

PROCEEDING BOOK



TBİLİSİ-GÜRCİSTAN
2 - 5 MAYIS 2024

AVRASYA 10. ULUSLARARASI UYGULAMALI BİLİMLER KONGRESİ



AVRASYA

10th INTERNATIONAL CONFERENCE ON APPLIED SCIENCES

**MAY 2 - 5, 2024
TBİLİSİ**

ISBN : 978-625-6283-11-4

ACADEMY GLOBAL PUBLISHING HOUSE





AVRASYA
10TH INTERNATIONAL CONFERENCE ON APPLIED SCIENCES
MAY 2 - 5, 2024
TBILISI

Edited By
Prof. Dr. ALİ BİLGİLİ

CONGRESS ORGANIZING BOARD

Head of Conferences : Prof. Dr. Ali Bilgili
Head of Organizing Board: Dr Gültekin Gürçay
Organizing Committee Member: Prof. Dr. Hülya Çiçek
Organizing Committee Member: Prof. Dr. Həcər Hüseynova
Organizing Committee Member: Prof. Dr. Naile Bilgili
Organizing Committee Member: Doç. Dr. Nazikə Abdullazadə
Organizing Committee Member: PROF. DR. BAŞAK HANEDAN
Organizing Committee Member: Prof. Dr. Hülya Çiçek
Organizing Committee Member: Prof. Dr. Dwi Solisworo
Organizing Committee Member: Prof. Dr. Dody Hartando
Organizing Committee Member: Prof. Dr. Raihan Yusoph
Organizing Committee Member: Assoc. Prof. Dr. Ivaylo Staykov
Organizing Committee Member: Assist. Prof. Dr. K. R. Padma
Organizing Committee Member: Dr. Mehdi Meskini Heydarlou
Organizing Committee Member: Dr. Amaneh Manafidizaji
Organizing Committee Member: Aynur Əliyeva

All rights of this book belong to Academy Global Publishing House

Without permission can't be duplicate or copied.

Authors of chapters are responsible both ethically and juridically.

Academy Conference-2024 ©

Issued: 30.05.2024

ISBN: 978-625-6283-11-4

CONFERENCE ID

AVRASYA 10TH INTERNATIONAL CONFERENCE ON APPLIED SCIENCES

DATE – PLACE

MAY 2 - 5, 2024

TBILISI

ORGANIZATION

ACADEMY GLOBAL CONFERENCES

EVALUATION PROCESS

All applications have undergone a double-blind peer review process.

PARTICIPATING COUNTRIES

TURKEY – India - North Cyprus, - Tunisia – Japan – Iran – Thailand - Prague Czech Republic – Pakistan – Brazil – Indonesia – Oman - North Korea - Vietnam - Bahrain – Uzbekistan - United Arab Emirates – Yemen – Guyana – Cuba – Chile – Bulgaria – Malaysia – Russia – Poland –

PRESENTATION

Oral presentation

PERCENTAGE OF PARTICIPATION

More than 50 % of paper are presented by participants from maintained countries.

34 papers from Turkey and 48 paper from other countries.

Members of the organizing committees of the conference perform their duties with an "official assignment letter"

LANGUAGES

Turkish, English, Russian, Persian, Arabic

Scientific & Review Committee

Prof. Dr. Ali BİLGİLİ – Türkiye
Prof. Dr. Naile BİLGİLİ – Türkiye
Prof. Dr. Başak HANEDAN – Türkiye
Prof. Dr. Hülya Çiçek KANBUR – Türkiye
Prof. Dr. Emine KOCA – Türkiye
Prof. Dr. Fatma KOÇ – Türkiye
Prof. Dr. Bülent KURTİŞOĞLU – Türkiye
Prof. Dr. Hajar Huseynova – Azerbaijan
Prof. Dr. Dwi SULISWORO – Indonesia
Prof. Dr. Natalia LATYGINA – Ukraina
Prof. Dr. Yunir ABDRAHIMOV – Russia
Prof. Muntazir MEHDI – Pakistan
Prof. Dr. Raihan YUSOPH – Philippines
Prof. Dr. Akbar VALADBİGİ – Iran
Prof. Dr. F. Oben ÜRÜ – Türkiye
Prof. Dr. T.Venkat Narayana RAO – India
Prof. Dr. İzzet GÜMÜŞ – Türkiye
Prof. Dr. Mustafa BAYRAM – Türkiye
Prof. Dr. Saim Zeki BOSTAN – Türkiye
Prof. Dr. Hyeonjin Lee – China
Assoc. Prof. Dr. Abdulsemet AYDIN – Türkiye
Assoc. Prof. Dr. Mehmet Fırat BARAN - Türkiye
Assoc. Prof. Dr. Dilorom HAMROEVA - Uzbekistan
Assoc. Prof. Dr. Abbas GHAFARI – Iran
Assoc. Prof. Dr. Yeliz ÇAKIR SAHİLLİ - Türkiye
Assoc. Prof. Ivaylo STAYKOV - Bulgaria
Assoc. Prof. Dr. Dini Yuniarti – Indonesia
Assoc. Prof. Dr. Ümit AYATA – Türkiye
Assoc. Prof. Dr. Okan SARIGÖZ – Türkiye
Assoc. Prof. Dr. Eda BOZKURT – Türkiye
Assoc. Prof. Dr. Ahmet TOPAL – Türkiye
Assoc. Prof. Dr. Abdulkadir Kırbaş – Türkiye
Assoc. Prof. Dr. Mesut Bulut – Türkiye
Assoc. Prof. Dr. Fahriye Emgili – Türkiye
Assoc. Prof. Dr. Sandeep GUPTA – India
Assoc. Prof. Dr. Veysel PARLAK – Türkiye
Assoc. Prof. Dr. Mahmut İSLAMOĞLU – Türkiye
Assoc. Prof. Dr. Nazile Abdullazade – Azerbaijan
Assist. Prof. Dr. Göksel ULAY – Türkiye
Assist. Prof. K. R. PADMA – India
Assist. Prof. Dr. Omid AFGHAN - Afghanistan
Assist. Prof. Dr. Maha Hamdan ALANAZİ - Saudi Arabia
Assist. Prof. Dr. Dzhakipbek Altaevich ALTAYEV - Kazakhstan
Assist. Prof. Dr. Amina Salihi BAYERO – Nigeria
Assist. Prof. Dr. Baurcan BOTAKARAEV - Kazakhstan
Assist. Prof. Dr. Ahmad Sharif FAKHEER - Jordania
Assist. Prof. Dr. Gültekin GÜRÇAY – Türkiye

Assist. Prof. Dr. Dody HARTANTO - Indonesia
Assist. Prof. Dr. Mehdi Meskini HEYDALOU – Iran
Assist. Prof. Dr. Bazarhan İMANGALİYEVA - Kazakhstan
Assist. Prof. Dr. Keles Nurmaşılı JAYLIBAY - Kazakhstan
Assist. Prof. Dr. Mamatkuli JURAYEV – Ozbekistan
Assist. Prof. Dr. Kalemkas KALIBAEVA – Kazakhstan
Assist. Prof. Dr. Bouaraour KAMEL – Algeria
Assist. Prof. Dr. Alia R. MASALİMOVA - Kazakhstan
Assist. Prof. Dr. Amanbay MOLDİBAEV - Kazakhstan
Assist. Prof. Dr. Ayslu B. SARSEKENOVA - Kazakhstan
Assist. Prof. Dr. Bhumika SHARMA - India
Assist. Prof. Dr. Gulşat ŞUGAYEVA – Kazakhstan
Assist. Prof. Dr. K.A. TLEUBERGENOVA - Kazakhstan
Assist. Prof. Dr. Cholpon TOKTOSUNOVA – Kirgizia
Assist. Prof. Dr. Hoang Anh TUAN - Vietnam
Assist. Prof. Dr. Botagul TURGUNBAEVA - Kazakhstan
Assist. Prof. Dr. Dinarakhan TURSUNALİEVA - Kirgizia
Assist. Prof. Dr. Yang ZİTONG – China
Assist. Prof. Dr. Gulmira ABDİRASULOVA – Kazakhstan
Assist. Prof. Dr. Imran Latif Saifi – South Africa
Assist. Prof. Dr. Zohaib Hassan Sain – Pakistan
Assist. Prof. Dr. Murat GENÇ – Türkiye
Assist. Prof. Dr. Monisa Qadiri – India
Assist. Prof. Dr. Vaiva BALCIUNIENE – Lithuania
Assist. Prof. Dr. Meltem AVAN – Türkiye
Assist. Prof. Dr. Nihayet KOÇYİĞİT - Türkiye
Aynurə Əliyeva - Azerbaijan
Sonali MALHOTRA - India



T.C.
ATATÜRK ÜNİVERSİTESİ REKTÖRLÜĞÜ
Veteriner Fakültesi Dekanlığı



Sayı : E-36643897-000-2300315795
Konu : Görevlendirilme.

05.10.2023

KLİNİK BİLİMLER BÖLÜMÜ BAŞKANLIĞINA

İlgi : 04.10.2023 tarihli ve E-36643897-000-2300313904 sayılı belge.

İlgide kayıtlı yazıda belirtildiği üzere, Bölümünüz Veterinerlik İç Hastalıkları Anabilim Dalı öğretim üyelerinden Prof. Dr. Başak HANEDAN'ın, "Academy Global Conferences & Publishing tarafından önümüzdeki tarihlerde düzenlenecek olan uluslararası kongrelerde; kongre başkanı, kongre düzenleme ve bilim kurulu üyesi olarak görevlendirilmesi Dekanlığımızca uygun görülmüştür.

Bilgilerinizi ve gereğini rica ederim.

Prof.Dr. Yavuz Selim SAĞLAM
Dekan

Bu belge, güvenli elektronik imza ile imzalanmıştır.

Doğrulama Kodu: c147f559-545f-45be-8400-8eec2b215b38
Atatürk Üniversitesi Veteriner Fakültesi 25240 Erzurum
Tel: +90 442 2317222
Elektronik Ağ: <http://www.atauni.edu.tr/#!birim=veteriner-fakultesi>
Kep Adresi: atauni@hs01.kep.tr

Doğrulama Adresi: <https://www.turkiye.gov.tr/ataturk-universitesi-ebys>

Bilgi: Derya FINDIK
Faks: +90 442 2317244
E-Posta: vetfak@atauni.edu.tr



AVRASYA 10th INTERNATIONAL CONFERENCE ON
SOCIAL SCIENCES
AVRASYA 10th INTERNATIONAL CONFERENCE ON
APPLIED SCIENCES
ArtAsya 1st INTERNATIONAL GROUP EXHIBITION
MAY 2 - 5, 2024
TBILISI

Kongre Bağlantı Linki :

Join Zoom Meeting

<https://us06web.zoom.us/j/81604584722?pwd=y2kFvDBw8AEhxbZ5eSknYVkdXt0yTt.1>

Meeting ID: 816 0458 4722

Passcode: 202224



ÖNEMLİ AÇIKLAMA (Lütfen okuyunuz)

- ZOOM bağlantısı için yukarıda verilen bağlantıyı veya yine yukarıda verilen giriş bilgilerini kullanabilirsiniz.
- Oturum içerisinde en KIDEMLİ olan moderator olarak seçilir. Moderatörün oturum düzenini gözetmesi, akademisyen adaylarını yönlendirmesi beklenmektedir.
- Oturuma bağlanmadan önce Salon numaranızı adınızın önüne aşağıdaki gibi ekleyiniz. Bu sayede kongre açılışında beklemeden oturumlarınıza gönderilebileceksiniz. Ör. 5 Ahmet Ahmetoglu
- Sunum süresi 10 dakikadır. Bu sürenin aşılmamasını moderatörler temin edecektir.
- Sunum sonrası 5 dakikayı geçmeyen soru-cevap, tartışma süresi verilmektedir.
- Sunumlar TÜRKÇE veya İNGİLİZCE yapılabilmektedir.
- Kameralar, oturum süresince toplam % 70 oranında açık olmak zorundadır.
- Sunum yapan katılımcının kamerası açık olmak zorundadır.
- Sunum yapmak zorunludur. Herhangi bir nedenle sunum yapmamış olan katılımcıya sertifika verilmesi ve çalışmasının yayınlanması söz konusu olamaz.
- Katılımcı, kendi oturumda, oturum bitene kadar bulunmak zorundadır.
- Katılımcıların kendi oturumları dışındaki oturumlara katılma zorunluluğu yoktur.
- ZOOM platformunun kapasite sınırı nedeniyle, DİNLEYİCİ, sadece kapasite izin verdiği sürece kabul edilebilmektedir.

IMPORTANT, PLEASE READ CAREFULLY

- To be able to make a meeting online, login via <https://zoom.us/join> site, enter ID instead of “Meeting ID or Personal Link Name” and solidify the session.
- The Zoom application is free and no need to create an account.
- The Zoom application can be used without registration.
- The application works on tablets, phones and PCs.
- Speakers must be connected to the session **10 minutes before** the presentation time.
- All congress participants can connect live and listen to all sessions.
- During the session, your camera should be turned on **at least %70** of session period
- Moderator is responsible for the presentation and scientific discussion (question-answer) section of the session.

TECHNICAL INFORMATION

- Make sure your computer has a microphone and is working.
- You should be able to use screen sharing feature in Zoom.
- Attendance certificates will be sent to you as pdf at the end of the congress.
- Moderator is responsible for the presentation and scientific discussion (question-answer) section of the session.
- Before you login to Zoom please indicate your name surname and hall number,

AVRASYA 10th INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOCIAL SCIENCES AVRASYA 10th INTERNATIONAL CONFERENCE ON APPLIED SCIENCES ArtAsya 1st INTERNATIONAL GROUP EXHIBITION MAY 2 - 5, 2024 TBILISI Meeting ID: 816 0458 4722 Passcode: 202224 3 Mayıs / May 3, 2024 / 15:00 – 17:00 Time zone in Turkey (GMT+3)				
Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
HALL / SALON 1	Dr. Öğretim Üyesi Turgay KARALINÇ	1	EXAMINING THE RELATIONSHIP BETWEEN ORGANIZATIONAL CYNICISM AND COUNTERPRODUCTIVE WORK BEHAVIORS: A META-ANALYSIS STUDY	Doç.Dr. AYDIN ÇİVİLİDAĞ Dr.Öğrt.Üyesi , ŞERİFE DURMAZ Yüksek Lisans Öğrenci, BERK USLU
		2	THE SHARING ECONOMY IN SUSTAINABLE SOCIAL LIFE	Lisans Öğrencisi, Berfin Özdem Dr. Öğr. Üyesi, Filiz Sivashioğlu
		3	THE USE OF CHATBOTS IN DIGITAL MARKETING	Lisans Öğrencisi, Rümeyza Özcan Dr. Öğr. Üyesi, Filiz Sivashioğlu
		4	THE EFFECT ON THE WORK PERFORMANCE OF THE ACCOUNTANT OF PROBLEMS ARISING FROM THE MAIN COMPONENTS OF THE CERTIFIED PUBLIC ACCOUNTANCY IN TURKEY	Prof. Dr. GÖKHAN ÖZER Yüksek Lisans Öğrencisi YAVUZ ARSLAN Arş. Gör. Dr. ABDULLAH KÜRŞAT MERTER
		5	KOBİLERDE SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK UYGULAMALARI: İNŞAAT SEKTÖRÜNDE BİR ÖRNEK OLAY	Yüksek Lisans Öğrencisi ECEM TURAN Prof. Dr. KETİ VENTURA
		6	ENTEGRE MEREC-TOPSIS YAKLAŞIMIYLA HAVALİMANI PERFORMANS ANALİZİ	Dr. Öğr. Üyesi, UMUT AYDIN
		7	THE RELATIONSHIP BETWEEN SUSTAINABLE MANAGEMENT STRATEGIES AND FINANCIAL PERFORMANCE IN HEALTH CARE BUSINESSES	Dr. Öğretim Üyesi Turgay KARALINÇ

AVRASYA 10th INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOCIAL SCIENCES AVRASYA 10th INTERNATIONAL CONFERENCE ON APPLIED SCIENCES ArtAsya 1st INTERNATIONAL GROUP EXHIBITION MAY 2 - 5, 2024 TBILISI Meeting ID: 816 0458 4722 Passcode: 202224 3 Mayıs / May 3, 2024 / 15:00 – 17:00 Time zone in Turkey (GMT+3)				
Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
HALL / SALON 2	Assoc.Prof.Dr. ZEYNEP ÖZKURT	1	ŞİFRELEME ALGORİTMALARI VE KUANTUM HESAPLAMA UYGULAMALARI	Arş. Gör. İLYA KUŞ Prof. Dr. AYDIN ÇETİN
		2	GÖKKUŞAĞI KÜTLE ÇEKİM KURAMI ÇERÇEVESİNDE VAIDYA-EINSTEIN- SCHWARZSCHILD KARADELİ MODELİ İÇİN MOLLER ENERJİ MOMENTUM GÖSTERİMİ	Prof. Dr., MURAT KORUNUR Dr. Öğr. Üyesi, SİBEL KORUNUR
		3	UZAYSAL ÖZ-BENZER, YEREL DÖNEL SİMETRİK MODEL İÇİN RAINBOW KÜTLEÇEKİM KURAMI ÇERÇEVESİNDE TELEPARALEL ENERJİ YOĞUNLUĞU	Prof. Dr., MURAT KORUNUR Dr. Öğr. Üyesi, SİBEL KORUNUR
		4	DETERMINING THE RANK OF A HOMOGENEOUS ELEMENT ON LEIBNIZ ALGEBRAS	Assoc.Prof.Dr. ZEYNEP ÖZKURT
		5	BASES OF FIXED POINT SUBALGEBRAS ON FREE NILPOTENT LEIBNIZ ALGEBRAS	Assoc.Prof.Dr. ZEYNEP ÖZKURT

