Student Aziz Iskandarov**Azerbaijan University of Tourism and Management, Economics
ORCID: 0009-0008-1696-0459**ABSTRACT**

The most urgent task for the Republic of Azerbaijan at the modern stage is to attract investment resources to the economy in order to create conditions for its transition to the path of innovative development. At the same time, such an investment resource as the securities market is still not used in full force. In this regard, the development of the mechanism for the formation of investment resources and the improvement of its structural elements is of fundamental importance. The securities market as an organizational and economic system consists of closely interconnected separate elements involved in a single technological cycle. Its main economic function is the transformation of temporarily free funds from various owners of capital (population and enterprises) into investments by organizing the circulation of securities. This system, which ensures the financing of the production of goods and services, expands the circle of investors, intensifies cash flow, ensures the processes of their distribution and redistribution between industries and enterprises, and allows for a significant concentration of capital. The functioning of the stock market is based on competitive mechanisms, on the basis of which an objective assessment of the profitability of certain areas of investment is revealed. At the same time, the potential investor is left with the freedom to make decisions, taking into account not only the expected return but also other criteria, the main of which are the reliability and liquidity of investments in securities. Currently, securities markets with an efficient infrastructure in many countries of the world play an invaluable role in converting free capital into investments. In this regard, the main task of the stock market is to raise investors' funds through securities and invest them in the real sector of the economy. At the same time, the investment process is the first and most important function of the securities market, and the market itself is a special form of the investment mechanism of a market economy that regulates the value of securities in the process of circulation. The article is devoted to the actual problems of the functioning of investment mechanisms in the securities market of the Republic of Azerbaijan, and an in-depth analysis of the securities market of our country has been carried out.

Keywords: Volume in Circulation at Face Value, Period of Circulation, Shares of Government Bonds in the Securities Market, Shares of Notes of the CBA in the Securities Market.

INTRODUCTION

Another important function of the securities market is the intermediary function. Intermediation manifests itself in the accumulation and investment of investors' funds, as well as in the transfer of these funds from their owners to issuers. The development of market instruments ensures the movement of capital towards the areas with the highest rate of return and productive investment in the economy. For this reason, the securities market performs a reproduction function, the implementation of which contributes to the restructuring of the economy and, as a result, to achieving higher production efficiency. Through the securities market, the redistribution of generated profit takes place, which is directed towards the formation of the incomes of investors, issuers and intermediaries. In this case, the distribution function of the securities market is realized. Thus, the following main functions, which constitute the most important features of the securities market, can be distinguished: the accumulation of funds; the investment of funds; intermediary operations; ensuring the flow of capital between sectors; and the redistribution of profit (AdviserPro, n.d.; Bulletin of L. N. Gumilyov Eurasian National University, n.d.).

METHODOLOGY

Factors Complicating the Functioning of Investment Mechanisms in the Securities Market

According to the nature of the operations carried out, the securities market consists of independent segments – the primary and secondary markets. The mechanisms of the primary and secondary markets are defined on the basis of the differentiation of the processes of issuance (emission) and circulation of securities. At the same time, considering that the division of the structure of the securities market into primary and secondary segments is extremely important for its formation, a number of issues related to their organization and functioning need to be clarified. At the level of the structural elements of the securities market, the specific tasks of the primary and secondary markets have certain differences. The purpose of the primary market is to transform investors' savings into productive investments; accordingly, the starting point of its organization is the development of an enterprise strategy, and its functional task is the initial placement of securities among potential investors. The secondary market, unlike the primary one, does not increase the value of the attracted assets and does not aim to raise new funds for issuers, but ensures the resale of securities. It therefore has other functional tasks, the main of which are the following: the transfer of ownership rights to securities without the participation of the issuer; the formation of sustainable demand for securities and of public opinion (monitoring); the expansion of the investment sector; and the generation of income by intermediaries through the secondary circulation of securities (Vestnik Altaiskoy akademii ekonomiki i prava, n.d.).

The initial placement of securities is the basis for the future existence and development of the stock market. At the same time, in a number of countries, the existing conditions for the development of the securities market contribute to the inefficient operation of the primary market mechanism compared with the secondary market mechanism. Such a situation brings imbalance into the structure of the securities market, since the underdevelopment of the primary market sharply reduces the scale of capital circulation in the market as a whole (National Finance Association, n.d.).

Among the main reasons for this imbalance, the following should be noted:

- first, the inflationary depreciation of money, which causes corporations to constantly increase their authorized and debt capital in international securities markets;
- second, due to the underdevelopment of market infrastructure, investors buy securities directly from issuers, thereby minimizing the functions of intermediaries;
- third, the economies of some countries are still experiencing an ongoing redistribution of property, and corporations are therefore in no hurry to release their shares into free circulation in order to protect themselves from possible takeovers;
- fourth, the activities of some corporations are not sufficiently transparent, which significantly reduces the interest of international investors in their securities.

The absence of official ratings of securities issues in some countries also hinders the development of the primary market. In Western practice, ratings are defined as integral indices characterizing the state of the securities market as a whole, and as quantitative characteristics for each issuer that describe its financial position at the time of issuance and provide a forecast for the future. In the practice of developing countries, such calculations are often simply impossible, since the number of listed securities is very limited, and transaction prices are subject to large fluctuations that cannot always be explained by objective factors. In addition, it is difficult to obtain reliable information about the issuer, since most issuers, for various reasons, do not provide information about their activities to the media, thereby making it inaccessible for the analysis of their financial position. For the reasons listed, low efficiency of the primary market and growth of the secondary market are observed in the securities markets of developing countries. Since the secondary market reflects the speculative orientation of capital, this capital is not directed towards transformation into investments for the real sector of the economy (Eco-Vector Journals, n.d.).

Analysis of the Securities Market of the Republic of Azerbaijan

Years	Volume in circulation at face value (mln. manat)		
	Total	Government bonds	Notes of the CBA
2014	227.3	200.3	27.0
2015	122.6	122.6	0.0
2016	387.1	277.4	109.6
2017	1665.4	739.8	925.6
2018	1989.2	980.9	1008.3
2019	1841.3	1141.3	700.0
2020	2362.2	1712.2	650.0
2021	2700.2	2500.2	200.0
2022	5500.1	4161.5	1338.6
2023	7697.5	6377.4	1320.1
2024	9561.4	9353.2	208.2
2025	9346.1	8975.3	370.8

Table 1. Volume of securities in circulation at face value in the Republic of Azerbaijan in 2014–2025 (Central Bank of the Republic of Azerbaijan, 2025a)

On the basis of Table 1, it should be noted that noticeable growth was observed in the securities market of the Republic of Azerbaijan in 2014–2025: compared with 2014, the total volume in circulation at face value increased by 9,118.8 million manats, or 4,011.8%, in 2025; likewise, compared with 2014, the volume of government bonds in circulation increased by 8,775.0 million manats, or 4,380.9%, in 2025, while the volume of notes of the CBA in circulation increased by 343.8 million manats, or 1,273.3% (Central Bank of the Republic of Azerbaijan, 2025a).

Years	Period of circulation (days)		
	Total	Government bonds	Notes of the CBA
2014	644	728	21
2015	1021.5	1021.5	-
2016	289.8	398.3	15.0
2017	184.4	398.8	13.0
2018	308.1	613.9	10.5
2019	443.8	706.7	15.2
2020	521.8	713.4	17.1
2021	840.4	906.7	12.0
2022	679.8	857.4	127.4
2023	728.8	855.1	119.0
2024	808.2	826.2	-
2025	909.8	944.5	71.0

Table 2. Period of circulation of securities in the Republic of Azerbaijan in 2014–2025 (Central Bank of the Republic of Azerbaijan, 2025b)

On the basis of Table 2, it should be noted that a concerning aspect of our country's securities market relates to the period of circulation: compared with 2014, the total period of circulation increased by 265.8 days, or 41.3%, in 2025; in particular, compared with 2014, the period of circulation of government bonds increased by 216.5 days, or 29.7%, in 2025, while the period of circulation of notes of the CBA increased by 50 days, or 238.1% (Central Bank of the Republic of Azerbaijan, 2025b).

Years	Shares of government bonds and notes of the CBA in the securities market (%)	
	Government bonds	Notes of the CBA
2014	88.1	11.9
2015	100.0	0.0
2016	71.7	28.3
2017	44.4	55.6
2018	49.3	50.7
2019	62.0	38.0
2020	72.5	27.5
2021	92.6	7.4
2022	75.7	24.3
2023	82.8	17.2
2024	97.8	2.2
2025	96.0	4.0

Table 3. Shares of government bonds and notes of the CBA in the securities market of the Republic of Azerbaijan in 2014–2025 (State Statistical Committee of the Republic of Azerbaijan, 2025a, 2025b)

On the basis of Table 3, it can be concluded that, compared with 2014, the share of government bonds in the securities market increased by 7.9 percentage points and amounted to 96.0% in 2025, whereas the share of notes of the CBA decreased by 7.9 percentage points and amounted to 4.0% (State Statistical Committee of the Republic of Azerbaijan, 2025a, 2025b).

SWOT Analysis of Investment Mechanisms in the Securities Market of the Republic of Azerbaijan

STRENGTHS (GÜCLÜ TƏRƏFLƏR)	WEAKNESSES (ZƏİF TƏRƏFLƏR)
Rapid development of the government bond market Sharp growth in securities turnover in recent years Maintenance and protection of macroeconomic stability State control over and support for financial markets Development and growth of electronic trading systems Development of the legal framework for foreign investors	Low activity of corporate securities Dominance of government securities in the market Insufficient investor base Low liquidity in the secondary market Long period of circulation of securities Weak financial literacy
OPPORTUNITIES (İMKANLAR)	THREATS (TƏHLÜKƏLƏR)
Development of the corporate bond market Channelling foreign investment into various promising areas Use of green bonds and innovative financial instruments Development and growth of digital financial technologies Establishment of pension and investment funds Prospects for the capital market to become a regional financial centre	Uncertainty in global financial markets Volatility (instability) of oil prices Rising inflation risks Low level of foreign capital inflow Risk aversion of local investors Weak interest of corporate issuers in the market

CONCLUSION AND DISCUSSION

The research conducted shows that positive development trends were observed in the securities market of the Republic of Azerbaijan in 2014–2025. Thus, the volume of securities in circulation at face value rose from 227.3 million manats to 9,346.1 million manats, and the total volume of the market grew more than 40-fold. This growth occurred mainly on account of the expansion of government bond issuance. The analysis shows that in 2025 the share of government bonds in the market reached 96.0%. While this indicates, on the one hand, a high level of investor confidence in government securities, on the other hand it demonstrates the low level of diversification of the market and the insufficient development of corporate securities. Whereas a more balanced structure between government and corporate securities has been formed in developed capital markets, in Azerbaijan the bulk of the market is concentrated in government securities. In the course of the research, it was established that one of the main problems of the market is the long period of circulation of securities. The fact that the total period of circulation amounted to 909.8 days in 2025 indicates limited liquidity in the market. This situation reduces investors' ability to monetize their investments within a short period and negatively affects the attractiveness of the market.

At the same time, the limited number of corporate issuers, the insufficient expansion of the investor base, the persistently low level of financial literacy and the weak development of institutional investors act as the main factors limiting the effective functioning of investment mechanisms in the securities market.

Nevertheless, the financial sector modernization measures being implemented in the country on the basis of the current legal and strategic framework (Law of the Republic of Azerbaijan on the Securities Market, 2015; Strategic Road Map for the Development of Financial Services in the Republic of Azerbaijan, 2016; Financial Sector Development Strategy for 2024–2026, 2024), together with digitalization processes, the improvement of the legal framework and the development of the non-oil sector, create favourable opportunities for the future development of the capital market.

Thus, the primary task currently facing the stock market is to ensure the unified development of the primary and secondary market mechanisms. To this end, the main measures should be directed at increasing the transparency of issuers, improving market infrastructure, reducing taxes for holders of securities held for more than one year, mitigating the risks of the use of insider information, and expanding the role of institutional investors (Galanov, 2022; Mikhaylenko, 2022; Nikolaeva, 2022). These measures should minimize systemic risks, reduce information asymmetry and stimulate the development of long-term investment.

REFERENCES

- AdviserPro. (n.d.). Formy i vidy investirovaniya v tsennye bumagi: Klassifikatsiya, instrumenty i podkhody [Forms and types of investing in securities: Classification, instruments and approaches]. <https://adviserpro.ru/blog/formy-i-vidy-investirovaniya-v-tsennye-bumagi-klassifikatsiya-instrumenty-i-podkhody/>
- Bulletin of L. N. Gumilyov Eurasian National University, Economic Series. (n.d.). <https://bulecon.enu.kz/index.php/main/article/view/46/483>
- Central Bank of the Republic of Azerbaijan. (2025a). Official website. <https://www.cbar.az/>
- Central Bank of the Republic of Azerbaijan. (2025b). Statistical bulletin. <https://www.cbar.az/page-40/statistical-bulletin>
- Eco-Vector Journals. (n.d.). https://journals.eco-vector.com/2074-0530/article/view/67315/ru_RU
- Financial Sector Development Strategy for 2024–2026. (2024, January 26). Republic of Azerbaijan.
- Galanov, V. A. (Ed.). (2022). Rynok tsennykh bumag [Securities market] (2nd ed., rev.). Moscow: INFRA-M.
- Law of the Republic of Azerbaijan on the Securities Market. (2015, May 15).
- Mikhaylenko, M. N. (2022). Rynok tsennykh bumag [Securities market]: Textbook and practicum for academic bachelor studies (2nd ed., rev.). Moscow: Yurait.
- National Finance Association. (n.d.). Sovremennyy rynek tsennykh bumag: Ustroystvo, investitsionnye vozmozhnosti [The modern securities market: Structure and investment opportunities]. <https://nfa.ru/upload/iblock/347/>

- Nikolaeva, I. P. (2022). Rynok tsennykh bumag [Securities market]: Textbook. Moscow: Dashkov i Ko.
- State Statistical Committee of the Republic of Azerbaijan. (2025a). Official website. <https://www.stat.gov.az/>
- State Statistical Committee of the Republic of Azerbaijan. (2025b). System of national accounts. https://www.stat.gov.az/source/system_nat_accounts/
- Strategic Road Map for the Development of Financial Services in the Republic of Azerbaijan. (2016, December 6).
- Vestnik Altaiskoy akademii ekonomiki i prava [Bulletin of the Altai Academy of Economics and Law]. (n.d.). <https://vaael.ru/article/view?id=1214>

OLEİK ASİT KAPLI MANYETİK NANO-KATALİZÖRÜ KULLANILARAK SODYUM BOROHİDRİT METANOLİZİNDEN YÜKSEK VERİMLİ HİDROJEN ÜRETİMİ
HIGH-YIELD HYDROGEN PRODUCTION BY SODIUM BOROHYDRIDE METHANOLYSIS USING OLEIC ACID-COATED MAGNETIC NANO-CATALYST

Alev DİŞLİ

Mardin Artuklu University, Institute of Graduate Education, Mardin, Türkiye.