AVRASYA 10th INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOCIAL SCIENCES AVRASYA 10th INTERNATIONAL CONFERENCE ON APPLIED SCIENCES ArtAsya 1st INTERNATIONAL GROUP EXHIBITION MAY 2 - 5, 2024 TBILISI Meeting ID: 816 0458 4722 Passcode: 202224 3 Mayıs / May 3, 2024 / 15:00 – 17:00 Time zone in Turkey (GMT+3)				
Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
HALL / SALON 3	Assoc. Prof. Dr. ÖZCAN ŞAHİN	1	ANALYTICAL METHODS USED IN THE DETERMINATION OF BCM-7 IN MILK A1	Assoc. Prof. Dr. ÖZCAN ŞAHİN Assoc. Prof. Dr. İBRAHİM AYTEKİN
		2	THE IMPACT OF RHIZOBACTERIA ON THE AMINO ACID LEVELS IN SOME CITRUS ROOTSTOCKS GROWN IN SALINE SOILS	Assoc. Prof. Dr. Şeyma ARIKAN Research Assist. Merve KARAKOYUN Assoc. Prof. Dr. Muzaffer İPEK
		3	USE OF BODY CONDITION SCORE IN BREEDER SELECTION	Ayşe ŞEN Levend COŞKUNTUNA
		4	SOME MISTAKES MADE IN LAMB MANAGEMENT	Levend COŞKUNTUNA Ayşe ŞEN
		5	Pro-Oxidant Effect of Olea europaea L. Leaf Extract In Healthy Rats.	Sedat Baran DAĞ İpek TABAK Prof. Dr. Melahat DİRİCAN Prof. Dr. Sibel TAŞ

AVRASYA 10th INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOCIAL SCIENCES AVRASYA 10th INTERNATIONAL CONFERENCE ON APPLIED SCIENCES ArtAsya 1st INTERNATIONAL GROUP EXHIBITION MAY 2 - 5, 2024 TBILISI Meeting ID: 816 0458 4722 Passcode: 202224 3 Mayıs / May 3, 2024 / 15:00 – 17:00 Time zone in Turkey (GMT+3)				
Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
HALL / SALON 4	Assist. Prof. Dr., YÜKSEL ERASLAN	1	TRANSFORMATÖRLERDEKİ FARKLI KADEME DEĞİŞTİRME ORANLARININ GÜÇ AKIŞI VE KAYIPLARA ETKİSİ	Arş. Gör. Dr. Enes KAYMAZ Doç. Dr. M. Kenan DÖŞOĞLU
		2	ÇBAG TABANLI RÜZGAR TÜRBİNİNDE MAKSİMUM GÜÇ NOKTASI TAKİBİ MODELLEMESİNİN GELİŞTİRİLMESİ	Doç. Dr. M. Kenan DÖŞOĞLU Muhammed ÖZDEMİR Dr. Öğr. Üyesi Mustafa DURSUN,
		3	AERODYNAMIC INVESTIGATION AND VALIDATION OF A UAV WING USING CFD AND VORTEX LATTICE METHODS	Res. Assist., Veysel EROL Assist. Prof. Dr., Ahmet ŞUMNU Assist. Prof. Dr., Yüksel ERASLAN
		4	STABILITY ASSESSMENT OF UNMANNED AERIAL VEHICLE WITH TWIST-MORPHING WING	Assist. Prof. Dr., YÜKSEL ERASLAN Prof. Dr., TUĞRUL OKTAY
		5	DESIGN OF OPTIMAL PID CONTROLLER FOR LIQUID TANK SYSTEM USING PSO AND ABC ALGORITHMS	Şahin YILDIRIM Mehmet Safa BİNGÖL Sertaç SAVAŞ

AVRASYA 10th INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOCIAL SCIENCES AVRASYA 10th INTERNATIONAL CONFERENCE ON APPLIED SCIENCES ArtAsya 1st INTERNATIONAL GROUP EXHIBITION MAY 2 - 5, 2024 TBILISI Meeting ID: 816 0458 4722 Passcode: 202224 3 Mayıs / May 3, 2024 / 15:00 – 17:00 Time zone in Turkey (GMT+3)				
Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
HALL / SALON 5	Prof. Dr. Yusuf Bayraktutan	1	THE CHANGING ROLE OF THE STATE IN CHINA AFTER THE 2008 GLOBAL CRISIS AND THE COVID-19 CRISIS	Tuğba TONGUÇ, Prof. Dr. Ercan EREN,
		2	Foreign Trade Implications of Covid-19 Pandemic: The Case of BRIC and MIST	Prof. Dr. Yusuf Bayraktutan Elif İmzalı
		3	The Effect of Renewable Energy Consumption on Current Account: A Panel Data Analysis	Prof. Dr. Yusuf Bayraktutan Elif İmzalı
		4	TÜRKİYE'DE KRİZ DÖNEMLERİNDE OTOMOTİV SEKTÖRÜNÜN İNCELENMESİ	Yüksek Lisans Öğrencisi EMRE TURAN Doç. Dr. FERHAN SAYIN
		5	DEVLET BORÇLANMASININ EKONOMİK BÜYÜME ÜZERİNE ETKİSİ	Dr. Öğr. Üyesi, İREM ERASA AKÇA Dr. Öğr. Üyesi, Özgür ALTUNTAŞ

AVRASYA 10th INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOCIAL SCIENCES AVRASYA 10th INTERNATIONAL CONFERENCE ON APPLIED SCIENCES ArtAsya 1st INTERNATIONAL GROUP EXHIBITION MAY 2 - 5, 2024 TBILISI Meeting ID: 816 0458 4722 Passcode: 202224 3 Mayıs / May 3, 2024 / 15:30 – 17:30 Time zone in Turkey (GMT+3)				
Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
HALL / SALON 6	Assis. Prof. Imelda Smit	1	A CO-WRITING DEVELOPMENT APPROACH TO WIKIS: PEDAGOGICAL ISSUES AND IMPLICATIONS	Said Hadjerrouit
		2	EFFECT OF TEACHING GAMES FOR UNDERSTANDING APPROACH ON STUDENTS- COGNITIVE LEARNING OUTCOME	Malathi Balakrishnan, Shabeshan Rengasamy, Mohd Salleh Aman
		3	EFFECTIVENESS AND USABILITY EVALUATION OF 'LI2D' COURSEWARE	Zuraini Hanim Zaini, Wan Fatimah Wan Ahmad
		4	FACULTY STRESS AT HIGHER EDUCATION: A STUDY ON THE BUSINESS SCHOOLS OF PAKISTAN	Aqsa Akbar, Waheed Akhter
		5	VIRTUAL LEARNING PROCESS ENVIRONMENT: COHORT ANALYTICS FOR LEARNING AND LEARNING PROCESSES	Ayodeji Adesina, Derek Molloy
		6	INNOVATIVE TEACHING IN SYSTEMS ANALYSIS AND DESIGN - AN ACTION RESEARCH PROJECT	Assis. Prof. Imelda Smit
		7	MEDIA PEDAGOGY - THE MEDIUM IS THE MESSAGE	Syed Sultan Ahmed
		8	STUDENTS' ACCEPTANCE OF INCORPORATING EMERGING COMMUNICATION TECHNOLOGIES IN HIGHER EDUCATION IN KUWAIT	Bashaiar Alsanaa

AVRASYA 10th INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOCIAL SCIENCES AVRASYA 10th INTERNATIONAL CONFERENCE ON APPLIED SCIENCES ArtAsya 1st INTERNATIONAL GROUP EXHIBITION MAY 2 - 5, 2024 TBILISI Meeting ID: 816 0458 4722 Passcode: 202224 3 Mayıs / May 3, 2024 / 15:30 – 17:30 Time zone in Turkey (GMT+3)				
Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
HALL / SALON 7	Dr. Aaron Nwabude	1	PILOT STUDY ON THE IMPACT OF VLE ON MATHEMATICAL CONCEPTS ACQUISITION WITHIN SECONDARY EDUCATION IN ENGLAND	Dr. Aaron Nwabude
		2	THE DIRECT AND INDIRECT EFFECTS OF THE ACHIEVEMENT MOTIVATION ON NURTURING INTELLECTUAL GIFTEDNESS	Al-Shabatat, M. Ahmad, Abbas, M., Ismail, H. Nizam
		3	THE USING OF RASCH-MODEL IN VALIDATING THE ARABIC VERSION OF MULTIPLE INTELLIGENCE DEVELOPMENT ASSESSMENT SCALE (MIDAS)	Saher Ali Al-Sabbah, See Ching Mey, Ong Saw Lan
		4	MODALITY AND REDUNDANCY EFFECTS ON MUSIC THEORY LEARNING AMONG PUPILS OF DIFFERENT ANXIETY LEVELS	Soon Fook Fong, Aldalalah, M. Osamah
		5	PROMOTING COMPLEX SYSTEMS LEARNING THROUGH THE USE OF COMPUTER MODELING	Dr. Kamel Hashem, Assis. Prof. DR. David Mioduser
		6	E-LEARNING METHODOLOGY DEVELOPMENT USING MODELING	Assoc. Prof. Sarma Cakula, Dr. Maija Sedleniece
		7	VALIDATION OF BUILDING MAINTENANCE PERFORMANCE MODEL FOR MALAYSIAN UNIVERSITIES	AbdulLateef A. Olanrewaju, Mohd F. Khamidi, Dr.Arazi Idrus

AVRASYA 10th INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOCIAL SCIENCES AVRASYA 10th INTERNATIONAL CONFERENCE ON APPLIED SCIENCES ArtAsya 1st INTERNATIONAL GROUP EXHIBITION MAY 2 - 5, 2024 TBILISI Meeting ID: 816 0458 4722 Passcode: 202224 3 Mayıs / May 3, 2024 / 15:30 – 17:30 Time zone in Turkey (GMT+3)				
Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
HALL / SALON 8	Nawsheen Bibi Jannnoo	1	VIRTUAL LEARNING SETTINGS IN TRADITIONAL SPANISH UNIVERSITIES	Dr. Leire Urcola, Amaia Altuzarra
		2	OUTDOOR EDUCATION PROGRAM FOR ELEMENTARY SCHOOLS BASED ON WEB-GIS	Noriyoshi Hosoya, Dr. Lecture Kayoko Yamamoto
		3	REACTIVE FOCUS ON FORM THROUGH NEGOTIATION ON SPOKEN ERRORS: A CASE STUDY – DOES IT WORK FOR ALL LEARNERS?	Vahid Parvaresh, Zohre Kassaian, Saeed Ketabi, Masoud Saeedi
		4	EFFECTS OF INSTRUCTIONAL DESIGNS BASED ON COMPUTERS AMONG PUPILS WITH DIFFERENT LEVELS OF MUSIC INTELLIGENCE	Dr. Aldalalah, M. Osamah, Soon Fook Fong
		5	ANALYSIS OF MOTIVATION, ACHIEVEMENT, AND PUPIL-TEACHER INTERACTIONS IN ELEMENTARY SCHOOL BY INTEGRATING COMPUTER GAMES WITH MATHEMATICS INSTRUCTION	Kuo Hung Huang, Lecture Chong-Ji Ke
		6	PRELIMINARY INVESTIGATION OF A VIRTUAL LABORATORY FOR LEARNING BIOLOGY	Murniza Muhamad, Halimah Badioze Zaman, Azlina Ahmad
		7	SELF-STUDY OF MATHEMATICS FOR THE CPE EXAMINATION USING AN E-LEARNING TOOL	Sameerchand Pudaruth, Nawsheen Bibi Jannnoo

AVRASYA 10th INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOCIAL SCIENCES AVRASYA 10th INTERNATIONAL CONFERENCE ON APPLIED SCIENCES ArtAsya 1st INTERNATIONAL GROUP EXHIBITION MAY 2 - 5, 2024 TBILISI Meeting ID: 816 0458 4722 Passcode: 202224 3 Mayıs / May 3, 2024 / 15:30 – 17:30 Time zone in Turkey (GMT+3)				
Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
HALL / SALON 9	Assoc. Prof. Dr. Kumiko Aoki	1	FROM I.A RICHARDS TO WEB 3.0: PREPARING OUR STUDENTS FOR TOMORROW'S WORLD	Karen Armstrong
		2	FROM I.A RICHARDS TO THE ERA OF WEB 3.0: EQUIPPING OUR STUDENTS FOR THE FUTURE	Dr .Rishi Ruttun
		3	THE EFFECTS OF VISUAL ELEMENTS AND COGNITIVE STYLES ON STUDENTS LEARNING IN HYPERMEDIA ENVIRONMENT	Norazah Mohd Suki, Norbayah Mohd Suki
		4	IMPACT OF VISUAL COMPONENTS AND COGNITIVE PREFERENCES ON STUDENT LEARNING IN A HYPERMEDIA SETTING	Subramaniam Chandran
		5	ARE LECTURERS READY FOR USAGE OF MOBILE TECHNOLOGY FOR TEACHING?	Dr. Stuart Palmer, Dale Holt
		6	ARE INSTRUCTORS PREPARED FOR THE UTILIZATION OF MOBILE TECHNOLOGY IN EDUCATION?	Fereshteh Afkari, Davood Bagheri
		7	BETWEEN POLICY OPTIONS AND TECHNOLOGY APPLICATIONS: MEASURING THE SUSTAINABLE IMPACTS ON DISTANCE LEARNING	Assoc. Prof. Dr. Kumiko Aoki
		8	NAVIGATING POLICY CHOICES AND TECHNOLOGICAL IMPLEMENTATIONS: ASSESSING THE SUSTAINABLE EFFECTS ON REMOTE EDUCATION	Muhammad Ridhuan Tony Lim Abdullah, Saedah Siraj

AVRASYA 10th INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOCIAL SCIENCES AVRASYA 10th INTERNATIONAL CONFERENCE ON APPLIED SCIENCES ArtAsya 1st INTERNATIONAL GROUP EXHIBITION MAY 2 - 5, 2024 TBILISI Meeting ID: 816 0458 4722 Passcode: 202224 3 Mayıs / May 3, 2024 / 15:30 – 17:30 Time zone in Turkey (GMT+3)				
Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
HALL / SALON 10	As Dr. Ken Stevens	1	COOPERATIVE PROFESSIONAL EDUCATION FOR E-TEACHING IN NETWORKED SCHOOLS	Dr. Ken Stevens
		2	VIRTUALIZATION TECHNOLOGY AS A MEANS FOR TEACHING COMPUTER NETWORKS	Dalibor Dobrilovic, Borislav Odadžic
		3	"A PLEA FOR SCHOOL DIVERSITY": A PRACTICAL REACTION TO THE SUPREME COURT DECISION ON RACE AND AMERICAN SCHOOLS	Assoc. Prof. Dr. Nathaniel Bryan
		4	A PROPOSED STRUCTURE FOR VISUALIZATION TO EDUCATE COMPUTER SCIENCE	Muhammed Yousoof, Mohd Sapiyan, Khaja Kamaluddin
		5	UTILIZING WEBLOG TO ENCOURAGE CRITICAL THINKING – AN INVESTIGATIVE STUDY	Huay Lit Woo, Qiyun Wang
		6	E/B-LEARNING ACTIVITIES AND HIGH SCHOOL TEACHING METHODS	Dr. Rui Antunes
		7	UTILIZING MULTIMEDIA IN COMPUTER-BASED LEARNING (CBL) A CASE STUDY: EDUCATING SCIENCE TO STUDENTS	Maryam Honarmand
		8	DEVELOPING THE PERSONAL, DISSOLVING THE POLITICAL	James Moir

AVRASYA 10th INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOCIAL SCIENCES AVRASYA 10th INTERNATIONAL CONFERENCE ON APPLIED SCIENCES ArtAsya 1st INTERNATIONAL GROUP EXHIBITION MAY 2 - 5, 2024 TBILISI Meeting ID: 816 0458 4722 Passcode: 202224 3 Mayıs / May 3, 2024 / 15:30 – 17:30 Time zone in Turkey (GMT+3)				
Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
HALL / SALON 11	Assoc. Prof. Mikako Nishimuko	1	DEVELOPMENT OF A SMART TUTOR USING A MULTIAGENT STRATEGY	Kamel Khouldi, Radia Benghezal
		2	EMPLOYING VISUAL TECHNOLOGIES TO ENHANCE COMPUTER SCIENCE EDUCATION	Dr. Carol B. Collins, M. H. N Tabrizi
		3	EDULOGIC+ - KNOWLEDGE MANAGEMENT VIA DATA ANALYSIS IN EDUCATIONAL SETTINGS	Alok Sharma, Dr. Harvinder S. Saini, Raviteja Tiruvury
		4	APPLICATION OF VIRTUAL WORLDS IN EDUCATIONAL CONTEXT: RAMIFICATIONS FOR PRACTICE	Teresa Coffman, Mary Beth Klinger
		5	VIRTUAL OR VIRTUALLY U: ACADEMIC INSTITUTIONS IN SECOND LIFE	Nancy Jennings, Chris Collins
		6	THE IMPACT OF INSTRUCTIONAL IMMEDIACY ON COGNITION AND LEARNING IN ONLINE COURSES	Dr. Glenda A. Gunter
		7	FAITH-BASED ORGANIZATIONS' ROLE IN FOSTERING DEMOCRATIC PROCESSES: ATTAINING UNIVERSAL PRIMARY EDUCATION IN SIERRA LEONE	Assoc. Prof. Mikako Nishimuko
		8	ITALIANS - SOCIAL AND EMOTIONAL ISOLATION: FINDINGS FROM FIVE STUDIES	Vanda Lucia Zammuner
		9	APPROACHING CREATIVE THINKING SKILLS THROUGH PROBLEM-BASED LEARNING: TEACHING AND APPLICATION IN THE ENGINEERING CLASSROOM	Halizah Awang, Ishak Ramly