ORCID ID: 0009-0009-0828-3037

Adil UMAZ

Mardin Artuklu University, Vocational School of Health Services, Mardin, Türkiye.

ORCID ID: 0000-0003-2438-5454

Mehmet Şakir ECE

Mardin Artuklu University, Vocational School of Health Services, Mardin, Türkiye.

ORCID ID: 0000-0002-9411-314X

ÖZET

Fosil yakıtların çevresel etkileri ve tükenme riski, yenilenebilir alternatif enerji kaynaklarının geliştirilmesini zorunlu kılmuştur. Temiz bir enerji kaynağı olan hidrojen, gelecekte enerji üretimini karbonsuzlaştırma ve fosil yakıtlara olan bağımlılığı ortadan kaldırma potansiyeline sahiptir. Bu çalışmada, NaBH₄ metanoliziyle hidrojen üretiminde kullanılmak üzere, ekonomik ve yüksek performanslı oleik asit kaplı manyetik nano-katalizörü birlikte çökeltme yöntemiyle başarılı bir şekilde sentezlenmiştir. Oleik asit kaplı manyetik nano-katalizörünün NaBH₄ metanoliziyle hidrojen üretimi, oda sıcaklığında 25 mg nano-katalizör, 200 mg NaBH₄ ve 10 mL metanol kullanılarak araştırıldı. Belirlenen optimum koşullardaki hidrojen üretim hızı (HGR) 17933 mL H₂/(dk·gkat) olarak hesaplanmıştır. Oleik asit kaplı manyetik nano-katalizörünün yüksek katalitik aktiviteye, ekonomik ve kolay hazırlanabilme gibi avantajlara sahip olmasıyla gelecek vaat eden bir nano-katalizör olduğunu gösterir. Ayrıca, bu manyetik nano-katalizör pahalı soy metallerle alternatif olarak, sürdürülebilir ve yüksek performanslı bir çözüm sunmaktadır.

Anahtar Kelime: Manyetik nano-katalizörler, Hidrojen üretimi, Metanoliz, NaBH₄

ABSTRACT

The environmental impacts and depletion risk of fossil fuels have made the development of renewable alternative energy sources imperative. Hydrogen, a clean energy source, has the potential to decarbonize energy production in the future and eliminate dependence on fossil fuels. In this study, an economical and high-performance oleic acid-coated magnetic nano-catalyst was successfully synthesized by co-precipitation for use in hydrogen production by NaBH₄ methanolysis. Hydrogen production by NaBH₄ methanolysis using an oleic acid-coated magnetic nano-catalyst was investigated at room temperature using 25 mg of nano-catalyst, 200 mg of NaBH₄, and 10 mL of methanol. The hydrogen production rate (HGR) under the determined optimum conditions was calculated as 17933 mL H₂/(min·gcat). The high catalytic activity, economic efficiency, and ease of preparation of the oleic acid-coated magnetic nano-catalyst demonstrate its promising potential as a nano-catalyst. Furthermore, this magnetic nano-catalyst offers a sustainable and high-performance solution as an alternative to expensive precious metals.

Keywords: Magnetic nano-catalysts, Hydrogen production, Methanolysis, NaBH₄

GİRİŞ

Sanayinin gelişmesine bağlı olarak enerji ihtiyacı günden güne artmaktadır. Bu enerji ihtiyacı günümüzde büyük bir çoğunluğu fosil yakıt kaynaklarından elde edilmektedir. Fosil yakıtların kullanımına bağlı olarak küresel ısınma, iklim değişikliği ve hava kirliliği gibi çevresel problemlere neden olmaktadır. Ayrıca, atmosfere yayılan zararlı gazlar (karbondioksit, karbonmonoksit, kükürtdioksit, azot oksit gibi) insan sağlığı üzerinde de pek çok olumsuz etkiye sahiptir (Kaya et al., 2023). Bu nedenle, çevre üzerine zararsız ve yenilenebilir alternatif enerji kaynaklarının geliştirilmesini önemli kılmaktadır (Li et al., 2023). Yenilebilir enerji kaynaklarından biri olan hidrojen, yüksek enerji yoğunluğu, yüksek

verimlilik, toksik olmama, yenilenebilirliği ve neredeyse sıfır emisyonu nedeniyle fosil yakıtlara alternatif bir enerji kaynağı olarak görülmektedir (Cafer, 2023; Li et al., 2023). Ancak, hidrojenin taşınması, depolanması ve verimli üretimi bir yakıt kaynağı olarak kullanımı engelleyen önemli zorluklardır (Mirshafiee & Rezaei, 2024). Bu zorlukların üstesinden gelmenin yolu hidrojen depolama materyallerinin kullanımıdır (Mirshafiee & Rezaei, 2024; Yildiz, 2024). Sodyum borohidür (NaBH_4), potasyum borohidür (KBH_4), magnezyum borohidür ($\text{Mg}(\text{BH}_4)_2$), kalsiyum borohidür ($\text{Ca}(\text{BH}_4)_2$), amonyak boran (NH_3BH_3) ve lityum borohidür (LiBH_4) gibi borhidürler yüksek hidrojen depolama yoğunluğu ve güvenli kullanılabilirlik avantajları nedeniyle en cazip hidrojen depolama malzemelerinden biridir (Darabi et al., 2023; Demirci et al., 2020; Ma et al., 2024). NaBH_4 toksit ve yanıcı olmamasıyla çevre dostu olması, kolay erişilebilirliği, yüksek sıcaklık gerektirmemesi, yüksek saflığı ve ağırlıkça %10,8 hidrojen depolama kapasitesi nedeniyle diğer hidrojen depolama malzemeleri arasında oldukça avantajlı bir maddedir (Kaya et al., 2023; Sengel et al., 2023; Wang et al., 2018). NaBH_4 'ün hidroliz ve metanoliz reaksiyonu aşağıda gösterilmiştir (Sahiner & Yasar, 2016; Yildiz, 2024).



Hidroliz reaksiyonu, oda sıcaklığında NaBH_4 'ten kolayca hidrojen üretir. Ancak, hidroliz reaksiyonun yavaş olması ve NaBH_4 'ün düşük çözünürlüğü nedeniyle fazla su gerektirir ve bu da gravimetrik yoğunluğunu %32-49'a düşürür. Ayrıca, hidroliz reaksiyonu sırasında açığa çıkan sodyum metaborat (NaBO_2) katalizör yüzeyinde birikir. Bu, katalitik aktivitede bir azalmaya yol açar (Akin, 2024; Yildiz, 2024). Metanoliz reaksiyonu, daha yüksek tepkime hızı, düşük sıcaklıklarda çalışabilme, daha hızlı reaksiyon kinetiği ve metanolizde açığa çıkan sodyum tetrametoksiborat ($\text{NaB}(\text{OCH}_3)_4$) metanolde çözünerek katalizör üzerinde birikmez bu gibi avantajlarıyla öne çıkar (Kaya et al., 2023; Li et al., 2023). NaBH_4 metanoliziyle elde edilen hidrojen üretim hızı, NaBH_4 hidroliziyle elde edilenden daha yüksektir (Yildiz, 2024). Metanoliz reaksiyonun kinetiğini iyileştirmek ve hızını artırmak için katalizörlere ihtiyaç duyulmaktadır (Akin, 2024; Darabi et al., 2023). Pt, Pd ve Ru gibi soy metaller ve bunlarla hazırlanan katalizörlerin dikkate değer katalitik aktiviteye sahip olsa da, soy metal katalizörlerinin yüksek maliyeti, zaman alan hazırlanma süresi, metal katalizörlerin güvenilirliğiyle alakalı endişeler ve tekrar kullanılabilirliklerinin az olması gibi bazı dezavantajlara sahiptir (Darabi et al., 2023; Sahiner & Yasar, 2016). Bu yüzden, kolay hazırlanabilen, ekonomik ve tekrar kullanılabilen katalizörlerin geliştirilmesi önem arz etmektedir.

Bu özelliklere sahip Fe_3O_4 manyetik nano-katalizörü geniş yüzey alanına, iyi bir manyetik özelliğe, katalitik aktiviteye, çevre dostu olma özelliğine sahip olmasıyla geniş uygulamalara sahiptir (Kutluay, Ece, et al., 2021; Kutluay, Horoz, et al., 2021; Umaz, 2024a). Ayrıca, bu manyetik nano-katalizör çok sayıda aktif bölge üretir. Geniş yüzey alanına sahip olan bu nano-katalizör, yüzey enerjilerini azaltmak için topaklanma eğilimindedir. Bu topaklanmayı azaltmak için nano-katalizör bir malzemeye kaplanmalıdır (Wang et al., 2021). İlginç bir yüzey aktif madde olan oleik asit, nanomalzemelerin topaklanmasını önlemek için kullanılan ideal bir reaktiftir (Kaewmanee et al., 2019; Nalle et al., 2019). Oleik asit ($\text{C}_{18}\text{H}_{34}\text{O}_2$), diğer yüzey aktif maddelere kıyasla Fe_3O_4 'ün ince parçacıklarına olan afinitesi nedeniyle bu nanopartiküller için en yaygın kullanılan yüzey aktif maddedir. Bu davranış, Fe_3O_4 parçacıklarına bağlanan polar karboksilik asit baş grubundan kaynaklanmaktadır (Marinca et al., 2016; Ye et al., 2024).

Bu çalışmada, oleik asit kaplı manyetik nano-katalizörü birlikte çökeltme yöntemiyle sentezlenmiş ve manyetik özellik gösterdiği belirlenmiştir. Bu manyetik nano-katalizör NaBH_4 'ün metanolizi yoluyla hidrojen üretimindeki katalitik performansları ayrıntılı olarak değerlendirilmiştir. Elde edilen deneysel bulgular, oleik asit kaplı manyetik nano-katalizörün hidrojen üretim hızını ve verimini anlamlı ölçüde artırdığını, aynı zamanda düşük maliyetli ve çevre dostu bir yaklaşım sunmaktadır. Ayrıca, bu nano-katalizör varlığında NaBH_4 'ün metanoliz reaksiyonuyla hidrojen üretiminde hem laboratuvar ölçeğinde hem de potansiyel endüstriyel uygulamalarda etkin ve uygulanabilir bir şekilde kullanılabileceğini göstermektedir.

MATERYAL VE METOT**Kimyasallar**

Oleik asit kaplı manyetik nano-katalizörün sentezi için Fe₃O₄ nano-katalizörü (daha önce sentezlenmiş (Umaz, 2024b)), oleik asit (CH₃(CH₂)₇CH=CH(CH₂)₇COOH, Merck, %90) distile su ve etanol (CH₃CH₂OH, ISOLAB, %99,9) kullanıldı. NaBH₄ metanolizile hidrojen üretimi için metanol (CH₃OH, ISOLAB, %99) ve NaBH₄ (Merck, %98) kullanıldı.

Aletler

Hidrojen üretimi için sıcaklık kontrolü ve karıştırma hızı ayarlanabilen manyetik karıştırıcı üzerine yerleştirilmiş özel olarak tasarlanmış reaktör kullanıldı. Hidrojen gaz hacminin ölçülmesi için reaktöre bağlı ve su ile doldurulmuş ters çevrilmiş bir gaz toplama silindiri aracılığıyla, su–gaz yer değiştirme yöntemi kullanılarak zamana bağlı olarak izlenmiştir.

Oleik asit kaplı manyetik nano-katalizörünün HGR değeri Eşitlik (3) kullanılarak hesaplandı. HGR, hidrojen hacim–zaman eğrisinin doğrusal bölgesindeki eğimin (dV/dt) belirlenmesi ve bu değerin kullanılan katalizör kütlesine göre normalize edilmesiyle hesaplanmıştır.

$$HGR = \frac{mL H_2}{dk \times gkat} \quad (3)$$

Bu eşitlikte, mL H₂; reaksiyonda üretilen hidrojen hacmini (mL), dk; reaksiyon süresini ve gkat; nano-katalizör miktarını (g) temsil eder (Demirci et al., 2020).

Oleik Asit Kaplı Manyetik Nano-katalizör Sentezi

Bu çalışmada kullanılan oleik asit kaplı manyetik nano-katalizörü sıralı sentez yöntemi kullanılarak sentezlenmiştir. Daha önce sentezlenmiş olan Fe₃O₄ nano-katalizörü (Umaz, 2024b) kullanılarak, birlikte çöktürme yöntemi aracılığıyla oleik asit kaplı manyetik nano-katalizörü başarıyla sentezlenmiştir. Oleik asit kaplı manyetik nano-katalizörü için öncelikle reaksiyon balonuna 3 g Fe₃O₄ ve 50 mL etanol eklenerek oda sıcaklığında 30 dakika süreyle karıştırılmaya devam edildi. Ardından karışıma 4,6 mL oleik asit eklendi ve 24 saat boyunca geri soğutuculu sitemde karıştırıldı. Reaksiyon tamamlandıktan sonra, karışım soğutuldu ve oleik asit kaplı manyetik nano-katalizörleri ortamdan bir mıknatıs yardımıyla ayrıldı. Elde edilen nano-katalizör saf su ve etanolla birkaç kez yıkanarak kurutuldu (Umaz & Ece, 2025).