AVRASYA 10th INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOCIAL SCIENCES AVRASYA 10th INTERNATIONAL CONFERENCE ON APPLIED SCIENCES ArtAsya 1st INTERNATIONAL GROUP EXHIBITION MAY 2 - 5, 2024 TBİLİSİ Meeting ID: 816 0458 4722 Passcode: 202224 4 Mayıs / May 4, 2024 / 15:00 – 17:00 Time zone in Turkey (GMT+3)				
Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
HALL / SALON 1	Prof. Dr. Sabit MENTEŞE	1	PARTİ DİSİPLİNİ VE TÜRKİYE'DEKİ BAZI PARTİLERİN PARTİ DİSİPLİNİ AÇISINDAN İNCELENMESİ	Hanife MÜDERRİSOĞLU Furkan ÇAPOĞLU
		2	NAMİK KEMALİN SİYASAL BİYOGRAFİSİ ÜZERİNE DEĞERLENDİRME	Hanife MÜDERRİSOĞLU Furkan ÇAPOĞLU
		3	DISASTER MANAGEMENT IN TURKEY AND AYDES	ÖZLEM BÖLÜKBAŞ
		4	BİT'LERİN KENTLERDE ULAŞTIRMA HİZMETLERİNİN SAĞLANMASINDAKİ ROLÜ VE BURULAŞ ÜZERİNE AMPİRİK BİR UYGULAMA	Dr. Öğr. Üyesi MEHMET FATİH ASLANTAŞ Doç. Dr. TUNCER YILMAZ
		5	EXAMINING LOCAL GOVERNMENTS IN TERMS OF THE REASONS THAT MAKE THEM IMPORTANT AND THE VALUES THEY ARE BASED ON	Prof. Dr. Sabit MENTEŞE
		6	GÖÇ AKIMLARININ KAMU HARCAMALARI ÜZERİNDEKİ ETKİLERİ: TÜRKİYE ÖRNEĞİ	Yüksek Lisans Öğrencisi, Emsal CAN
		7	ÇİN'İN ORTA ASYA POLİTİKASI: ÇIKARLARININ GELİŞİMİ VE GÜNCEL BOYUTLARI	Doktora Öğrencisi Sedanur ŞEYBAN
		8	APPROACH OF THE PEOPLE'S REPUBLIC OF CHINA TO THE ISRAEL-PALESTINE CONFLICT	Dr. Öğrencisi Tuğçe AKÇABAŞ
		9	RUSYA'NIN TÜRKİSTAN'I İŞGALİNDE İRAN FAKTÖRÜ	İSMAİL YURDAKURBAN

AVRASYA 10th INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOCIAL SCIENCES AVRASYA 10th INTERNATIONAL CONFERENCE ON APPLIED SCIENCES ArtAsya 1st INTERNATIONAL GROUP EXHIBITION MAY 2 - 5, 2024 TBİLİSİ Meeting ID: 816 0458 4722 Passcode: 202224 4 Mayıs / May 4, 2024 / 15:00 – 17:00 Time zone in Turkey (GMT+3)				
Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
HALL / SALON 2	Doç. Dr. Zeynep BAŞKAN TAKAOĞLU	1	Dershane Eğitimi Gören Öğrencilerin Spora Karşı Tutumları ve Boş Zaman Yönetimlerinin İncelenmesi	Mutlu AKBULUT Mehmet AYDOĞDU Doç. Dr. Hulusi ALP
		2	Spor Bilimleri Fakültesinde Okuyan Öğrencilerin Sporcu Öz Yeterlikleri	Özge KÖSE Doç. Dr. Hulusi ALP
		3	8. Sınıflarda Küresel İklim Değişikliği Konusunun Öğretimine Okul Dışı Öğrenme Ortamının Etkisinin İncelenmesi	Fen Bilimleri Öğretmeni, Nevriye DEMİRCİ Prof.Dr.Güldem Dönel AKGÜL
		4	FEN BİLGİSİ EĞİTİMİNDE DİJİTAL VE GELENEKSEL OYUN KULLANIMININ ÖĞRENCİ TUTUMUNA ETKİSİ	Prof. Dr. Güldem DÖNEL AKGÜL Fen Bilgisi Öğretmeni, Ogün KAYA Fen Bilgisi Öğretmeni, Nevriye DEMİRCİ
		5	ULUSLARARASI ÖĞRENCİLERİN TÜRK EĞİTİM SİSTEMİNE YÖNELİK GÖRÜŞLERİNİN İNCELENMESİ	Feyza Nur GÜVENÇ Prof. Dr. Mehmet GÜROL
		6	12. SINIF ÖĞRENCİLERİNİN KELİME İLİŞKİLENDİRME TESTİ İLE NÜKLEER ENERJİ HAKKINDAKİ GÖRÜŞLERİ	Doç. Dr. Zeynep BAŞKAN TAKAOĞLU
		7	COMPARATIVE ANALYSIS OF THE 2013 PRESCHOOL EDUCATION PROGRAM AND THE 2024 PRESCHOOL EDUCATION PROGRAM	Assist. Prof. Dr. Ahmet UYAR
		8	UMBERTO ECO’NUN AÇIK YAPIT ADLI ESERİNİN TÜRKÇE ÇEVİRİSİNDE TERİM ÇEVİRİLERİ	Prof. Dr. SÜNDÜZ ÖZTÜRK KASAR DİLARA DUYMAZ

AVRASYA 10th INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOCIAL SCIENCES AVRASYA 10th INTERNATIONAL CONFERENCE ON APPLIED SCIENCES ArtAsya 1st INTERNATIONAL GROUP EXHIBITION MAY 2 - 5, 2024 TBILISI Meeting ID: 816 0458 4722 Passcode: 202224 4 Mayıs / May 4, 2024 / 15:00 – 17:00 Time zone in Turkey (GMT+3)				
Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
HALL / SALON 3	Prof. Dr. İsmail ŞİK	1	YAHUDİLERİN KUTSAL KİTAPLARINI TAHRİFİNİN MAHİYETİ VE KAPSAMI	Doç. Dr. Mustafa TUNÇER
		2	KUR'ÂN PERSPEKTİFİNDEN YAHUDİLERİN AHİDLERİNİ BOZMALARI	Doç. Dr. Mustafa TUNÇER
		3	DİVÂNU LUGÂTİ'T-TÜRK'TE MİTOLOJİK UNSURLAR	Doç. Dr. Şahin BÜTÜNER
		4	Babanzade Ahmet Naim'de Milliyetçilik Düşüncesi	Mücahit KIRCALI Doç. Dr. Emine TAŞÇI YILDIRIM
		5	TODAY'S SHIA'S APPROACH TO TEACHING KALAM IN THE EXAMPLE OF MASTER ALI RABBANI GULPAYGANI'S WORK NAMED "FIRAQ AND MAZAHİB KALAM"	Prof. Dr. İsmail ŞİK
		6	AN EXAMPLE OF COMPARATIVE THEOLOGY TEACHING IN OUR AGE: H. AUSTRYN WOLFSON AND THE WORK OF THEAL PHILOSOPHIES	Prof. Dr. İsmail ŞİK

AVRASYA 10th INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOCIAL SCIENCES AVRASYA 10th INTERNATIONAL CONFERENCE ON APPLIED SCIENCES ArtAsya 1st INTERNATIONAL GROUP EXHIBITION MAY 2 - 5, 2024 TBİLİSİ Meeting ID: 816 0458 4722 Passcode: 202224 4 Mayıs / May 4, 2024 / 15:00 – 17:00 Time zone in Turkey (GMT+3)				
Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
HALL / SALON 4	Dr. İmran UZUNASLAN	1	YERLİ TURİSTİN KÜLTÜR TURLARINA BAKIŞININ TURİZM SOSYOLOJİSİ KAPSAMINDA İNCELENMESİ	Yüksek Lisans Öğrencisi, BİHTER DÜK Prof. Dr. AHMET TALİMCİLER
		2	ALMANYA'DA YAŞAYAN 3. KUŞAK TÜRKİYE KÖKENLİ GÖÇMENLERİN AYRIMCILIĞA MARUZ KALIP KALMADIKLARI SORUNLARI	Esra Altan
		3	ERVİNG GOFFMAN'IN ÇALIŞMALARINDA GÖZLEMİN YERİ VE DRAMATURJİK YAKLAŞIM	Hüseyin Baysallı
		4	MADDE BAĞIMLILIĞI TEDAVİSİNDE SOSYAL HİZMET UYGULAMASI: AİLE MERKEZLİ YAKLAŞIMLAR	Dr. İmran UZUNASLAN
		5	PANOPTİKON OLGUSU ÜZERİNE KISA BİR DEĞERLENDİRME	Başak Dülger

AVRASYA 10th INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOCIAL SCIENCES AVRASYA 10th INTERNATIONAL CONFERENCE ON APPLIED SCIENCES ArtAsya 1st INTERNATIONAL GROUP EXHIBITION MAY 2 - 5, 2024 TBİLİSİ Meeting ID: 816 0458 4722 Passcode: 202224 4 Mayıs / May 4, 2024 / 15:00 – 17:00 Time zone in Turkey (GMT+3)				
Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
HALL / SALON 5	Assoc. Prof. Dr., NURGUL YESİLOĞLU-GULTEKİN	1	AFET VE YER SEÇİMİ KARARLARI	Doç. Dr. Seçil Gül MEYDAN YILDIZ Yüksek Şehir ve Bölge Plancısı Hüsne TEMUR
		2	İSLAM KENTLERİNİN MEKÂNSAL YAPISININ SOSYO-EKONOMİK YAŞAMA ETKİSİ	Doç. Dr. Seçil Gül MEYDAN YILDIZ Yüksek Şehir ve Bölge Plancısı Hüsne TEMUR
		3	MONITORING ROCKFALL SURFACE CHANGE ON THE SLOPES OF ZIR VALLEY (ANKARA) USING UNMANNED AERIAL VEHICLE-DERIVED MULTI-TEMPORAL POINT CLOUDS	Assoc. Prof. Dr., NURGUL YESİLOĞLU-GULTEKİN Dr., MEHMET DOGRULUK
		4	Application of Some Varnish Types on Lodgepole Pine (Pinus contorta) Wood	Doç. Dr. Ümit AYATA Prof. Dr. Bekir Cihad BAL
		5	Investigation of Some Surface Properties on Composite Materials Produced with Waste Glass Powder and Recycled Polypropylene	Prof. Dr. Bekir Cihad BAL Doç. Dr. Ümit AYATA
		6	Comparison of Some Surface Properties of Composite Material Produced with Recycled Polypropylene and Wood Flour	Prof. Dr. Bekir Cihad BAL Doç. Dr. Ümit AYATA
		7	Basralocus (Dicorynia guianensis Amshoff) Wood Bleaching Applications	Doç. Dr. Ümit AYATA Prof. Dr. Bekir Cihad BAL
		8	THE PERFORMANCE OF REACTIVE ADDITIVES IN HOT MIXED ASPHALT COATINGS AND LABORATORY EXPERIMENTS	Onur Sahin Muhammet Can ZEYTİN
		9	ANALYSIS OF THE DECISION PROCESS OF ON-SITE CONVERSION AND STANDARD RENOVATION WORKS	Onur Sahin Muhammet Can ZEYTİN

AVRASYA 10th INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOCIAL SCIENCES AVRASYA 10th INTERNATIONAL CONFERENCE ON APPLIED SCIENCES ArtAsya 1st INTERNATIONAL GROUP EXHIBITION MAY 2 - 5, 2024 TBILISI Meeting ID: 816 0458 4722 Passcode: 202224 4 Mayıs / May 4, 2024 / 15:00 – 17:00 Time zone in Turkey (GMT+3)				
Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
HALL / SALON 6	Assoc. Prof. MUTLU SÖNMEZ ÇELEBİ	1	SÜLFONLU POLİMERLERİN HİDROJEN ÜRETİMİNDE KULLANILMASI	Doç. Dr. Levent SEMİZ
		2	STATIC ANALYSIS OF A TWO-LAYERED SEMI-INFINITE MEDIUM WITH POROSITY	Research Assistant, Yusuf Ziya YÜKSEL Prof. Dr., Şeref Doğuşcan AKBAŞ
		3	HARMONIC LOAD ANALYSIS OF A SEMI-INFINITE POROUS MEDIUM WITH RECTANGULAR CAVITY	Research Assistant, Yusuf Ziya YÜKSEL Prof. Dr., Şeref Doğuşcan AKBAŞ
		4	POROZİTENİN TABAKALI KOMPOZİT KİRİŞERİN TİTREŞİM DAVRANIŞINA ETKİSİNİN İNCELENMESİ	Research Assistant, Yusuf Ziya YÜKSEL Prof. Dr., Şeref Doğuşcan AKBAŞ
		5	CONDUCTING POLYMER SUPPORTED METAL NANOPARTICLES FOR ELECTROCATALYTIC PURPOSES	Assoc. Prof. MUTLU SÖNMEZ ÇELEBİ
		6	BIOMECHANICAL ANALYSIS AND IMPLANT DESIGN FOR TREATING METATARSAL FRACTURES	Researcher Dilan DEMİR Assoc. Prof. Dr. Talip ÇELİK Assoc. Prof. Dr. Hamid ASADI DERESHGI
		7	KEY PARAMETETERS TO OPTIMIZE THE THERMAL CONDUCTIVITY OF GRAPHENE BASED NANOFLUID	Dr. Fatma OFLAZ,
		8	COMPARATIVE INVESTIGATION OF THE VISCOSITY OF GRAPHENE AND ITS DERIVATIVES NANOFLUIDS	Dr. Fatma OFLAZ,

AVRASYA 10th INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOCIAL SCIENCES AVRASYA 10th INTERNATIONAL CONFERENCE ON APPLIED SCIENCES ArtAsya 1st INTERNATIONAL GROUP EXHIBITION MAY 2 - 5, 2024 TBILISI Meeting ID: 816 0458 4722 Passcode: 202224 4 Mayıs / May 4, 2024 / 15:00 – 17:00 Time zone in Turkey (GMT+3)				
Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
HALL / SALON 7	Doç. Dr. Bülent IŞIK	1	NURSING CARE OF A PATIENT WITH TUBERCULOUS SEREVASCULAR DISEASE AND HYPERTENSION ACCORDING TO KOLCABA COMFORT THEORY: A CASE REPORT	Seda YAĞMUR Prof. Dr. Şerife KARAGÖZOĞLU Dr. Öğr. Üyesi Fatma TOK YILDIZ
		2	KOAH VE KRONİK BÖBREK YETMEZLİĞİ TANILARINA SAHİP KONJETİNAL KALP YETMEZLİĞİ OLAN BİREYİN MYRA ESTRİN LEVİN KORUMA MODELİNE GÖRE HEMŞİRELİK BAKIMI: OLGU SUNUMU	Sema YILDIZ Prof. Dr. Şerife KARAGÖZOĞLU Dr. Öğr. Üyesi Fatma TOK YILDIZ
		3	THE ROLE OF GENETICS IN SKELETAL CLASS III ANOMALIES	Doktora Öğrencisi Diş Hekimi, DAMLA ÇARDAK Dr. Öğr. Üyesi, BERŞAN KARADEDE Ortodontist, RAFAEL ECIJA NAVARRO Doç. Dr. Beyza KARADEDE ÜNAL
		4	MULTIPL MİYELOMLU HASTANIN BETTY NEUMAN SİSTEM MODELİNE GÖRE HEMŞİRELİK BAKIMI: OLGU SUNUMU	Kübra KUZUCU Prof. Dr. Şerife KARAGÖZOĞLU Dr. Öğr. Üyesi Fatma TOK YILDIZ
		5	Investigation of the Effects of Regular Exercise on Muscle Strength and Some Motoric Skills in Adolescents in the 12-14 Age Group	MSc. Ayşe Nur MORBEL KAYNAK Doç. Dr. Kenan ERDAĞI Doç. Dr. Bülent IŞIK
		6	Investigation of the Effects of Olympic style Power Snatch and Clean & Jerk Weightlifting Trainings with Different Weight Loads on Heart Rate and Pupil Diameter Changes in Well-Trained Turkish Female Weightlifting Athletes	Doç. Dr. Bülent IŞIK Doç. Dr. Kenan ERDAĞI Dr. Öğr. Üyesi Uşame Ömer OSMANOĞLU Dr. Öğr. Üyesi Derviş DAŞDELEN