NaBH₄ Metanolizi ile Hidrojen Üretim Prosedürü

Sentezlenen Oleik asit kaplı manyetik nano-katalizörünün hidrojen üretimi performans deneyi özel olarak tasarlanan 100 mL'lik bir reaksiyon balonuna 25 mg nano-katalizör, 200 mg NaBH₄, 10 mL metanol eklendi ve oda sıcaklığında 400 rpm'de karıştırıldı. Hidrojen üretiminde kendiliğinden metanoliz ve oleik asit kaplı manyetik nano-katalizörün reaksiyon ortamına eklenerek hidrojen üretimini üzerine etkisi karşılaştırılmıştır.

BULGULAR VE TARTIŞMA**Oleik Asit Kaplı Manyetik Nano-katalizörün Manyetik Özelliği**

Sentezlenen oleik asit kaplı manyetik nano-katalizörün manyetik özelliği neodyum bir mıknatıs kullanılarak belirlendi. Nano-katalizör mıknatısa yaklaştırıldığında güçlü bir şekilde çekildiği belirlendi (Şekil 1). Bu da, nano-katalizörün manyetik özellik gösterdiğini gösterir. Böylece nano-katalizörün reaksiyon ortamından kolayca alınmasına olanak tanır.



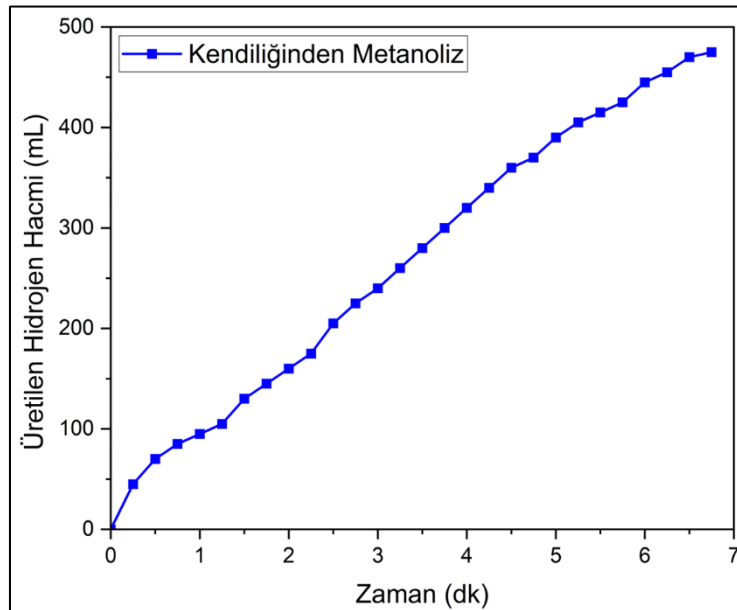
Şekil 1. Oleik asit kaplı manyetik nano-katalizörün manyetik özelliği

Oleik Asit Kaplı Manyetik Nano-katalizörü ile Hidrojen Üretimi

Sentezlenen oleik asit kaplı manyetik nano-katalizörün katalitik aktivitesi, NaBH_4 metanoliziyle belirlenen reaksiyon koşulları altında hidrojen üretimi deneyleri yapılmıştır. Hidrojen üretiminde NaBH_4 'ün kendi kendine metanolizi ve Oleik asit kaplı manyetik nano-katalizörünün hidrojen üretimi üzerine etkisi incelenmiştir.

NaBH_4 'ün Kendiliğinden Metanolizi

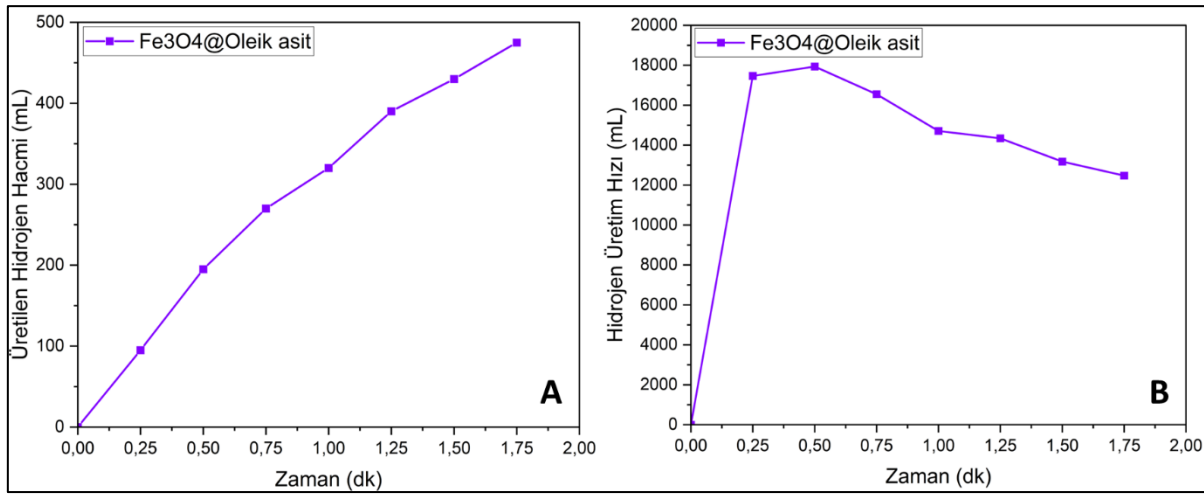
NaBH_4 , metanoliz reaksiyonunda nihai hidrojen hacmini belirleyen önemli bir parametredir. NaBH_4 'ün kendiliğinden metanolizinin belirlenmesi için oda sıcaklığında, 200 mg NaBH_4 ve 10 mL metanol kullanılarak incelenmiştir. NaBH_4 'ün kendiliğinden metanolizi Şekil 2'de gösterilmiştir. Şekil 2'de görüldüğü gibi metanoliz reaksiyonu yaklaşık 7 dakikada tamamlanmıştır. Elde edilen bulgular literatürle uyumludur (Isik et al., 2026; Taranacı et al., 2026).



Şekil 2. NaBH_4 'ün kendiliğinden metanolizi

Oleik Asit Kaplı Manyetik Nano-Katalizörünün Hidrojen Üretimine Etkisi

Nano-katalizörün hidrojen üretim hacmine ve HGR değeri üzerine etkisinin belirlenmesi için oda sıcaklığında, 25 mg oleik asit kaplı manyetik nano-katalizörü, 200 mg NaBH₄ ve 10 mL metanol kullanılarak incelenmiştir. Nano-katalizörün hidrojen üretimi üzerine etkisi Şekil 3'de gösterilmiştir. Şekil 3A incelendiğinde, metanoliz reaksiyon süresinin yaklaşık 2 dakikada tamamlandığı belirlendi. Kendiliğinden metanolizle karşılaştırıldığında oleik asit kaplı manyetik nano-katalizör varlığında metanoliz reaksiyonu çok daha hızlandığı ve reaksiyon süresinin kısaldığı belirlendi. Bu, oleik asit kaplı manyetik nano-katalizörünün katalitik performansını açıkça göstermektedir. Oleik asit kaplı manyetik nano-katalizörün kullanılmasıyla NaBH₄ metanolizinin maksimum HGR değeri 17933 mL H₂/(dk·gkat) olarak hesaplandı (Şekil 3B). Sonuç olarak nano-katalizörün reaksiyon ortamına girmesiyle metanoliz reaksiyon süresi kısaldığı ve katalitik aktivitenin arttığı belirlenmiştir. Elde edilen bulgular literatürle uyumludur (Cafer, 2023; Sahiner et al., 2017).