AVRASYA 10th INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOCIAL SCIENCES AVRASYA 10th INTERNATIONAL CONFERENCE ON APPLIED SCIENCES ArtAsya 1st INTERNATIONAL GROUP EXHIBITION MAY 2 - 5, 2024 TBILISI Meeting ID: 816 0458 4722 Passcode: 202224 4 Mayıs / May 4, 2024 / 15:30 – 17:30 Time zone in Turkey (GMT+3)				
Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
HALL / SALON 8	Assis. Prof. Dr. Hooman Jafarabadi	1	OPTIMAL CONTROL STRATEGIES FOR VELOCITY REGULATION OF PERMANENT-MAGNET SYNCHRONOUS MOTOR DRIVES	Dr. Roozbeh Molavi, Assis. Prof. Dr. Davood A. Khaburi
		2	NSGA-BASED OPTIMAL VOLTAGE/VAR MANAGEMENT IN DISTRIBUTION SYSTEM WITH SCATTERED GENERATION	P. N. Hrisheeksha, Jaydev Sharma
		3	HANDWRITING IDENTIFICATION USING CONJUGATE GRADIENT NEURAL NETWORKS SPECTRAL ANALYSIS OF SPEECH: A NOVEL TECHNIQUE	Assoc. Prof. Dr. Jamal Fathi Abu Hasna
		4	INVESTIGATION AND ENHANCEMENT OF FLASH EVAPORATION DESALINATION UTILIZING THE OCEAN THERMOCLINE AND RELEASED HEAT	Neeta Awasthy, J.P.Saini, D.S.Chauhan
		5	INTRODUCING AN IMAGE PROCESSING-BASED CONCEPT FOR OUTDOOR CHILDREN CARE	Ms. Sami Mutair, Dr. Yasuyuki Ikegami
		6	DEVICE DISCOVERY: A COMPONENT FOR NETWORK MANAGEMENT SYSTEM UTILIZING SIMPLE NETWORK MANAGEMENT PROTOCOL	Assis. Prof. Dr. Hooman Jafarabadi
		7	EXTRACTION OF THEMATIC ROLES USING SHALLOW PARSING	Garima Gupta, Daya Gupta
		8		

AVRASYA 10th INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOCIAL SCIENCES AVRASYA 10th INTERNATIONAL CONFERENCE ON APPLIED SCIENCES ArtAsya 1st INTERNATIONAL GROUP EXHIBITION MAY 2 - 5, 2024 TBILISI Meeting ID: 816 0458 4722 Passcode: 202224 4 Mayıs / May 4, 2024 / 15:30 – 17:30 Time zone in Turkey (GMT+3)				
Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
HALL / SALON 9	Prof. Dr. N. K. Fuloria,	1	A CRITICAL ANALYSIS OF CHITOSAN UTILIZATION AS A NATURAL ANTIMICROBIAL	F. Nejati Hafdani, N. Sadeghinia
		2	EXPLORING THE NEUROGENIC CAPACITY OF CLITORIA TERNATEA AQUEOUS ROOT EXTRACT – IMPLICATIONS FOR ENHANCING COGNITIVE FUNCTIONS	Dr. Kiranmai S.Rai
		3	DEVELOPMENT AND ASSESSMENT OF VAGINAL SUPPOSITORIES INCORPORATING LACTOBACILLUS	Sanae Kaewnopparat, Nattha Kaewnopparat
		4	EXTRACTION OF B-SİTOSTEROL DİARABİNOSİDE FROM RHİZOMES OF ALPİNİA GALANGA	Prof. Dr. N. K. Fuloria, S. Fuloria
		5	APPLICATION OF DATA MINING CLASSIFICATION TECHNIQUES IN DRUG DESIGN	Mária Stachová, Dr. Lukáš Sobíšek
		6	PHARMACOKINETIC STUDY OF SALBUTAMOL SULPHATE-ETHYLCELLULOSE TABLETTED MICROCAPSULES: UTILIZING A CONVOLUTION APPROACH	Assis . Prof. Ghulam Murtaza, Kalsoom Farzana
		7	EVALUATING THE ANTIMICROBIAL PROPERTIES OF ETHANOL EXTRACTS FROM SELECTED THAI MEDICINAL PLANTS AGAINST CAMPYLOBACTER JEJUNI	Achara Dholvitayakhun, Nathanon Trachoo

AVRASYA 10th INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOCIAL SCIENCES AVRASYA 10th INTERNATIONAL CONFERENCE ON APPLIED SCIENCES ArtAsya 1st INTERNATIONAL GROUP EXHIBITION MAY 2 - 5, 2024 TBILISI Meeting ID: 816 0458 4722 Passcode: 202224 4 Mayıs / May 4, 2024 / 15:30 – 17:30 Time zone in Turkey (GMT+3)				
Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
HALL / SALON 10	Dr. Marco lee Hemmerling	1	COLOR IMAGE EDGE DETECTION THROUGH PSEUDO-COMPLEMENT AND MATRIX OPERATIONS	T. N. Mouli , Janakiraman Chandra
		2	A NUMBER THEORETIC TRANSFORM APPROACH TO PUBLIC KEY CRYPTOSYSTEMS	Arumuganathan R. Porkodi
		3	EXPLORING A NOVEL CRITERION FOR CONFLICT IN BIFUZZY SETS THROUGH INTUITIONISTIC EVALUATION	Assoc. Prof. Dr. Imran Syibrah, Mohd Lazim
		4	HOW ANTS ORGANIZE TRAFFIC FLOW: INSIGHTS FROM EXCLUSION PROCESS ANALYSIS	Ali Benmohamed , Mohamed Lemouari
		5	STOCHASTIC RESONANCE IN NONLINEAR SIGNAL DETECTION: AMPLIFYING WEAK SIGNALS WITH NOISE	Youguofo Wang, Lenanmo Wu Yo
		6	MODELING DENGUE DISEASE DYNAMICS INCORPORATING VIRUS INCUBATION PERIOD IN MATHEMATICAL FRAMEWORK	Penabe. Pongsumpun
		7	STUDY ON THE VIABILITY OF EMBEDDED REAL-TIME SYSTEMS	YongXia, JIN
		8	EXPLORING COMPUTATIONAL GEOMETRY THROUGH TWO SPATIAL EXPERIMENTS	Dr. Marco lee Hemmerling

AVRASYA 10th INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOCIAL SCIENCES AVRASYA 10th INTERNATIONAL CONFERENCE ON APPLIED SCIENCES ArtAsya 1st INTERNATIONAL GROUP EXHIBITION MAY 2 - 5, 2024 TBILISI Meeting ID: 816 0458 4722 Passcode: 202224 4 Mayıs / May 4, 2024 / 15:30 – 17:30 Time zone in Turkey (GMT+3)				
Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
HALL / SALON 11	Assoc. Prof. Dr. Kenari Ganguly	1	NONLINEAR REGULATION OF A CONTINUOUS BIOREACTOR UTILIZING A CELL POPULATION MODEL	Mahdi Sharifian, Mohammad Fanaei
		2	UTILIZATION OF FERRIC SULFIDE AND IRON POWDER FOR DIELDRIN CHEMICAL DECOMPOSITION	Junko Konar, Takeshi Kawabe Komai, Chihiro Inoune
		3	OXYGEN GAS EXPOSURE EFFECTS ON SULPHONIC ACID-DOPED POLYANILINE: SYNTHESIS AND FLUORESCENCE SPECTROSCOPY	S.F.S. Draman, R. Daik, A. Musa
		4	UTILIZING ACTIVATED CARBONS FOR ADSORPTIVE ELIMINATION OF TOXIC SULFUR COMPOUND VAPORS	Meenenda Goyal, Rashnam Dhawan
		5	HYDRODESULPHURIZATION KINETICS IN DIESEL: EXPLORING MASS TRANSFER DYNAMICS	Assoc. Prof. Dr. Kenari Ganguly
		6	THE IMPACT OF METHIONINE AND ACETATE LEVELS ON MYCOPHENOLIC ACID SYNTHESIS IN PENICILLIUM BERVICOMPACTUM MUCL 19011 UNDER SUBMERGED CONDITIONS	Ardestani Fatemi, Bahman Yakhchali, Manial Hosseyni, Gaffar Najafpour
		7	SIMULATING STRESS-TRIGGERED REGULATORY CASCADES USING ARTIFICIAL NEURAL NETWORKS	Dr. Emee. Manioudaki, Panayiota Poiri
		8	ENHANCING LIPASE CATALYTIC PROPERTIES VIA IMMOBILIZATION IN HYBRID MATRICES	Cevinka Zarcula, Roberto Croitoru, Lee Corici, Csunderlik Peter

AVRASYA 10th INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOCIAL SCIENCES AVRASYA 10th INTERNATIONAL CONFERENCE ON APPLIED SCIENCES ArtAsya 1st INTERNATIONAL GROUP EXHIBITION MAY 2 - 5, 2024 TBILISI Meeting ID: 816 0458 4722 Passcode: 202224 4 Mayıs / May 4, 2024 / 15:30 – 17:30 Time zone in Turkey (GMT+3)				
Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
HALL / SALON 12	Dr. Nor'Aini Yusof,	1	THE HONG KONG LOW-FERTILITY DILEMMA: CAN MAINLANDERS' BIRTHS CONTRIBUTE TO REVITALIZING THE LOW-FERTILITY ISSUE?	Nancy Iri Dr. Ling Sze Leung
		2	AN AGENT-BASED APPROACH TO KNOWLEDGE MANAGEMENT AND E-LEARNING	Teodora Bakardjieva Galya Gercheva
		3	DOCTOR BRAIN DRAIN: CAUSES AND RAMIFICATIONS IN PAKISTAN	Muhammad Wajid Tahir Rubina Kausar Majid Ali Tahir
		4	EVOLVING FROM SEPARATISM TO COALITION: VARIATIONS IN LANGUAGE POLITICS AND LEADERSHIP PATTERNS IN THE DRAVIDIAN MOVEMENT	PHD Subramaniam Chandran
		5	A KNOWLEDGE MANAGEMENT MODEL FOR EFFECTIVELY MANAGING KNOWLEDGE AMONG INTERCONNECTED ORGANIZATIONS	Mahboubbeh Molaei
		6	USERS' MOTIVATION AND SATISFACTION WITH INFORMATION SYSTEMS	Abbas Moshref Razavi, Rodina Ahmad
		7	THE IMPACTS OF HUMAN ACTIVITY ON THE HEALTH OF STREAM CITY IN YASUJ AREA	Jamalodin Alvani Fardin Boustani, Omid Tabiee, Masoud Hashemi
		8	EXTRACTING IMPLICIT KNOWLEDGE TO FORECAST POLITICAL RISK THROUGH A NOVEL FRAMEWORK UTILIZING BAYESIAN NETWORK	Assis. Prof. Dr. Siavash Asadi Ghajarloo
		9	THE ORGANIZATIONAL INNOVATIVENESS OF PUBLIC-LISTED HOUSING DEVELOPMENTS	Dr. Nor'Aini Yusof, Dr. Ismael Younis Abu-Jarad
		10	COMMUNITY INNOVATION IN SUSTAINABLE DEVELOPMENT: A CROSS-CASE STUDY	Tingan Tang, Kimmo Karhu, Matti Hamalainen

AVRASYA 10th INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOCIAL SCIENCES AVRASYA 10th INTERNATIONAL CONFERENCE ON APPLIED SCIENCES ArtAsya 1st INTERNATIONAL GROUP EXHIBITION MAY 2 - 5, 2024 TBILISI Meeting ID: 816 0458 4722 Passcode: 202224 4 Mayıs / May 4, 2024 / 15:30 – 17:30 Time zone in Turkey (GMT+3)				
Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
HALL / SALON 13	Dr. Sirinthrar Wandee	1	ANALYSIS OF CLUSTER MECHANISM OF ANTI-GREENHOUSE EFFECT USING COMPUTER TECHNOLOGY	A. Galashev
		2	UTILIZATION OF NANOFILTERS FOR PROVIDING POTABLE WATER IN THE WATERSHED BASIN OF PERSIAN GULF AND OMAN SEA	Sara Zamani, Mojtaba Fazeli, Abdollah Rashidi Mehrabadi
		3	EVALUATION OF EIA REPORTS ADEQUACY: EVIDENCE FROM PAKISTAN – A CRITICAL REVIEW	Dr. Obaidullah Nadeem, Assis. Prof . Dr. Rizwan Hameed
		4	EXAMINATION OF GROUNDWATER QUALITY AND IDENTIFICATION OF POLLUTION SOURCES IN BAGHAN WATERSHED, IRAN	Abolfazl Moeini, Elahe Alizadeh Paenafrakaty
		5	APPRAISAL OF POLLUTION REDUCTION	Prof. Dr. Katarzyna Strzała- Osuch
		6	DEVELOPMENT OF ESTIMATION METHOD FOR CREATING A HYDROGEN SOCIETY UTILIZING VARIOUS BIOMASS RESOURCES IN JAPAN – PROJECT ON COST REDUCTIONS IN BIOMASS TRANSPORT AND FEASIBILITY OF HYDROGEN STATION WITH BIOMASS	Masaki Tajima, Kenji Imou, Shinya Yokoyama
		7	IMPACT OF CELLULOLYTIC MICROBIAL ACTIVATOR ON DECOMPOSITION OF COMPOSTED RUBBER FACTORY WASTE	Dr. Thaniya Kaosol, Dr. Sirinthrar Wandee
		8	INVESTIGATION INTO ENERGY-EFFICIENT TEMPERATURE CONTROL	Mitsuyuki Kawakami, Kimihiro Yamanaka



AVRASYA 10th INTERNATIONAL CONFERENCE ON
SOCIAL SCIENCES
AVRASYA 10th INTERNATIONAL CONFERENCE ON
APPLIED SCIENCES
ArtAsya 1st INTERNATIONAL GROUP EXHIBITION
MAY 2 - 5, 2024
TBILISI

Contents

MULTİPL MİYELOMLU HASTANIN NEUMAN SİSTEM MODELİNE GÖRE HEMŞİRELİK BAKIMI: OLGU SUNUMU	1
ŞİFRELEME ALGORİTMALARI VE KUANTUM HESAPLAMA UYGULAMALARI	16
GÖKKUŞAĞI KÜTLE ÇEKİM KURAMI ÇERÇEVESİNDE VAIDYA-EINSTEIN-SCHWARZSCHILD KARADELİK MODELİ İÇİN MOLLER ENERJİ MOMENTUM GÖSTERİMİ	26
ANALYTICAL METHODS USED IN THE DETERMINATION OF BCM-7 IN MILK A1	33
THE IMPACT OF RHIZOBACTERIA ON THE AMINO ACID LEVELS IN SOME CITRUS ROOTSTOCKS GROWN IN SALINE SOILS.....	44
TRANSFORMATÖRLERDEKİ FARKLI KADEME DEĞİŞTİRME ORANLARININ GÜÇ AKIŞI VE KAYIPLARA ETKİSİ	56
ÇBAG TABANLI RÜZGAR TÜRBİNİNDE MAKSİMUM GÜÇ NOKTASI TAKİBİ MODELLEMESİNİN GELİŞTİRİLMESİ.....	66
AERODYNAMIC INVESTIGATION AND VALIDATION OF A UAV WING USING CFD AND VORTEX LATTICE METHODS	77
STABILITY ASSESSMENT OF UNMANNED AERIAL VEHICLE WITH TWIST-MORPHING WING.....	88
DESIGN OF OPTIMAL PID CONTROLLER FOR LIQUID TANK SYSTEM USING PSO AND ABC ALGORITHMS	96
İSVEÇ ÇAMI (<i>Pinus contorta</i>) AHŞABINDA BAZI VERNİK TÜRRLERİNİN UYGULANMASI.....	106
ATIK CAM UNU VE GERİ DÖNÜŞTÜRÜLMÜŞ POLİPROPİLEN İLE ÜRETİLEN KOMPOZİT MALZEMELER ÜZERİNDE BAZI YÜZEY ÖZELLİKLERİNİN ARAŞTIRILMASI	114
GERİ DÖNÜŞTÜRÜLMÜŞ POLİPROPİLEN VE ODUN UNU İLE ÜRETİLEN KOMPOZİT MALZEMENİN BAZI YÜZEY ÖZELLİKLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI	123
BASRALOCUS (<i>Dicorynia guianensis</i> Amshoff) AHŞABINDA AĞARTMA UYGULAMALARI.....	133
SICAK KARIŞIMLI ASFALT KAPLAMALARINDA REAKTİF KATKILARIN PERFORMANSI VE LABORATUVAR DENEYLERİ	143
YERİNDE DÖNÜŞÜM VE STANDART YENİLEME ÇALIŞMALARI KARAR SÜRECİ ANALİZİ	151
SÜLFONLU POLİMERLERİN HİDROJEN ÜRETİMİNDE KULLANILMASI	160
POROZİTENİN TABAKALI KOMPOZİT KİRİŞERİN TİTREŞİM DAVRANIŞINA ETKİSİNİN İNCELENMESİ ...	166
STATIC ANALYSIS OF A TWO-LAYERED SEMI-INFINITE MEDIUM WITH POROSITY	174
HARMONIC LOAD ANALYSIS OF A SEMI-INFINITE POROUS MEDIUM WITH RECTANGULAR CAVITY .	186
CONDUCTING POLYMER SUPPORTED METAL NANOPARTICLES FOR ELECTROCATALYTIC PURPOSES	200
ON THE PERFORMANCE OF DIFFERENT DATA AUGMENTATION SCHEMES FOR WIRELESS CAPSULE IMAGE CLASSIFICATION BASED ON THE EFFICIENTNET DEEP LEARNING PARADIGM	204
KEY PARAMETERS TO OPTIMIZE THE THERMAL CONDUCTIVITY OF GRAPHENE BASED NANOFLUID	221
COMPARATIVE INVESTIGATION OF THE VISCOSITY OF GRAPHENE AND ITS DERIVATIVES NANOFLUIDS	228
TÜBERKÜLOZ SEREBROVASKÜLER HASTALIK VE HİPERTANSİYONU OLAN HASTANIN KOLCABA KONFOR KURAMINA GÖRE HEMŞİRELİK BAKIMI: OLGU SUNUMU	238