Şekil 3. Fe₃O₄@Oleik asit nano-katalizörünün hidrojen üretimine etkisi (A) ve zamana bağlı olarak HGR değişimi (B)

Fe₃O₄-destekli nano-katalizörlerin NaBH₄ metanoliziyle hidrojen üretiminde kullanımına ilişkin literatürde sınırlı sayıda çalışma bulunmaktadır. Tablo 1, Fe₃O₄-destekli ve diğer katalizörlerin oleik asit kaplı manyetik nano-katalizörünün NaBH₄ metanoliziyle hidrojen üretim performanslarının karşılaştırmasını göstermektedir. Tablo 1 incelendiğinde, oleik asit kaplı manyetik nano-katalizörünün katalitik aktivitesi diğer katalizörlerden daha yüksek olduğu belirlendi. Bu da, oleik asit kaplı manyetik nano-katalizörü küçük miktarlarda kullanıldığında bile NaBH₄'ün metanolizini desteklemede iyi ve yüksek katalitik aktivite sergilemektedir. Oleik asit kaplı manyetik nano-katalizörün ekonomik olarak hazırlanması ve yüksek katalitik aktivite göstermesi gibi avantajları nedeniyle literatürde birçok katalizörden üstün özellik gösterir.

Tablo 1. Oleik asit kaplı manyetik nano-katalizörünün NaBH₄ metanoliziyle hidrojen üretim performanslarının diğer katalizörle karşılaştırılması

Katalizörler	Sıcaklık (K)	Katalizör Miktarı (mg)	NaBH ₄ Miktarı (mg)	HGR (mL H ₂ /dk·gkat)	Kay.
Chitosan-zeolite-H	303	10	250	17500	(Cafer, 2023).
CALB (N-435)	303	10	150	10217	(Taranacı et al., 2026).
Fe ₃ O ₄ @SiO ₂ @NH ₃ ⁺ Cl ⁻	298	50	380	13188	(Sahiner et al., 2017).
MF	303	50	125	20540	(Isik et al., 2026).
((Me ₂ bipy)[Cd ₂ (μ ₄ -btc) ₂]) _n (OGU-2)	303	10	125	15400	(Coşkun et al., 2025).

Fe ₃ O ₄ @SiO ₂ @Tris@Ni	298	75	75	1067	(Saqib et al., 2025).
Oleik kaplı manyetik nano-katalizör	298	25	200	17933	Bu çalışmada

SONUÇ

Bu çalışmada, NaBH₄ metanoliziyle hidrojen üretim için uygun maliyetli oleik asit kaplı manyetik nano-katalizörün sentezlenmesi ve hidrojen üretiminde kullanılmasına odaklanmaktadır. Oleik asit kaplı manyetik nano-katalizörü birlikte çökeltme ve sıralı sentez yöntemiyle başarılı bir şekilde sentezlenmiştir. Sentezlenen nano-katalizörün manyetik özelliğinin belirlenmesi için neodyum mıknatıs kullanılarak belirlenmiştir. Oleik asit kaplı manyetik nano-katalizörü mıknatıs tarafından güçlü bir şekilde çekildiği belirlenmiştir. Sentezlenen nano-katalizörün manyetik özellik gösterdiği kanıtlanmıştır. Oleik asit kaplı manyetik nano-katalizörü, NaBH₄'ün metanoliziyle hidrojen üretimi, HGR açısından değerlendirilmiştir. Bu nano-katalizörün NaBH₄ metanolizi oda sıcaklığında 25 mg oleik asit kaplı manyetik nano-katalizör, 200 mg NaBH₄ ve 10 mL metanol kullanılarak maksimum HGR değerine ulaşılmıştır. Belirlenen optimum koşullarda HGR değeri 17933 mL H₂/(dk·gkat) olarak hesaplanmıştır. Sentezlenen bu nano-katalizör, NaBH₄ metanoliz reaksiyonu için optimum katalitik performans sergileyerek hidrojen üretiminde etkili ve ekonomik bir yaklaşım sunmaktadır. Bu sonuçlar, katalizörün sürdürülebilir hidrojen üretimi için gelecek vaat eden ve maliyet etkin bir seçenek olduğunu kanıtlamaktadır. Sonuç olarak, çevre dostu ve ekonomik bir manyetik nano-katalizörle NaBH₄ metanoliziyle etkili ve verimli hidrojen üretimi gerçekleştirilmiştir. Bu da, bu manyetik nano-katalizörün hidrojen enerji teknolojileri için mükemmel bir katalizör olduğunu gösterir.

TEŞEKKÜR

Bu çalışma, Mardin Artuklu Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi tarafından MAÜ.BAP.24.LEE.038 numaralı proje kapsamında desteklenmiştir. Yazarlar, sağlanan destek için Mardin Artuklu Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi'ne teşekkürlerini sunarlar.

KAYNAKLAR

- Akin, M. B. (2024). Hydrogen generation from methanolysis of sodium borohydride using boric acid as a catalyst. *Energy Sources, Part A: Recovery, Utilization, and Environmental Effects*, 46(1), 5994-6004.
- Cafer, S. (2023). Highly active hydrogen generation from sodium borohydride methanolysis and ethylene glycolysis reactions using protonated chitosan-zeolite hybrid metal-free particles. *Applied Catalysis B: Environmental*, 325, 122335.
- Coşkun, F. T., Gökkuş, K., & Yeşilel, O. Z. (2025). Cobalt (II) and Cadmium (II) Metal–Organic Framework with Benzene-1, 3, 5-tricarboxylate and Viologen Guest: Stimuli-Responsive Photochromism, Volatile Amine Detection, and Hydrogen Generation. *ACS omega*, 10(16), 16938-16951.
- Darabi, R., Gu, Q., Mehrizi, A. A., Altuner, E. E., Alhrasishawi, W., Gulbagca, F.,...Kaynak, I. (2023). Synthesis, characterization, and enhanced hydrogen generation from NaBH₄ methanolysis of highly dispersed bimetallic PdNi nanoparticles supported on Vulcan carbon. *Molecular Catalysis*, 547, 113245.
- Demirci, S., Sunol, A. K., & Sahiner, N. (2020). Catalytic activity of amine functionalized titanium dioxide nanoparticles in methanolysis of sodium borohydride for hydrogen generation. *Applied Catalysis B: Environmental*, 261, 118242.
- Isik, U., Gultekin, E., Karakas, D. E., & Kaya, M. (2026). Synthesis and characterization of triazole-based schiff bases as novel highly efficient organocatalysts for rapid H₂ generation via NaBH₄ methanolysis. *Fuel*, 406, 137052.
- Kaewmanee, T., Wannapop, S., Phuruangrat, A., Thongtem, T., Wiranwetchayan, O., Promnopas, W.,...Thongtem, S. (2019). Effect of oleic acid content on manganese-zinc ferrite properties. *Inorganic Chemistry Communications*, 103, 87-92.