KOAH VE KRONİK BÖBREK YETMEZLİĞİ TANILARINA SAHİP KONJETİNAL KALP YETMEZLİĞİ OLAN BİREYİN MYRA ESTRİN LEVİN KORUMA MODELİNE GÖRE HEMŞİRELİK BAKIMI: OLGU SUNUMU	260
THE ROLE OF GENETICS IN SKELETAL CLASS III ANOMALIES	292

MULTİPL MİYELOMLU HASTANIN NEUMAN SİSTEM MODELİNE GÖRE HEMŞİRELİK BAKIMI: OLGU SUNUMU

Kübra KUZUCU

Cumhuriyet Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Fakültesi, Hemşirelik Esasları Anabilim Dalı

ORCID: 0009-0008-8669-0693

Şerife KARAGÖZOĞLU

Prof. Dr. Cumhuriyet Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Fakültesi, Hemşirelik Esasları Anabilim
Dalı

ORCID:0000-0002-9558-0786

Fatma TOK YILDIZ

Dr. Öğr. Üyesi Cumhuriyet Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Fakültesi, Hemşirelik Esasları
Anabilim Dalı

ORCID: 0000-0001-7543-2076

ÖZET

Hematolojik malignansiler arasında yer alan Multipl Miyelom, uygulanan tedaviler sonucunda sağ kalımı, yaşam kalitesini, fiziksel, sosyal ve psikolojik durumu olumsuz yönde etkileyen önemli bir sağlık sorunudur. Multipl Miyelom hastalarının tedavisinde kemoterapi, immünomodülatör ajanlar ve kök hücre nakli gibi tedavi seçenekleri kombinasyonlar halinde bulunmaktadır. Multipl Miyelomda hiperkalsemi, böbrek yetmezliği, anemi ve kemik lezyonları en sık görülen semptomlar arasında yer almaktadır. Hastanın semptom yönetiminde; kan kalsiyum düzeyi izlemi, hiperkalsemi tedavisi, böbrek fonksiyonlarının izlemi, yeterli hidrasyonun sağlanması, ilaçların böbrek dozuna göre uygulanması, anemi izlemi ve tedavisi, beslenmenin desteklenmesi ve hastaların travma oluşturabilecek fiziksel aktivitelerden kaçınması önerilmektedir. Hemşirelik bakımının planlaması ve uygulamasında, Multipl Miyelom hastalarının maruz kaldığı çok yönlü stresörleri tanımlayabilme ve bütüncül bakış açısıyla hastayı çevresiyle birlikte değerlendirebilme imkânı sunmasından dolayı Neuman Sistemler Modeli olgu sunumu kapsamındaki çalışmamızda hasta bakımında rehber olarak alınmıştır. Bu bağlamda Z.E, 6 ay önce Multipl Miyelom tanısı almış olup bakımı, aile desteğiyle üniversite hastanesinde sürdürülmüştür. Çalışmamız kapsamında hemşirelik sürecinde Neuman Sistemler Modelini rehber almanın yararlı olduğu ve bakım kalitesini arttırdığı söylenebilir.

ANAHTAR KELİMELER: Multipl Miyelom, Neuman Sistem Modeli, Hemşirelik Bakımı, Hemşirelik

GİRİŞ

Multipl Miyelom (MM) tüm kanserlerin %1'ini ve hematolojik malignitelerin %10'unu oluşturmaktadır (Dimopoulos ve diğerleri, 2020; Rajkumar, 2020). Hematolojik kanserler arasında yer alan MM gün geçtikçe artış göstermektedir. Genellikle tüm MM, asemptomatik monoklonal gammopatinin (MGUS) evrilmesiyle oluştuğu kabul edilmektedir (Moreau ve diğerleri, 2017; Türk Hematoloji Derneği, 2020). MM, heterojen özellik göstermesi nedeniyle tedavi gerektiren aktif MM ve tedavi gerektirmeyen Sessiz-Sinsi MM (Smoldering Multiple Myeloma [SMM]) olmak üzere iki grupta sınıflandırılmaktadır (Brigle ve Rogers, 2017; Rajkumar ve Kumar, 2016; Sonneveld, 2017). Amerika'da her yıl yaklaşık 32.000'den fazla yeni MM vakası teşhis edildiği ve yaklaşık 13.000 hastanın MM nedeni ile hayatını kaybettiği bildirilmektedir (Siegel ve diğerleri, 2020). Dünya Sağlık Örgütü (DSÖ) verilerine göre 2018 yılında, MM hasta insidansı kadınlarda %1.9 iken; erkeklerde %2.3 oranında seyretmektedir (GLOBACAN, 2018). MM hastaların ortalama yaşı 65 olup, erkeklerde kadınlara oranla hastalık daha yaygın görülmektedir (American Cancer Society, 2016). MM hastalarının kemoterapi, radyoterapi, cerrahi ve kök hücre nakli tedavi seçenekleri bulunmaktadır. MM tedavisinde esas tedavi yöntemi ilk tanıdan itibaren kemoterapi tedavisidir. Kemoterapi tedavisi sonucunda MM hastalarında; hiperkalsemi, böbrek yetmezliği, anemi, kemik lezyonları (Calcemia, renal insufficiency, anemia, and bone lesions- [CRAB]), periferik nöropati, diyare, trombositopeni, spinal kord basısı, nötropeni ve Graft Versus Host Hastalığı gibi semptomlar görülebilmektedir. Hastalığın artış göstermesiyle birlikte yaşanan semptomlar aile, birey ve toplum sağlığı açısından olumsuz etkiler yaratmaktadır. MM, multidisipliner ekip iş birliği sağlanarak takip ve tedavi edilmesi gereken önemli bir sağlık sorunudur. MM hastalarının, tedavi ve hastalığa bağlı yaşadıkları semptomlar nedeniyle sekonder ve fırsatçı enfeksiyonlara yatkın hale gelmekte, yaşam kaliteleri ile sosyal, fiziksel ve psikolojik fonksiyonları olumsuz yönde etkilenmektedir (Bird ve Boyd, 2019; Moreau ve diğerleri, 2017; Sonneveld, 2017). Hemşirelik bakımının planlaması ve uygulamasında, Multipl Miyelom hastalarının maruz kaldığı çok yönlü stresörleri tanımlayabilme ve bütüncül bakış açısıyla hastayı çevresiyle birlikte değerlendirebilme imkânı sunmasından dolayı Neuman Sistemler Modeli olgu sunumu kapsamındaki çalışmamızda hasta bakımında rehber olarak alınmıştır.

NEUMAN SİSTEMLER MODELİ

Neuman Sistemler Modeli, ilk defa 1970 yılında hasta ihtiyaçlarını ve bunlara uygun yaklaşımlarını belirlemek amacıyla bütüncül bakım sistemini lisansüstü öğrencilere anlatabilmek amacıyla Betty Neuman tarafından geliştirilmiştir. Bu modelde temel olarak insan, sistemsel yaklaşımla bir bütün olarak ele alınmakta ve stresörlere karşı kişinin denge durumunu nasıl sağladığı belirlenmektedir (Ayaz Alkaya, 2017). Yani, bu süreçte bireyin stresörlere verdiği tepkilere göre birincil, ikincil, üçüncül önleme girişimleri ile hemşirelik bakımı verilmektedir (Genç Köse ve Demirbağ 2018).

MODELDE YER ALAN TEMEL KAVRAMLAR VE İÇERİK

İnsan: Modelde insan müşteri veya müşteri sistemi olarak da adlandırılmaktadır (Ayaz Alkaya, 2017). Müşteri/Müşteri sistemi; fiziksel, psikolojik, gelişimsel, sosyokültürel, spiritüel yönden kişisel değişkenlere, kendi içerisinde bir temel yapıya ve savunma halkalarına ve yeniden

yapılanma kavramlarına sahip iç-dış çevresi ile sürekli etkileşimde olan dinamik bir sistemdir (UmeNwagbo, DeWan, Lowry, 2006; Fawcett and Gigliotti 2001; Güner ve Kavlak 2015).

Temel Yapı: Modele göre her müşteri/müşteri sisteminin temel yapısı vardır. Bu yapı her bireyde ortak olan kan basıncı, vücut sıcaklığı, organların çalışma durumları gibi hayatta kalmayı sağlayan faktörleri temsil etmektedir (Ume-Nwagbo, DeWan, Lowry, 2006). Hayatta kalma faktörlerinin devamlılığının sağlanabilmesi için temel yapı savunma hatlarıyla korunmaktadır (Ayaz Alkaya, 2017).

Savunma Hatları: Temel yapıyı stresörlere karşı korumak amacıyla dıştan hemşireler birincil koruma, ikincil koruma ve üçüncül koruma girişimleri ile stresöre karşı vücudun denge durumunun devamını sağlamaya yardımcı olmaktadır (Ayaz Alkaya, 2017).

•**Birincil koruma girişimleri:** Stresörlerin savunma hatlarına zarar vermeden önce tanımlanmasına ve stresörün ortadan kaldırılmasına yardımcı olan girişimlerdir.

•**İkincil koruma girişimleri:** Vücudun stresörlere karşı verdiği tepkinin ve bu tepkiye bağlı oluşan semptomların tanımlanmasını ve tedavi edilmesini sağlayan girişimlerdir.

•**Üçüncül koruma girişimleri:** Stresöre tepki sonrası bireyin uyumunu sağlama ve yeniden yapılanma sürecine katkı sağlayan güçlendirmeye yönelik yapılan girişimlerdir (Ayaz Alkaya, 2017).

Hemşirelik süreci: Modelde bireyin algıladığı stresörlerin belirlenebilmesi için Betty Neuman tarafından altı adet soru geliştirilmiştir. Bu sorulara hastanın verdiği yanıtlar bize onun algısı hakkında fikir vermekte ve buna göre stresörler belirlenmektedir. Stresörler belirlendikten sonra hemşirenin algıladığı stresörlerle karşılaştırılmakta ve karşılaştırma sonucuna göre hemşirelik tanıları konularak girişimler uygulanmaktadır (Ayaz Alkaya, 2017; Özkan ve Öztürk 2013).

MULTIPL MİYELOMLU HASTANIN NEUMAN SİSTEM MODELİNE GÖRE HAZIRLANMIŞ OLGU SUNUMU

Bu olguda hastamızla 17.12.2023 tarihinde Malatya Turgut Özal Tıp Merkezi Onkoloji Hastanesi Hematoloji Servisinde 6 numaralı odada yüz yüze görüşme şeklinde daha sonra aralıklı olarak her hafta gözlemlenerek en güncel veriler doğrultusunda kaydedilmiştir. Görüşmeler 15-30 dk şeklinde sürmüştür. Hastaya ait veriler toplanmadan önce hasta ve ailesine gerekli açıklamalar yapılmış ve hem hastadan hem aileden çalışmanın amacı açıklanarak sözel onam alınmıştır. Bu olguda veriler hastanın öyküsü, modele göre temel yapıyı (bireyi) etkileyen beş temel değişken ve yaşadığı stresörler olarak üç başlık altında verilmiştir.

Z. E. 60 yaşında, 1.50 cm boyunda 60 kg ağırlığında (BKİ:26,6kg/m²) evli ve bir oğlu ile iki kızı var olup, üç çocuk annesidir. Z. Hanım 6 Şubat depremi öncesi Malatya'da eşi ve çocukları ile kaloriferli apartman dairesinde yaşamaktadır. Eşi esnaftır. 6 Şubat depreminden dolayı 2,5 aydır Kayseri'de Toki'de yaşamaktadırlar. Z. Hanım 6 ay önce Malatya'da oturduğu eve yakın olan aile hekimine halsizlik, bulantı, kusma şikayetiyle başvurmuştur. Hastaya yapılan kan testleri ve belirlenen tetkikler sonucu TÖTM' e (Malatya Turgut Özal Tıp Merkezi) yönlendirilmiş, yapılan kemik iliği biyopsisi ve ileri tetkikler sonucuna göre MM ve amiloidoz tanısı konulmuştur. Z. Hanım'ın kan değerlerindeki düşüklük sebebiyle TÖTM Hematoloji servisine 17.11.2024 tarihinde yatışı yapılmıştır. Z. Hanım 6 aylık süreçte 4 kür VCD(CyBorD)(Bortezomib/Siklofosfamid/Deksametazon), 2 kür

DRd(Daratumumab/Lenalidomid/Deksametazon) ve 1 kür
Pom/Dek(Pomalidomid/Dekzametazon) kemoterapi tedavisi almıştır. (Hastaya uygun kemoterapi protokollerine uygun tarihlerde ve belirli siklus aralıklarında)

Tedavi alırken sağ jugulerde santral venöz katateri mevcuttur. (Takılma tarihi:16.12.23/Pansuman tarihi:04.01.24'tür.) Hastaneye yattıktan 1 ay sonra 16 numaralı foley sonda takılmıştır. Havalı yatağı mevcuttur. Hastanede kalışında 1 ay sonra vital bulgularından TA yüksekliği ve PO₂ düşüklüğü sebebiyle monitörize edilip, nazal O₂ (2-3lt/dk) takılıp öyle takip edilmiştir. Kardiyak tutulumu olan (Amiloidoz) hasta kendini halsiz, yorgun hissetmekte, az öksürüğü ve efor dispnesi mevcuttur. Yatak içi mobil olan hastanın glutealinde G2 enfekte olmayan bası yarası ve makatta hemoroidi mevcuttur. Yatak içi pozisyonunu eşi vermekte (semi fowler, supine gibi.), ağız bakımını yine eşi verilen gargaralar ile desteklemektir. Böylelikle ağız yarası ve aft yoktur. Genel vücut ağrısı (Numerik skalaya göre 2'dir.) ile birlikte halsizlik, vücudunda solukluk, kuruluk ve üst ekstremitelerinde ekimozlar mevcuttur. Alt ekstremitelerinde ++(Godesiz) ödem mevcuttur. Günlük sıvı alımı 1000 cc/gün dir. AÇT yapılmaktadır. Hastanın çıkardığı fazla istenmektedir. İYE mevcuttur. Ara sıra bulantısı olmaktadır. Aldığı çıkardığı takibinde (AÇT): aldığı 2000 ml, çıkardığı 1200 ml = -800 ml (balans) olarak belirlenmiştir.

Z. Hanım yaklaşık 15 yıldır HT ve DM hastasıdır. Kan şekeri 4x1 takip edilmektedir. (03.01.2024'te değerleri stabildir). Kan şekeri düzeyi normal seyretmektedir. Tansiyonları sıvı elektrolit dengesizliğine bağlı düşüktür. Hipotansif seyirlidir. Kronik hastalıklara dair bilgisi bulunmaktadır. Yıllardır bu hastalıklarla uğraştığını ifade etmiştir. Sigara ve alkol kullanmamaktadır.

Z. E. kanser hastalığını bilmektedir ve kabul sürecinde sorun yaşasa da eşinin yanında olduğuna bu hastalığın Allah tarafından verildiğine inanmaktadır. Z. Hanım gün içinde yoğun uyukladığını takatinin olmadığını ifade etmektedir.

Z. E. hastanede kaldığı sürede kendi öz bakımını ve dini vecibelerini yerine getirmekte güçlük yaşadığını, eşi ile vakit namazlarını kılmak istediğini, eşinin kendisine destek olduğunu, yine üzülmekten geri durmadığını ifade etmiştir. Hastaneye yattıktan sonra durgunlaştığını günlük işlerini bile yerine getiremediğini belirtmiştir. Gaita sonrası perine temizliği eşi tarafından yatakta karşılanmaktadır. Fakat ilaçların etkisi yatağa bağımlı ve fiziksel mobilitesi bozulduğu için hasta konstipedir. Alt temizliği için Z. Hanım eşine yük olduğunu düşünmektedir. Fakat eşi bunun Allah tarafından başlarına geldiğini tevekkül etmeleri gerektiğini farkında ve eşine de aşılacaktır. Arada küçük kızının gelip kendisi ile ilgilendiğini ifade etmiştir. Diğer çocuklarının ara sıra uğrayıp sık gidip gelemediklerini söylemiştir.

HASTANIN KULLANDIĞI İLAÇLAR

Forziga 1x10 mg(po)(15 yıldır kullanıyor),Trajenta 1x5mg(po)(10 yıldır kullanıyor),Antiasidoz 3x1(po)(2 aydır kullanıyor),Tarden 1x40 mg(po)(15 yıldır kullanıyor),Bactrim 1x400 mg(po)(2 aydır kullanıyor),Daflon 2x1(po)(2 aydır kullanıyor),Aklovir 2x200(po)(2 aydır kullanıyor),Lasix 3x2 amp(ıv)(15 gündür kullanıyor),Balaban Krem 2x1(ınd)(10 gündür kullanıyor),Rectal Fitol 2x1(1 aydır kullanıyor),Anrecta Pomad 3x1(1 aydır kullanıyor),Pramofen Krem 3x1(2 aydır kullanıyor) Oro çinko Krem 2x1(ın)(10 gündür kullanıyor),Lyrica 1x75 mg(po)(15 gündür

kullanıyor),Nexium 2x1(flakon)(iv) Tanflex+Fungostatin+NAHCO₃ Gargara 3x1(po),1000CC SF İnfüzyon verilmektedir.

KEMOTERAPİ İÇİN PROFİLAKSİ OLARAK VERİLEN İLAÇLAR

Bactrim 1x400mg(po),Aklovir 2x200mg(po)'dir.

HASTAMIZA RUTİN ALINAN HEMOGRAM SONUÇLARINA GÖRE KAN TRANSFÜZYONLARI YAPILMAKTADIR. (İLK YATIŞINDA 17.11.2024 TARİHİNDE KAN ONAM FORMU İMZALATILMIŞTIR.)

(HASTANIN RUTİN BİYOKİMYA TESTLERİNE BAKILARAK TEK DOZ ŞEKLİNDE KCL İNFÜZYONU VERİLMEKTEDİR.)

VİTAL BULGULARI (04.01.2024 SAAT 13'TE HASTA ODASINDA ANAMNEZ ALINDIKTAN SONRA)

TABLO-1: YAŞAM BULGULARI

SAAT	VÜCUT SICAKLIĞI	NABİZ	KAN BASINCI	SPO ₂	AĞRI SKORU
10:00	36.2	106	94/53	96(Oksijensiz)	2(Numerik skalaya göre)
13:00	36.1	104	95/62	95(Oksijensiz)	2(Numerik skalaya göre)

TABLO-2: LABORATUVAR BULGULARI (04.01.2024 TARİHİNE AİTTİR)

HEMOGRAM-DEĞER	REFERANS DEĞERLER
HGB:10,4	13.5 – 17.5 gr/dl.
WBC:3,85	4.500 ila 11.000
MNS:2,92	1.500 – 7.000
PLT:86	150.000-450.000
PT:16,6	9.99-14.00
aPTT:27,4	30-40 saniye
INR:1,41	0.8 ile 1.1
FİBRİNOJEN:256	200-400 mg
CRP:<0,333	0 ile 5 mg/l
BİYOKİMYA-DEĞER	
GLUKOZ:181	70-100 mg/dl
BUN:64,49	10 mg/dl ile 20 mg/dl
Cr:2,3	0.6-1.3 mg/dl
Na:142	135 ila 145 mmol/l
K:2,94	3,5-4,5 mEq/L
Ca:6,7	8-10mg/dl
Mg:1,4	1,6-2,6 mg/dl
Ü. Asit:12,3	7-8 mg/dl
LDH:499	90-240 U/L.

ALP:109	40 – 130 IU/ml
GGT:356	5-65 U/L
ALT:27	0-40 U/L
AST:43	15-50 U/L
T. Pro:4,1	6.3- 7.9 g/dl
Alb:2,2	3.4 ila 5.4 gram (g/Dl)
T. Bil:1,14	0.3-1.0 mg/dl
Amilaz/Lipaz:259/400	19-86 U/L /10-140 U/L

NORTON BASI SKLASINA GÖRE: BASI YARASI RİSKİ:**11'DİR(YÜKSEK RİSKLİDİR.)**

İTAKİ DÜŞME RİSKİ ÖLÇEĞİNE GÖRE TOPLAM SKOR:**18'DİR (YÜKSEK RİSK).**

HASTAYA YATAN HASTA EĞİTİM FORMUNA GÖRE HASTANEMİZDE UYGULANAN KLİNİĞE KABUL EĞİTİMİ İÇERİĞİNDEKİ ENFEKSİYONDAN KORUNMA EĞİTİMİ VERİLMİŞTİR. (KİŞİSEL HİJYEN VE PERİNE BAKIM GİBİ.)

TABLO-3 NEUMAN SİSTEM MODELİ'NE GÖRE HASTA VERİLERİNİN ANALİZİ

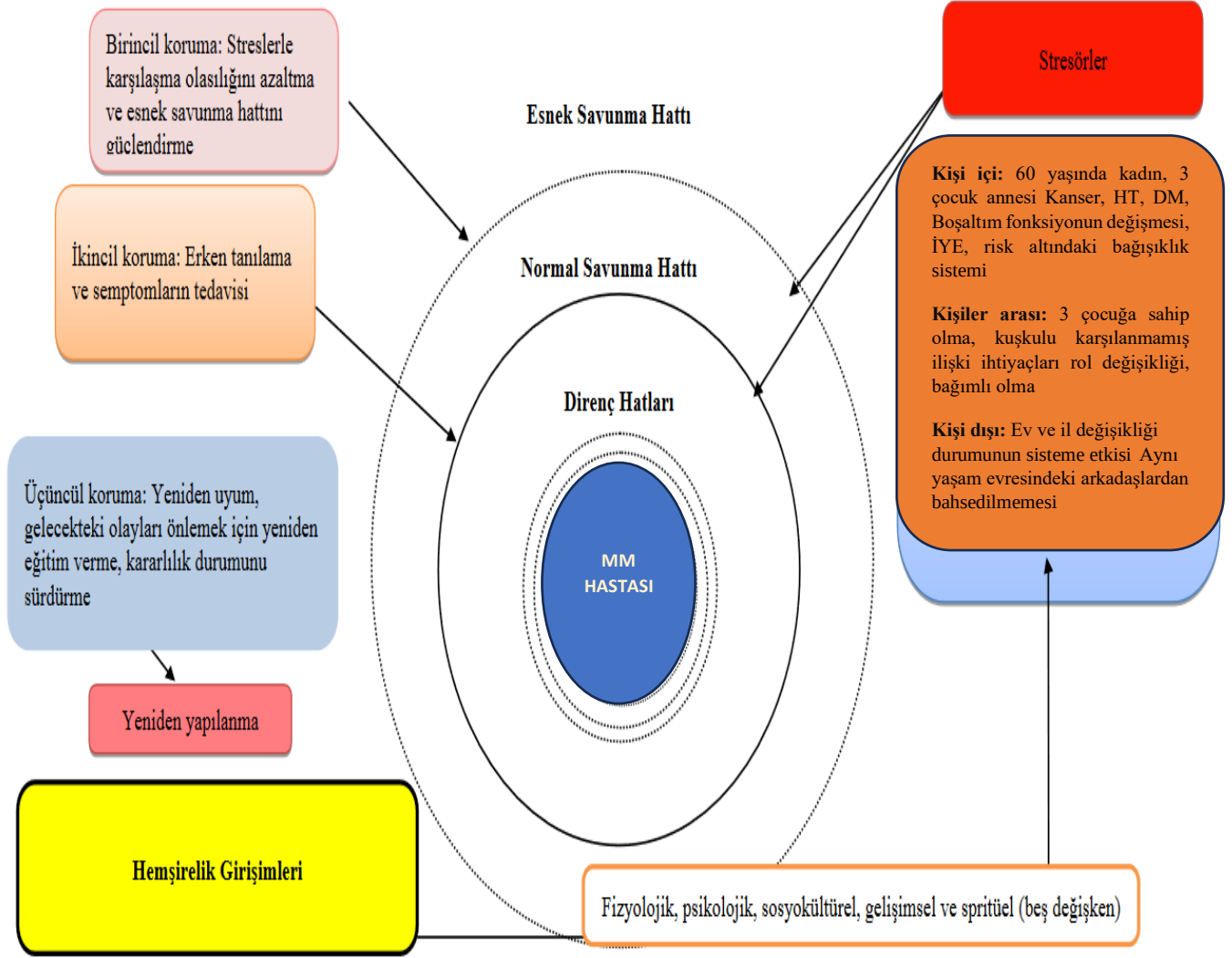
Model Bileşeni

Z. Hanım İle İlgili Uygulama

Hemşire-Hasta ilişkisi	İlk değerlendirme sırasında karşılıklı ortaklık geliştirilmiştir. Hemşire Z.E. fizyolojik, psikolojik, gelişimsel, sosyokültürel ve spiritüel stresörlerini algılar. Bakım planlama süreci boyunca hemşire, hasta aralarındaki olası tutarsızlıkları değerlendirir.
Fizyolojik	Stresörler Kişi içi: Kanser, HT, DM, Boşaltım fonksiyonun değişmesi, İYE, risk altındaki bağışıklık sistemi Kişiler arası: Rol değişikliği, bağımlı olma Kişi dışı: Ev ve il değişikliği durumunun sisteme etkisi
Psikolojik	Stresörler Kişi içi: Z. E.'nin uzun süre hastanede olduğundan dolayı üzüntü duyması, benlik saygısının düşmesi, rollerini yerine getirmede yetersizlik Kişiler arası: Utanma, üzüntü Kişi dışı: Diğer duygusal desteklerden bahsedilmemesi
Gelişimsel	Stresörler Kişi içi: 60 yaşında kadın, 3 çocuk annesi Kişiler arası: 3 çocuğa sahip olma, kuşkulu karşılanmamış ilişki ihtiyaçları Kişi dışı: Aynı yaşam evresindeki arkadaşlardan bahsedilmemesi
Sosyokültürel	Stresörler Kişi içi: Aile ve çevredeki rolleri yerine getirememe, uzun süre kemoterapi almanın hasta direncini olumsuz etkilemesi, güçsüz hissetme Kişiler arası: Ara sıra bulunduğu durumdan anksiyete ve üzüntüsünü eşine yansıtırma, eşinin inançlı olup Z.Hanım'ın yanında olması
Sosyokültürel	

	Kişi dışı: Eşin çalışmaması, 3 çocuk ve eşi ile deprem felaketini yaşayıp memleketlerinden ayrı bir ilde (Kayseri) 2,5 aydır yaşam sürmeleri, çocuklarının üniversite okumaları ve küçük kızı dışında diğerleri ile görüşilememesi
Spiritüel	Stresörler Kişi içi: Dini vecibeleri yerine getirememe Kişiler arası: Eşi ile beraber namaz kılmak istemesi Kişi dışı: Başka manevi desteklerden bahsedilmemesi
Etkilenen Sınırlar	Z.E.'nin esnek ve normal savunma hatları güçlendirilmiş ve direnç hatları etkin hale gelmiştir. Bu nedenle, ikincil ve üçüncül koruma yöntemleri, onun ihtiyaçlarını karşılamak için uygulamaya konulacaktır. Ayrıca, aile üyelerinin esnek savunma hattı geliştirilmesi değerlendirilecektir.
Hemşirelik Süreci Aşamaları	Hemşirelik Tanıları • Kemoterapötik ajan kullanımına bağlı kemiklerde "Ağrı" • Kansere yaşamaya ilişkin bilgi eksikliğine Bağlı "Anksiyete" • GİS motilitesinin azalmasına, fiziksel hareketin azalmasına ve ilaçların yan etkisine bağlı "Konstipasyon" • İlerlemiş kanser tanısına ilişkin sıvı-elektrolit dengesizliğine bağlı "Fiziksel Mobilitede Bozulma." • Yatak içi hareketlerde azalma, uykuyu sürdürememe ve hastalığa ilişkin anksiyeteye bağlı "Uyku Örüntüsünde Bozulma" • Ailenin hasta üyesinin uzun süreli tedavisi ve hastanede yatışına bağlı "Aile İçi Süreçlerin Devamlılığında Bozulma" • Bağımlılık düzeyinde artma ve gelişimsel fonksiyonların zarar görmesi nedeniyle "Öz Bakımı Sürdürmede Yetersizlik" • Denge sorunları ve uzun süre yatakta kalmaya ilişkin "Düşme Riski" • Semptomların şiddetinin ve kişisel bağımlılıkların artmasına bağlı "Spiritüel/manevi Distres Yaşama riski" • Uzun süreli hastanede kalmaya, Kemoterapiye ve invaziv girişimlere ilişkin "Enfeksiyon Riski" Genel Hemşirelik Bakımı Hedefleri Z.E. eğitim ve açık aile iletişimi yoluyla kanser ile ek hastalıklarına yönelik, yaşam olayları üzerinde kontrol sağlayacak, yapılan tedavilere uyumunun artacak ve iyilik halini geliştirecek.

	Hemşirelik Hedefleri Esnek savunma hattı düzeyinin güçlenecek, normal savunma hattının yeniden oluşacak ve gerekli hedefin yeniden düzenlenmesi için Z.E. koruma müdahalelerine tepkisine bakılacak.



Şekil 1. Neuman Sistemler Modeli'nde yer alan kavramların göre Multipl Miyelom olgusuyla ilişkisi

NEUMAN SİSTEMLER MODELİNE GÖRE ELDE EDİLEN HEMŞİRELİK VERİLERİ ve GRUPLANDIRILMASI

Neuman Sistemler Modeli'nin hemşirelik sürecini yürütme stratejisi; hemşirelik tanıları, hemşirelik amaçları ve hemşirelik çıktıları olarak üç temel bölümden oluşmaktadır. Hemşirelik tanılarının öncelik sıralaması Neuman'ın önerisi üzerine Maslow'un ihtiyaçlar hiyerarşisine göre yapılandırılmaktadır. Bu olgu çalışmamızda da hastanın verileri toplandıktan sonra gereksinimler saptanarak Kuzey Amerika Hemşirelik Tanıları Birliği "NANDA" tarafından onaylanan hemşirelik tanıları belirlenmiş, Hemşirelik Girişimlerinin Sınıflandırılması "NIC" ve hemşirelik bakım sonuçlarının sınıflandırılması "NOC" doğrultusunda ve güncel rehberlerden faydalanılarak bakım planı oluşturulmuştur.

Tablo-4Neuman Sistemler Modeline Göre Stresörlerin Belirlenmesi

Kişiyi özgü stresörler	Kişilerarası stresörler	Kişi dışı stresörler
• 60 yaşında kadın, 3 çocuk annesi, • Kanseri, HT, DM, • Boşaltım fonksiyonunun değişmesi, • İYE, risk altındaki bağışıklık sistemi, • Motor hareketlerde bozulma, • Uyku sorunları, • Kas krampları, • Tüm vücutta kemik ağrısı, • Tremor, • Yorgunluk, • Geleceği için korku ve endişe duyma, •Uzun süre hastanede olduğundan anksiyete, üzüntü duyması, benlik saygısında azalma, rolleri yerine getirmede yetersizlik, •Aile ve çevredeki rolleri yerine getirememesi, uzun süre kemoterapi almanın hasta direncini olumsuz etkilemesi, güçsüz düşürmesi	• Günlük yaşam aktivitelerinde ve öz bakımında desteğe ihtiyaç duyma, •Ütanma, üzüntü, •Rol değişikliği, bağımlı olma, • Eş rolünün kaybı, •Arkadaşlarıyla görüşememe. •Dini vecibeleri yerine getirememesi, •3 çocuğa sahip olma, kuşkuyla karşılanmamış ilişki ihtiyaçları, •Ara sıra bulunduğu durumdan anksiyete ve üzüntüsünü eşine yansıtmaya, eşinin inançlı olup Z.E.'nin yanında olması	•Fiziksel aktivitelerin ve sosyal hayatının kısıtlanması, •Ev ve il değişikliği durumunun sisteme etkisi, •Diğer duygusal desteklerden bahsedilmemesi, •Aynı yaşam evresindeki arkadaşlardan bahsedilmemesi, • Eşin çalışmaması, 3 çocuk ve eşi ile deprem felaketini yaşayıp memleketlerinden ayrı bir ilde (Kayseri) 2,5 aydır yaşam sürmeleri, çocuklarının üniversite okumaları ve küçük kızı dışında diğerleri ile görüşilememesi, •Başka manevi desteklerden bahsedilmemesi