- Kaya, S., Saka, C., Caglar, A., Kaya, M., & Kivrak, H. (2023). Enhanced photocatalytic hydrogen production on Cd-, Te-, Se-, and S-doped titanium dioxide catalysts. *Journal of Electronic Materials*, 52(12), 8227-8236.
- Kutluay, S., Ece, M. Ş., Şahin, Ö., Kahraman, Z., Önal, F., & Atku, F. (2021). Derik Halhalı Zeytin Çekirdeğinden Çevre Dostu Selülozik Manyetik Nano-Adsorbent Üretimi ve Benzen Gideriminde Kullanılması. *Bitlis Eren Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 10(4), 1535-1551.
- Kutluay, S., Horoz, S., Şahin, Ö., Ekinci, A., & Ece, M. Ş. (2021). Highly improved solar cell efficiency of Mn-doped amine groups-functionalized magnetic Fe₃O₄@ SiO₂ nanomaterial. *International Journal of Energy Research*, 45(14), 20176-20185.
- Li, X., Yang, N., Cen, X., Li, S., Zhang, L., & Lu, Z.-H. (2023). Exceptional activity of hollow porphyrin frameworks-confined Ni nanoparticles for hydrogen production from NaBH₄ methanolysis. *Fuel*, 354, 129332.
- Ma, M., Zhou, W., Zhang, Y., Huang, Q., Hu, Z., & Ouyang, L. (2024). Natural lignin as efficient catalyst for H₂ production from NaBH₄ methanolysis at low temperature. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 12(1), 111615.
- Marinca, T., Chicinaş, H., Neamtu, B., Isnard, O., Pascuta, P., Lupu, N.,...Chicinaş, I. (2016). Mechano-synthesis, structural, thermal and magnetic characteristics of oleic acid coated Fe₃O₄ nanoparticles. *Materials Chemistry and Physics*, 171, 336-345.
- Mirshafiee, F., & Rezaei, M. (2024). Bifunctional CoNi/Fe₃O₄@ GO catalyst for hydrogen generation through NaBH₄ in different solvolytic environments: The effect of sequential metal introduction. *International Journal of Hydrogen Energy*, 68, 1108-1118.
- Nalle, F., Wahid, R., Wulandari, I., & Sabarudin, A. (2019). Synthesis and characterization of magnetic Fe₃O₄ nanoparticles using oleic acid as stabilizing agent. *Rasayan J. Chem*, 12(1), 14.
- Sahiner, N., & Yasar, A. O. (2016). A new application for colloidal silica particles: natural, environmentally friendly, low-cost, and reusable catalyst material for H₂ production from NaBH₄ methanolysis. *Industrial & engineering chemistry research*, 55(43), 11245-11252.
- Sahiner, N., Yasar, A. O., & Aktas, N. (2017). H₂ generation from NaBH₄ methanolysis via magnetic field sensitive ionic liquid coated silica particles as catalyst. *Surfaces and Interfaces*, 8, 36-44.
- Saqib, S., Imran, M., Kanwal, F., & Adil, S. F. (2025). Harnessing biomass-derived C/Fe₃O₄/Bi₂O₃ nanocomposites for efficient photocatalytic degradation of textile dyes in wastewater. *Desalination and Water Treatment*, 101457.
- Sengel, S. B., Deveci, H., & Butun, V. (2023). PDMA cryogel beads as a catalyst for hydrogen generation from NaBH₄ alcoholysis. *International Journal of Hydrogen Energy*, 48(76), 29530-29541.
- Taranacı, S., Güneylüoğlu, S., Turan, C. Ü., Kaptan, Y., Kutluay, S., & Guvenilir, Y. (2026). Biocatalytic hydrogen production from sodium borohydride methanolysis using immobilized *Candida antarctica* lipase as an environmentally friendly, metal-free biocatalyst. *Materials Science and Engineering: B*, 329, 119447.
- Umaz, A. (2024a). Fe₃O₄@ SA MNCs Synthesis, Characterization, and First-time Use in Hydrogen Production by NaBH₄ Hydrolysis. *Journal of the Turkish Chemical Society Section A: Chemistry*, 11(1), 205-216.
- Umaz, A. (2024b). Synthesis and characterization of novel magnetic nano-catalyst (Fe₃O₄@ SiO₂@ EDDHA-Fe) and their hydrogen production activity. *Ceramics International*, 50(11), 18258-18268.
- Umaz, A., & Ece, M. Ş. (2025). Design, synthesis, characterization, and surface texture investigation of a novel nickel-supported magnetic nanocatalyst (hierarchical layered) for efficient hydrogen production (hydrolysis/alcoholysis). *Surfaces and Interfaces*, 72, 107113.
- Wang, F., Wang, Y., Zhang, Y., Luo, Y., & Zhu, H. (2018). Highly dispersed RuCo bimetallic nanoparticles supported on carbon black: enhanced catalytic activity for hydrogen generation from NaBH₄ methanolysis. *Journal of materials science*, 53(9), 6831-6841.
- Wang, S., Long, J., Jiang, T., Shao, L., Li, D., Xie, X., & Xu, F. (2021). Magnetic Fe₃O₄/CeO₂/g-C₃N₄ composites with a visible-light response as a high efficiency Fenton photocatalyst to synergistically degrade tetracycline. *Separation and Purification Technology*, 278, 119609.

- Ye, P., Yu, L., Guo, J., Yao, M., Qiu, J., Chen, G.,...Ouyang, G. (2024). Green determination of glucocorticoids in water environment based on novel polydopamine coated iron tetroxide via magnetic dispersive solid phase microextraction. *Green Analytical Chemistry*, 10, 100136.
- Yildiz, D. (2024). Hydrogen generation from NaBH₄ methanolysis with Ru/AC catalyst synthesized by microwave reduction method. *Waste and Biomass Valorization*, 15(7), 4061-4070.

EJONS 19th INTERNATIONAL CONGRESS

"Scientific Research and Recent Developments"

June 25-27, 2026 / Istanbul Okan University, Istanbul, Türkiye



REF: AKADEMİK TEŞVİK

İLGİLİ MAKAMA

19. Ejons Uluslararası Bilimsel Araştırmalar ve Güncel Gelişmeler Kongresi 25-27 Haziran 2026 tarihleri arasında Türkiye / İstanbul'da 29 farklı ülkenin (Türkiye-83, Diğer Ülkelerden-89) 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. Osman ERKMEN
Istanbul Okan University
CONGRESS PRESIDENT



İSTANBUL
OKAN ÜNİVERSİTESİ

T.C.
İSTANBUL OKAN ÜNİVERSİTESİ
REKTÖRLÜĞÜ

Sayı : E-56200091-100-2026.69.663551
Konu : Kongre Onayı

14/04/2026

SAĞLIK BİLİMLERİ FAKÜLTESİ DEKANLIĞINA

İlgi : 07.04.2026 tarihli ve E-26494018-100-2026.21.661684 sayılı yazınız.

İlgi yazınıza istinaden, Fakülteniz Beslenme ve Diyetetik Bölüm Başkanlığından tarafınıza sunulan yazı doğrultusunda, söz konusu kongrenin Kongre Başkanı ve Düzenleme Kurulu tarafından düzenlenmesi Rektörlüğümüzce uygun görülmüştür.

Gereğini bilgilerinize rica ederim.

Saygılarımla,

Prof. Dr. Güliz MUĞAN
Rektör

Bu belge güvenli elektronik imza ile imzalanmıştır.

Belge Doğrulama Kodu: C95C1368-88D5-4FD0-B041-C703F7706C36

Belge Doğrulama Adresi: <https://www.turkiye.gov.tr/istanbul-okan-universitesi>

Adres: Okan Üniversitesi Tuzla Kampüsü, 34959 Akfırat - Tuzla / İSTANBUL

E-posta: Elektronik Ağ: www.okan.edu.tr

Telefon: 0 (216) 677 16 30 Faks:0 (216) 677 16 47

Kep: okanuniversitesi@hs01.kep.tr

Bilgi için: Ebru AVCI

Kıdemli Uzman

Telefon: 0216 677 21 37



T.C.
İSTANBUL OKAN ÜNİVERSİTESİ REKTÖRLÜĞÜ
Sağlık Bilimleri Fakültesi Dekanlığı
Beslenme ve Diyetetik Bölümü

DAĞITIM LİSTESİ

Gereği:
Sağlık Bilimleri Fakültesi



00000663116



— İSTANBUL —
OKAN ÜNİVERSİTESİ

T.C.
İSTANBUL OKAN ÜNİVERSİTESİ REKTÖRLÜĞÜ
Sağlık Bilimleri Fakültesi Dekanlığı

Sayı : E-26494018-100-2026.21.661684
Konu : Kongre Onayı Hakkında

08/04/2026

REKTÖRLÜK MAKAMINA

İLGİ: 06.04.2026 tarih ve E-26494018-100-2026.84321.662195 sayılı yazı,

Fakültemiz Beslenme ve Diyetetik Bölüm Başkanlığından alınan ve ekte sunulan ilgi yazı doğrultusunda, söz konusu kongrenin Kongre Başkanı ve Düzenleme Kurulu tarafından düzenlenebilmesi için gerekli iznin EBYS üzerinden imzalı olarak verilmesi hususunda gereğini bilgilerinize arz ederim.

Prof. Dr. Gonca MUMCU
Sağlık Bilimleri Fakültesi Dekanı

Ek:

- 1- 1) ICoN-FAC-2 2026-Kongre İzni
- 2- Kongre Onayı Hakkında_Ustyazi



İstanbul Okan Üniversitesi Rektörlüğüne

İstanbul Okan Üniversitesi Sağlık Bilimleri Fakültesi Beslenme ve Diyetetik Bölümü ile İKSAD iş birliğinde, 25-27 Haziran 2026 tarihleri arasında Çevrimiçi Katılım (Online) olarak “19. EJONS Uluslararası Kongresi: Bilimsel Araştırmalar ve Güncel Gelişmeler” başlıklı uluslararası kongrenin düzenlenmesi planlanmaktadır.

Söz konusu kongrenin önceki organizasyonlarında da kongre başkanı olarak görev almış bulunmaktayım. Ayrıca İKSAD iş birliğiyle, yurt içinde ve yurt dışında Paris, Kiev ve Azerbaycan gibi çeşitli merkezlerde, üniversiteler veya kongre merkezleri bünyesinde düzenlenen 50’nin üzerinde kongrede Kongre Başkanı veya Düzenleme Kurulu üyesi olarak görev yaptım.

Planlanan bu kongrede, aşağıda belirtilen “**Kongre Başkanı (Congress President)**” ile “**Düzenleme Kurulu (Organizing Board)**” üyeleri, İstanbul Okan Üniversitesi Beslenme ve Diyetetik Bölümü öğretim elemanları ve akademik personelinden oluşacak; kongrenin akademik ve bilimsel faaliyetlerinden sorumlu olacaklardır. **Üniversitemiz** ise kongre afişlerinin hazırlanması ve kongre duyurusunun diğer üniversitelere duyurulması süreçlerinde görev alacaktır.

İKSAD Enstitüsü ise kongre faaliyetleri için gerekli personelin temini, kongre web sayfasının hazırlanması (<https://www.ejonscongress.org/tr>), kongre duyurularının yapılması, kongre özet ve tam metin kitaplarının çevrim içi kongre sayfasında yayımlanması ve kongreye ilişkin mali süreçlerin yürütülmesinden sorumlu olacaktır. Kongreye ilişkin tüm haklar İKSAD Enstitüsü’ne ait olacaktır.

Yukarıda belirtilen uluslararası kongrenin, Kongre Başkanı ve Düzenleme Kurulu tarafından düzenlenebilmesi hususunda gerekli iznin verilmesini arz ederim.

Prof. Dr. Osman ERKMEN
Beslenme ve Diyetetik Bölüm Başkanı

ONURSAL BAŞKAN

Prof. Dr. Güliz MUĞAN - İstanbul Okan Üniversitesi Rektörü

KONGRE BAŞKANI

Prof. Dr. Osman ERKMEN - İstanbul Okan Üniversitesi

DÜZENLEME KURULU

Doç. Dr. Berrak Dumlupınar - İstanbul Okan Üniversitesi
Dr. Öğr. Üyesi İrem Karamollaoğlu - İstanbul Okan Üniversitesi
Dr. Öğr. Üyesi Ömer Çağatay Demir - İstanbul Okan Üniversitesi
Dr. Öğr. Üyesi Funda Şensoy - İstanbul Okan Üniversitesi
Öğr. Gör. Bekir Kürşat AYDIN - İstanbul Okan Üniversitesi
Öğr. Gör. Ayça AYDIN - İstanbul Okan Üniversitesi
Öğr. Gör. Gülyfe Beyza YILDIRIM - İstanbul Okan Üniversitesi
Öğr. Gör. Şevval Eda SARIKAYA - İstanbul Okan Üniversitesi
Öğr. Gör. Rabia Ela ERTEM - İstanbul Okan Üniversitesi
Arş. Gör. Hasret Gülüş Oymak - İstanbul Okan Üniversitesi

HONORARY PRESIDENT

Prof. Dr. G l z MUĞAN - Rector of the Istanbul Okan University

CONGRESS PRESIDENT

Prof. Dr. Osman ERKMEN - Istanbul Okan University

ORGANIZING COMMITTEE

Assoc. Prof. Dr. Berrak Dumlupınar - Istanbul Okan University
Assist. Prof. Dr. İrem Karamollaoğlu - Istanbul Okan University
Assist. Prof. Dr. Ömer Çağatay Demir - Istanbul Okan University
Assist. Prof. Dr. Funda Şensoy - Istanbul Okan University
Lecturer Bekir Kürşat AYDIN - Istanbul Okan University
Lecturer Ayça AYDIN - Istanbul Okan University
Lecturer G lyfe Beyza YILDIRIM - Istanbul Okan University
Lecturer Şevval Eda SARIKAYA - Istanbul Okan University
Lecturer Rabia Ela ERTEM - Istanbul Okan University
Res. Assist. Hasret Gülüş Oymak - Istanbul Okan University