TABLO-5Multipl Miyelom Olan Olgunun Hemşirelik Bakım Planı

Hemşirelik Tanısı	Değişken Türü	Koruma Türü	Amaç	Hemşirelik Girişimleri	Hemşirelik Sonuçları/Değerlendirme
Kullanılan kemoterapötik ajan kullanımına bağlı kemiklerde "ağrı"	Fiziksel	İkincil ve üçüncül	Z.E.'nin direnç ve normal savunma hattının güçlendiğini ifade etmesi ve ağrısının azaldığını belirtmesi.	• Hastaya ağrısı şiddetlendiğinde uyumadan önce narkotik analjezik Contramal 50 mg (IV) takıldı ve hemşire gözlem kağıdına kaydedildi. • Hastanın fizik tedavi doktoruyla yatak içi egzersiz programını (ROM) tam tolere edemediği belirlendi. Hasta ile birlikte planlanan egzersiz programına akşam saatlerinde, uyumadan önce olacak şekilde solunum egzersizleri ile yatak içi egzersizler önerilerek eşi ile birlikte yapılması önerilir. • Ağrıyı azaltmak için uygulanabilecek nonfarmakolojik uygulamalar (masaj ve gevşeme teknikleri) değerlendirildi. Görüşmede, hastanın ağrısının masajla ve	•Hastanın ağrısının alt ekstremitelerinde genelde omuzlarda ve sırtta olduğu, uyumadan önce arttığı ve genellikle 4 şiddetinde olduğu tespit edilip ağrı skoru tekrar

				dikkat dağıtma ile azaldığı belirlendi. Bunun üzerine uyumadan önce masaj uygulandı. Hastaya ağrısı arttığında skalaya göre 5'ten sonra farmakolojik yöntem için doktorla görüşüleceği hemşire gözlem formuna kaydedilir.	değerlendirildiğin de 2 olduğu belirlendi. Analjezik ilaç kullanımı sıklığında azalma ve ailenin masaj uygulama sıklığında artma tespit edildi. (04.01.2024 tarihinde)
Kanser tanısına bağlı "anksiyete"	Psikolojik	İkincil	Direnç hattının güçlenmesi, anksiyetenin azalması	- Hastanın duygu, düşünce ve isteklerini ifade etmesi sağlandı. - Anksiyete düzeyi belirlendi (hafif-orta düzeyde). - Gevşeme teknikleri öğretildi. - Hastaya ait, kişiler arası ve kişi dışı stresörler belirlenir. - Hastayı rahatlatan durumlar değerlendirilir. Aile bireyleri ve arkadaşlarıyla görüşme, dini görevlerini yatakta da olsa yerine getirebileceği anlatıldı ve duyguları paylaşıldı, bu girişimlerin faydalı olduğunu hissetmenin hastayı rahatlattığı belirlendi. - Hastalığı ve semptomlara yönelik bilgi verildi. Hastalığa ve geleceğine yönelik endişelerini açıklamasına fırsat verildi. - Kendi hastalığına sahip hastaların alması gereken önlemler konusunda hasta bilgilendirildi. (Maske kullanımı, uyku ve beslenme, el yıkama, beslenme hijyeni, kişisel hijyen) Hastanın hastalığı hakkında endişe ve düşüncelerini paylaşmasına fırsat verildi.	- Hasta kendini ifade ettikten sonra rahatladığını belirtti. - Z.E., hastalığı ile baş etme ve sürece alışma aşamasıyla ilgili endişelerinde azalma olduğunu belirtti. - Anksiyete düzeyi hafif olarak belirlendi. (04.01.2024 tarihinde)
GİS motilitesinin azalmasına, fiziksel hareketin azalmasına ve ilaçların yan etkisine bağlı "Konstipasyon"	Fiziksel	İkincil	Hastanın direnç hattının güçlenmesi, hastada konstipasyon gelişmemesi	- Hastanın defekasyon alışkanlığı değerlendirildi. İki, üç gün gibi belli olmayan düzensiz aralıklarla, zorlu defekasyona çıktığı ve şişkinlik hissi olduğu öğrenildi. - Hastanın yatak içinde hareketi sağlanması için refakatçisine (eşi) bilgi verildi. - Günlük su tüketiminin ilaç saatleriyle sınırlı olduğu öğrenildi. Günlük en az 6-8 bardak olacak şekilde gün içi sıvı alımı ayarlandı. İlaç saatlerinin dışında da su içimi hekim kontrolü ve bilgisi dahilinde az da olsa teşvik etmesi için ailesiyle görüşüldü. - Hastanın beslenme alışkanlığı ve tüketmeyi sevdiği besinler değerlendirildi. Lif açısından yetersiz beslendiği, ağırlıklı olarak et ürünleri tükettiği ve sebze yemeklerini tüketmekten hoşlanmadığı tespit edildi. - Öğünlere göre tüketebileceği lifli besinlerin örnek listesi hazırlandı (Kahvaltı için kayısı suyu az olacak şekilde, tam buğday ekmeği, peynir, yumurta vs.) Sevdiği lifli besinler tespit edilerek, kademeli olarak tüketiminin artırılması için hasta ve ailesine sözlü ve yazılı bilgi verildi. Haftalık meyve tüketiminin 5 porsiyondan az olduğu belirlenir. Kayısı ve erik yaş ya da kuru olacak şekilde ara öğününe eklendi. (Az miktarda alacak şekilde) - Bunun dışında elma, portakal gibi mevsime uygun meyveler de ara öğüne eklenerek, porsiyonu artırılır. (İyi yıkanmış ve soyularak yenilmesi şartıyla) - Fiziksel aktivite durumu değerlendirildi. Yatak içinde pozisyon değiştirmesi için cesaretlendirilip yakınına bilgi	- Hastaya bakım verilen süre içinde hasta defekasyon sağladı, fakat zorlu defekasyon devam ediyor. - Sıvı alımının günlük 1500 ml ulaştığı belirlendi. (05.01.2024 tarihinde)

İlerlemiş kanser tanısına ilişkin sıvı-elektrolit dengesizliği ne bağlı “Fiziksel Harekette Bozulma”	Fiziksel	İkincil	Direnç hattının güçlenmesi, uygun düzeyde güvenli hareket edebilmesi	verildi. Saatlik yatak içi pozisyonları hemşire gözlem formuna kaydedilir. - Hekimin önerisi dışında laksatif kullanmaması konusunda bilgilendirilir. - Hastanın tuvalete çıkması için dr tarafında order edilen oral şurup hastaya uygun şekilde ve saatlerde verilir. - Hastanın, hareket düzeyi, postürü, koordinasyonu ve bağımlılık düzeyi belirlenir. - Bulunduğu yerden kalkma, güvenli çevre oluşturma, giyinme ve öz bakımını gerçekleştirmede yardıma ihtiyaç duyduğu belirlenir. - Hekimin verdiği yatak içi egzersizleri uygulamadığı tespit edildi. Günlük egzersiz programı hazırlandı, egzersizler hasta ile birlikte uygulandı ve düzenli uygulanması (dinlenme periyodlarını içerecek şekilde) için teşvik edilir. - ROM egzersizi yaptırıldı ve günlük olarak yapılması konusunda bilgilendirilir.	- Fiziksel aktivite süresi ve sıklığında artış olduğu tespit edildi. - Hastanın alt ekstremitelerinde ki ağrısı azalmıştır. (07.01.2024 tarihinde)
Yatak içi hareketlerde azalma, uykuyu sürdürmem e, hastalığa ilişkin anksiyeteye bağlı “uyku örüntüsünde bozulma”	Fiziksel	İkincil	Direnç hattının güçlenmesi, uyku kalitesinin arttığını ifade etmesi	- Uyku alışkanlığı değerlendirildi ve gündüz ani uyku basmaları olduğu, dinlenmiş uyanamadığı, gün içi yorgun hissedip uyuklama halinin olduğunu, gece uyku bölünmeleri olduğu, yatakta rahat dönemediği, uykuya dalmakta zorlandığı ve ortalama 4 saat uyuduğu belirlenir. - Uyku hijyeni eğitimi hastaya ve ailesine verildi (kafein tüketimini azaltması, uyku alışkanlığı kazanması, gece harekete yardımcı olması için eşinden destek istemesi, öğleden sonra ve akşam uykusunun engellenmesi, düzenli egzersize uyulması, ilaçların saatinde kullanımı ve etkileri) - Nöromüsküler ağrıyı azaltmak için yatmadan önce 2 saat önce yoğurt ya da süt tüketimi ile masaj (eşi tarafında) önerildi ve farmakolojik ajan uygulanır. - Hastanın odasının sessiz, sakın ve karanlık olması önerilir.	- Masaj ile uykuya geçişte artma sağlandı. - Yatakta dönememe, uyku bölünmeleri ve gün içi uyuklamaları devam ediyor. (08.01.2024 tarihinde)
Ailenin hasta üyesinin uzun süreli tedavisi ve hastanede yatışına bağlı aile içi süreçlerin devamlılığın da bozulma	Sosyokül-türel	İkincil	Z.E.’nin hasta rolünü kabul etmesi, aile içi süreçlerin devamlılığın ın olabilecek optimum düzeyde sağlaması	- Ailenin durumu değerlendirmesine ve duygularına ifade etmelerine yardım edilir. - Hasta bakımına aile üyelerinin katılımı sağlanır. Bireyin hasta rolünü kabullendiği, ancak hastanede yatış süreci devam ettiğinden sorunun devam ettiği görüldü. - Hastalık tedavisi sürecinde gelişebilecek durumlara ilişkin hasta ve ailesine rehberlik edilir. - Gerekliyse diğer meslek gruplarından (psikolog, sosyal hizmet uzmanı vb.) yardım almaları sağlanır. - Bireyin aile üyeleri ile iletişimi güçlendirilir.	Bireyin hasta rolünü kabullendiği, ancak hastanede yatış süreci devam ettiğinden sorunun devam ettiği görüldü. (08.01.2024 tarihinde)
Bağımlılık düzeyinde artma ve gelişimsel fonksiyonların zarar görmesi nedeniyle “öz bakımı sürdürmede yetersizlik”	Sosyokültü-rel ve Gelişimsel	Birincil	Esnek savunma hattının güçlenmesi, benlik saygısının farkına varması ve kendisiyle ilgili pozitif ifadelerinin olması.	Hemşirelik Girişimleri: - Hemşirelik süreci boyunca uygulanan girişimlerin hastanın tercihi ve önerisine sunulur, aktif katılımı gerçekleştirilmesi sağlanır. - Hastaya gerekli zaman ayrıldı ve olumlu pekiştireçlerle cesaretlendirilir. - Günlük yaşam aktivitelerinde bağımlılık düzeyi değerlendirildi ve bulunduğu yerden farklı pozisyonlar ile iletişime aktif katılımı sağlandı, güvenli çevre oluşturma, giyinme ve öz bakımını gerçekleştirebilmede yardıma ihtiyaç duyduğu belirlenir.	- Ailenin farkındalık düzeyi arttı. - Bağımsız gerçekleştirebileceği aktivitelerde (kendi yemeğini, tabağına kendisi koyma vs) artış gözlemlendi. - Yapılan görüşmelerde

Denge sorunları ve uzun süreli yatakta kalmaya bağlı “düşme (travma) riski”	Fiziksel	Birincil	Esnek savunma hattını güçlenmesi, hastanın düşmeye bağlı yaralanmalardan kendini koruması.	- Bağımsızlığını desteklemek amacıyla düğmesiz kıyafet seçimi, yatak içi banyo yapabileceği gibi günlük hayata yönelik önerilerde bulunulur. - Verilen eğitimlerin etkinliğini arttırmak ve hastanın bağımsızlığını desteklemek için ulaşılabilir hedefler belirlenir. - Hastanın ailesiyle hastanın bireysel öz bakımı konusunda bağımsızlığını koruyarak desteklemesi, hastaya yeterli zamanı ve fırsatı tanımaları konusunda görüşüldü. - Hastanın eşi ve çocukları ile aile içi rolünü göz önünde bulundurarak iletişimlerini arttırmaları önerilir.	hasta kendini, isteklerini ve deneyimlerini ifade edebildi. (08.01.2024 tarihinde)
Semptomların şiddetinin ve kişisel bağımlılıklarının artmasına bağlı “Spiritüel/manevi Distres Yaşama riski”	Spiritüel	Birincil	Esnek savunma hattının güçlenmesi, dini ritüel ve uygulamalar a katılım isteğini ifade etmesi.	- Dini uygulamalara katılım engelleri belirlendi. Hastanın, kanser semptomlarının artması nedeniyle dini vecibelerini yerine getiremediği için kendini kötü hissettiğini belirtti. - Hastanın dini inancı ve manevi duyguları hakkında konuşmasına fırsat verilir. - Hastalık ve tedaviyle ilgili dini inanç ve uygulamaları değerlendirildi. Motor hareketinde bozulma nedeniyle namaz kılamadığı ve ilaçları nedeniyle de geçtiğimiz aylarda oruç tutamadığı için üzgün olduğu belirlenir. - Hastaya umut veren ve rahatlatan, üzüntülü anlarıyla başa çıkmasını sağlayan şeylere yönelik hasta ile paylaşımda bulunur.	- Hastada düşme öyküsü olmadı. - Düşmeye ve olası kazalara yönelik önlemlerin arttırıldığı belirlendi. - Düşmelerin yaşanmaması için aile ve hastanın farkındalığı arttırıldı. (10.01.2024 tarihinde)
Uzun süreli hastanede kalmaya ve bağımsızlığı baskılayıcı ajan kullanmaya bağlı “Enfeksiyon Riski”	Fiziksel	Birincil	Esnek savunma hattının güçlenmesi, korunma önlemleri açısından bilgilendirilmesi eğitime olumlu yanıt vermesi.	- Hastanın enfeksiyon ve hijyen konusunda neyi bilip bilmediğini öğrenmek için açık uçlu sorular yöneltilir. (Kişisel hijyeninizi nasıl sağlarsınız? Enfeksiyon kelimesi hakkında bildiklerinizi paylaşır mısınız? Gibi.) - Hasta ile temasta çapraz kontaminasyonu engellemek için el hijyenine dikkat ettim bunu yaparken hastaya ve yakınına hem el hijyeni ile kişisel hijyen konularında bilgi verilir. - İnfüzyon setlerinin değişimini uygun saat ve günlerde yapılır. - Enfeksiyon bulguları yönünden hastayı yakın takip ettim, gözlemlediğim enfeksiyon bulgularını doktora ilettilim. - Tüm uygulamalarda asepsi kurallarına uyarak hasta ve eşine bilgi verilir.	- Hasta konu ile ilgili bildiklerini ifade etti. - Verilen bilgiler doğrultusunda hasta ve yakını kişisel ve el hijyenine daha çok dikkat edeceklerini belirtti. (Maske kullanımı, el yıkama gibi.) - Hastada bağımsızlık sisteminin baskılanması ve

					hastanede uzun süreli kalmaya bağlı enfeksiyon gelişmediği profilaksi olarak kemoterapi protokolünde belirtilen ilaçları kullandığı kaydedildi. (15.01.2024 tarihinde)

SONUÇ

Bu olgu sunumunda Multipl Miyelomlu hastaya Neuman Sistemler Modeli kullanılarak verilen hemşirelik bakım ve girişimleri yer almaktadır. Neuman Sistemler Modeli bireyin kendi çevresinde, etki eden stresörlerle birlikte, bütüncül bir bakış açısıyla değerlendirilmesine rehberlik etmektedir. Bu yönüyle model hemşirelik sürecinin uygulanmasına kolaylık sağlamış ve bakımı sistematize etmiştir. Olguda MM hastası bireyin savunma hatlarının maruz kaldığı stresörler nedeniyle zarar gördüğü tespit edilmiş, birincil, ikincil ve üçüncül hemşirelik koruma önlemlerini içeren hemşirelik girişimleri uygulanarak birey güçlendirilmiştir. Bu bulgular sonucunda, MM hastası bireylere hemşirelik sürecinin planlanması ve uygulanmasında Neuman Sistemler Modeli'nin kullanılması önerilmektedir. Böylece hastanın stresörleri azaltılıp baş etme mekanizmaları geliştirilmiş olacaktır. Sadece hasta değil, yakını da bu süreçte aktif rol alarak güçlü destek faktörü olarak karşımıza çıkmaktadır.

KAYNAKÇA

- Alligood, M. R. (2014). Nursing Theorists And Their Work. Elsevier Health Sciences.
- American Cancer Society. (2016). Cancer facts & figures. American Cancer Society. Erişim adresi: <https://www.cancer.org/research/cancer-facts-statistics/all-cancer-facts-figures/cancer-facts-figures2016.html> Erişim tarihi: 15.02.2024
- Bird, S. A., Boyd, K. (2019). Multiple myeloma: an overview of management. Palliative Care Society Practice, 13, 1-13. doi:10.1177/1178224219868235
- Brigle, K., Pierre, A., Finley-Oliver, E., Faiman, B., Tariman, J. D., Miceli, T. (2017). Myelosuppression, Bone disease, and acute renal failure: Evidence-based recommendations for oncologic emergencies. Clinical Journal Oncology Nursing, 21(5), 60-76. doi: 10.1188/17.CJON.S5.60-76
- Brigle, K., Rogers, B. (2017). Pathobiology and diagnosis of multiple myeloma. Seminars in Oncology Nursing, 33(3), 225-236. doi: 10.1016/j.soncn.2017.05.012

Buege, M. J., Do, B., Lee, H. C., Weber, D. M., Horowitz, S. B., Feng, L. ... Shank, B. R. (2019). Corrected calcium versus ionized calcium measurements for identifying hypercalcemia in patients with multiple myeloma.

Cancer Treatment and Research Communications, 21, 1-4. doi: 10.1016/j.ctarc.2019.100159
Colson, K. (2015). Treatment-related symptom management in patients with multiple myeloma: A review. Support Care Cancer, 23(5), 1431-1445. doi: 10.1007/s00520-014-2552-1
Dimopoulos, M. A., Moreau, P., Terpos, E., Mateos, M. V., Zweegman, S., Cook, G. ... Mey, U. (2021). Multiple myeloma: EHA-ESMO clinical practice guidelines for diagnosis, treatment and follow-up. Annals of Oncology, 32(3), 309-322. doi: 10.1016/j.annonc.2020.11.014
Dimopoulos, M., Siegel, D., White, D.J., Boccia, R., Iskander, K. S., Yang, Z. ... Niesvizky, R. (2019). Carfilzomib vs bortezomib in patients with multiple myeloma and renal failure: A subgroup analysis of ENDEAVOR. Blood, 133(2), 147-155. doi: 10.1182/blood-2018-06-860015
Douglas, S., Schild, S. E., Rades, D. (2012). A new score predicting the survival of patients with spinal cord compression from myeloma. BMC Cancer, 12(1), 1-6. doi: 10.1186/1471-2407-12-425

Faiman, B., Tariman, J. D., Mangan, P. A., Spong, J. (2011). Renal complications in multiple myeloma and related disorders: Survivorship care plan of the IMF nurse leadership board. Clinical Journal of Oncology Nursing, 15(Suppl), 66. doi: 10.1188/11.CJON.S1.66-76

Gascón, P., Arranz, R., Bargay, J., Ramos, F. (2018). Fatigue- and health-related quality-of-life in anemic patients with lymphoma or multiple myeloma. Support Care Cancer, 26(4), 1253-1264. doi: 10.1007/s00520-017-3948-5
Global Cancer Observatory (GLOBACAN). (2018). Cancer Today. Volume 2020, Erişim adresi: https://gco.iarc.fr/today/online-analysistable?v=2018&mode=cancer&mode_population=continents&population=900&populations=900&key=asr&sex=0&cancer=39&type=0&statistic=5&prevalence=0&population_group=0&ages_group%5B%5D=0&ages_group%5B%5D=17&group_cancer=1&include_nmssc=1&include_nmssc_other=1 Erişim tarihi: 10.02.2024.

Guzdar, A., Costello, C. (2020). Supportive care in multiple myeloma. Current Hematologic Malignancy Reports, 15, 56-61. doi: 10.1007/s11899-020-00570-9.

Bilotti E, Faiman BM, Richards TA et al. Survivorship care guidelines for patients living with multiple myeloma: Consensus statements of the international myeloma foundation nurseleadership board. Clin J Oncol Nurs 2011; 15: 5-8.

Black, P., Deeny, P., McKenna, H. (1997), Sensoristtrain: an exploration of nursing interventions in the context of the Neuman systems theory, Intensive and Critical Care Nursing, 13, 249-258.

Fawcett, J. (2005). Contemporary nursing knowledge: analysis and evaluation of nursing models and theories. (2th ed.), Philadelphia: Davis Company.

Fitzpatrick, J., Whall, A. (2005), Conceptual Models of Nursing: Analysis and Application. (4th ed.), Upper Saddle River, New Jersey: Prentice Hall.

Geib, K.M. (2006). Neuman's Systems Model in Nursing Practice. In M.R. Alligood A.M. Tomey (Eds.), Nursing Theory: In J.B. George (Ed.), Utilization & Application. St. Louis: Mosby.

George, J.B. (2002), The Neuman systems model: Betty Neuman. Nursing theories: The base for professional nursing practice (5ted.), Upper Saddle River, New Jersey: Prentice Hall.

- Gigliotti, E. (2001), Empirical tests of the Neuman Systems Model; relationalstate 463 ments analysis, *Nursing Science Quarterly*, 14, 149-158 .
- Khatiban, M., Oshvandi, K., Borzou, S. R., & Moayed, M. S. (2016). Outcomes of Applying Neuman System
- Lobban L, Perkins S. Role of the specialist nurse in caring for patients with myeloma. *Nurs Stand* 2013; 28(5): 37-41
- Neuman, B., & Reed, K. S. (2007). A Neuman systems model perspective on nursing in 2050. *Nursing sciencequarterly*, 20(2), 111-113. DOI: 10.1177/0894318407299847
- Ören Hin, A., Göçman Baykara, Z., Eyüboğlu, G., Akar, E., Leventoğlu, S. 2018. Zor Bir Stomanın Yönetimi: Olgu Sunumu. *Gazi Üniversitesi Sağlık Bilimleri Dergisi* ; 3(2):63–69.
- Sitzman, K., Eichelberger, LW. (2004). *Understanding the Work of Nurse Theorists: A Creative Beginning*, Massachusetts: Jones and Bartlett Publishers.
- Snowden JA, Ahmedzai SH, Ashcroft J, et al. Guidelines for supportive care in multiple myeloma 2011. *Br J Haematol* 2011; 154(1): 76-103.
- Theory in Intensive Care Units: A Systematic Review. *Crit Care Nurs J*, 9(4). <https://doi.org/DOI:10.17795/ccn-8886>.
- Tricot G. Multiple Myeloma and Other Plasma Cell Disorders. In: Hoffman R, Benz E, Shattil S, Furie B, Cohen H, Silberstein L, McGlave P (eds). *Hematology: Basic Principles and Practice*. 4th ed. Elseiver Inc; 2005. p.1501-1535.
- Wilkinson, J. ve Barcus, L. (2018). *Pearson Hemşirelik Tanıları El Kitabı*. Kapucu S., Akyar İ., Korkmaz F. (Çev.). 11. Baskı. Ankara: Pelikan Yayınevi.

ŞİFRELEME ALGORİTMALARI VE KUANTUM HESAPLAMA UYGULAMALARI

Arş. Gör. İLYA KUŞ

Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi, 0000-0001-5850-949X

Prof. Dr. AYDIN ÇETİN

Gazi Üniversitesi, 0000-0002-8669-823X

ÖZET

Kuantum hesaplama, klasik bilgisayarların çözemediği karmaşık problemleri çözmek için geliştirilen bir teknolojidir. Bu teknoloji kullanılarak büyük ve karmaşık mimarilerin hesaplamaları yapılabilmektedir. Ayrıca bu teknolojinin gelişmesiyle birlikte ilerleyen zamanlarda tüm klasik simetrik şifrelerin kırılabilmesi öngörülmektedir. Günümüzde kuantum hesaplama elektrikli arabalar, finans, askeri, sağlık ve yapay zekâ gibi alanlarda çeşitli fırsatlar sunmaktadır. Bununla birlikte, kuantum hesaplamanın kriptografi üzerinde etkisi de günümüz internet çağındaki son gelişmeler ile daha fazla olmuştur. Bu etkilerinin yanı sıra diğer teknolojilerde de olduğu gibi kuantum hesaplamanın da birtakım avantajları ve dezavantajları vardır. Bu amaçla, çalışmada öncelikle kuantum hesaplamaların artı ve eksileri ele alınmıştır. Daha sonra simetrik ve asimetrik şifreleme algoritmalarıyla birlikte modern kriptografide yaygın olarak kullanılan bazı kuantum algoritmaları incelenmiştir. Birden fazla kuantum bilgisayarın bir tür ağ üzerinde etkileşime girdiği dağıtılmış bir ortamın aksine tek bir kuantum bilgisayar ile neler yapılabileceği üzerinde incelemeler yapılmış, bu doğrultuda kuantum hesaplama modelleri ve bu hesaplamaların kriptografi üzerine olan etkileri detaylandırılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Simetrik Şifreleme, Asimetrik Şifreleme, Kriptografi, Kuantum Hesaplama

1. GİRİŞ

Kuantum hesaplama büyük ve karmaşık verileri işleyebilen bir teknolojidir. Bu teori ilk olarak 1982 yılında Richard Feynman tarafından kavram olarak ortaya atılmış olup, kapsamlı bir şekilde araştırılmış ve günümüzün modern asimetrik kriptografisinin yıkıcısı olarak kabul edilmiştir [1]. Günümüzde belirli problemlerin çözümünde, sınırlı sayıda kübit kullanan kuantum bilgisayarların üretilmesiyle deneysel aşamada olan kuantum hesaplama teknolojisinin gelecekte herkesin erişebileceği bir teknoloji olacağı ifade edilmektedir [2]. Kuantum hesaplamalar büyük ve karmaşık problemlerin çözümünü etkili ve hızlı bir şekilde yapabilir. Bu avantajların yanı sıra teknolojik gelişmelerin gün geçtikçe ilerlemesi kuantum hesaplama açısından çeşitli sorunları da beraberinde getirebilir. Gizlilik, güvenlik, bütünlük ve erişilebilirlik gibi konularda açıkların olması bu sorunların en başındadır. Bu nedenle verilerimizin güvenliğinin sağlanması için kriptografik yaklaşımlar ile verilerimiz güvence altına alınmaktadır. Kuantum hesaplama bahsedilen teoriler doğrultusunda gelişirse

kriptografide kullanılan algoritmalar ile oluşturulan şifrelerin çözülmesi oldukça kolay olacaktır. Bu da güvenlik açıklarının önüne geçilmesi oldukça zor olacağının göstergesidir.

Öncelikle kriptografi verilerin şifrlenmesi ile güvenliği sağlayan bir teknolojidir. Kriptografinin temel görevlerden biri, kullanıcıların güvenli olmayan bir kanal üzerinden, verilerini gönderirken mahremiyetini koruyacak şekilde güvenli bir iletişimin kurulmasını sağlamaktır [3]. Bilgi güvenliği, askeri, siyasi, finansal ve sağlık gibi birçok alanda kullanılan kriptografi algoritmaları ile sağlanmaktadır. Verilerin şifrlenmesi ile bu güvenlik sorunlarının üstesinden gelinmektedir. Fakat kuantum hesaplamanın ilerlemesi durumunda kuantum bilgisayarların çözemeyeceği şifreler kalmayacaktır. Bu nedenle kuantum bilgisayarların gelişmesi durumunda simetrik kriptografinin etkilenebileceği öngörülmektedir. Günümüzde çalışmalar hala devam ediyor olsa da henüz kriptografiyi ortadan kaldıran bir makine geliştirilmemiştir. Kriptografiyi ortadan kaldırabilecek kuantum bilgisayarların ne kadar ölçeklenebilir ve hataya dayanıklı olup olmadığı da henüz bilinmemektedir. Ancak olası durumlara karşı önlemler alınarak kriptografinin sağladığı güvenlik devam ettirilmelidir.

Bu çalışmanın amacı, kuantum hesaplamanın mevcut kriptografideki etkilerini açıklamak ve temel kuantum sonrası algoritmaları tanıtmaktır. Makalenin takip eden bölümünde literatürde kuantum hesaplamanın kriptografiye etkisi üzerine yapılan çalışmalara değinilmiştir. Üçüncü bölümde simetrik ve asimetrik kriptografi ile hashing şifreleme algoritmalarını değinilmiştir. Dördüncü bölümde kuantum algoritmaları ve kriptografi ile etkileşiminden bahsedilmiştir. Son bölümde ise kuantum sonrası kriptografik yaklaşımlar, kuantum bilgisayarlara erişim ve kuantum hesaplama uygulamaları hakkında bilgi verilmiştir. Özellik kuantum anahtar dağılımının analizi ve kafes tabanlı kriptografi gibi konular da detaylı bir şekilde ele alınmıştır.

2. LİTERATÜR TARAMASI

Bu bölümde, kuantum hesaplamada yapılan çalışmaların bir analizi gerçekleştirilmiştir. Aïmeur vd., $|a| + |b|$ gibi iki kuantum durumunun örtüşmesi veya uygunluğunda iki vektör arasındaki benzerlik ölçülmesi için bir teknik kullanılmaktadır [20]. Örtüşme takas testi olarak bilinen bir alt program aracılığıyla elde edilmektedir.

Wiebe vd., ise bu çalışmaya ek olarak özellik vektörleri arasındaki mesafeyi ölçmek için belirli algoritmalar sunmuştur [21]. Takas testine dayanan yaklaşım, öklid uzaklığının hem doğrudan hem de iç çarpım kullanılarak hesaplanmasına yönelik yöntemler sağlanmıştır.

Wang vd., ise yalnızca on şehri gezmek için 200.000'e kadar farklı rotanın oluşabileceğini, bu nedenle şehir sayısı arttıkça artan karmaşıklık klasik bir bilgisayarın yeteneklerinin ötesine geçtiğini vurgulamıştır. Araştırmacılar bu sorunu ele alarak, sezgisel bir yaklaşım izleyen ve üstel büyümenin kuantum doğasını kullanan, Kuantumdan İlham Alan Evrimsel Algoritma (IQEA, *Quantum-Inspired Evolutionary Algorithm*) isimli yeni bir algoritma önerilmiştir [22].

Zhang ve diğerleri. Son yıllarda kuantum nokta (QD) tabanlı sıcaklık sensörleri ve CdTe QD'leri sıcaklık sensörü olarak kullanan temassız termal izleme yöntemlerinin, yüksek doğruluk, geniş ölçüm aralığı, yüksek çözünürlük ve iyi dinamik gibi birçok avantajı nedeniyle yaygın ilgi gördüğünü ileri sürmektedir [21].

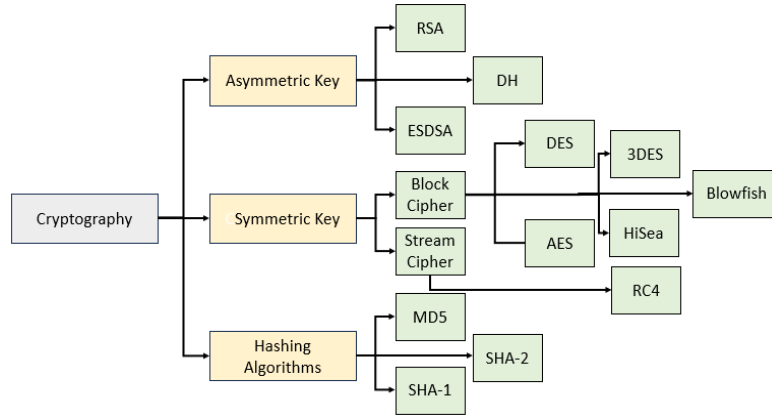
Diğer bir çalışmada ise Lipka vd., son derece düşük güç (birim zaman ve birim bant genişliği başına bir fotondan daha az) ve ilave beyaz Gaussian ile optik kanallarda sınırsız bant genişliği içeren pratik olarak ilgili rejimde, güvenli iletişim için gizli anahtarlar oluşturmak için kullanılabilen kuantum parmak izi sorunu ele alınmıştır [22].

Wei vd., ise QKD tabanlı kuantum özel sorgulamada hata toleransı sınırı için yeni bir protokol önermiştir. Önerilen protokol ile gerçekçi gürültülü kanallar karşısında çalışabilen ve aynı zamanda iletişim kuran her iki tarafın mahremiyetini koruyan bir protokoldür [23].

Literatürde de görüldüğü gibi farklı alanlarda kuantum hesaplamaların yayınlaması hızla artmaktadır. Bu nedenle yapılan bu çalışmada ise çalışmaların neden tercih edildiği ve ne gibi teknikler kullanarak kuantum hesaplamayı çalışmalarına aktardıkları derinlemesine incelenmektedir.

3. KRİPTOGRAFİYE GİRİŞ

Kriptografi algoritmaları simetrik ve asimetrik kriptografi ve hashing algoritmaları olmak üzere üçe ayrılmaktadır. Görsel 1’de kriptografide kullanılan şifreleme algoritmalarının genel bir şeması verilmiştir.



Görsel 1. Şifreleme Algoritmalarına Genel Bakış

3.1. Simetrik Şifreleme

Simetrik anahtar şifrelemesi bir mesajı şifrelerken ve şifreyi çözerken benzer anahtarlardan yararlanmaktadır [4]. Şifre ve şifre çözme anahtarları gizli tutulmaktadır. Bu anahtarlar sadece gönderici ve alıcı tarafından bilinmektedir. Bu algoritma şifreleme ve şifre çözmede kullanılarak, anahtarların gizliliği sağlanmaktadır. Görsel 1’de gösterildiği gibi simetrik şifreleme block cipher ve stream cipher olarak ikiye ayrılabilir. DES (Data Encryption Standard), 3DES (Triple DES), AES (Advanced Encryption Standard), HiSea ve Blowfish bunlara örnek olarak verilebilir.

DES, NIST (*National Institute of Standards and Technology, Ulusal Standartlar ve Teknoloji Enstitüsü*) tarafından önerilen ilk şifreleme standardıdır [6]. DES, 56 bitlik anahtar altında 64 bitlik bir blok şifrelemedir. Algoritma, bir başlangıç permütasyonu, on altı turluk blok şifresi ve son bir permütasyonla işlenmektedir. Ticari, askeri ve finans alanında oldukça popülerdir.

AES algoritması, herhangi bir veri kombinasyonunu ve 128, 192 ve 256 bitlik anahtar uzunluğunu desteklemektedir. [7]. AES, dört temel operasyonel bloğa dönüşebilen 128 bitlik bir veri uzunluğuna izin vermektedir. Bu bloklar bayt dizisi olarak ele alınır ve durum adı verilen 4×4 metrebesinde bir matris olarak düzenlenmektedir. Bu algoritma ile korunan verilerin şifrelenmesi ve şifresinin çözülmesinde aynı anahtar kullanılmaktadır. Veriler tek bir şifreleme yerine, süreci zorlaştırmak için birkaç tur değiştirme, aktarma ve karıştırma işlemlerinden geçirilmektedir.

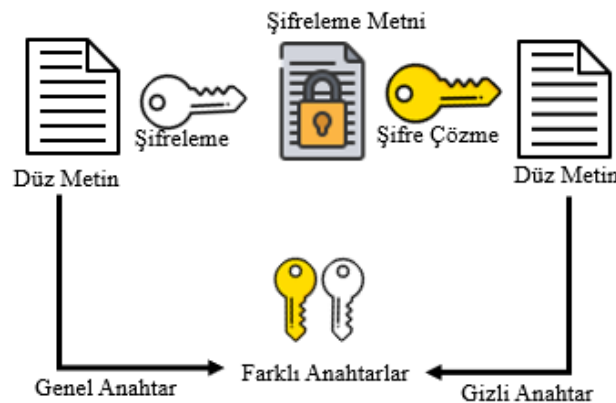
3DES ilk kez 1998 yılında yayınlanmıştır. Her veri bloğunda DES şifresini üç kez uyguladığı için 3DES adını almıştır [8]. Düz metin şifrelenmesi için üç farklı anahtar kullanılmaktadır. 3DES değişen anahtar boyutlarını desteklemektedir. Bu da onu farklı güvenlik ihtiyaçlarına daha uyumlu hale getirmektedir. HieSea ise düz metni şifreleme ve şifrelenmiş metin ve anahtarların şifresini çözme sürecinde bir tamsayı kullanan bir blok kodlamadır [9]. RC4 algoritması ise değişken uzunluklu bir anahtar algoritmasıdır. Bu algoritma her seferinde bir baytı şifrelemektedir.

Blowfish, anahtar uzunluğu 32 ile 448 bit arasında ve blok boyutu 64 bit olan simetrik bir anahtar blok şifrelemesidir. Hem ev hem de ticari kullanım için uygun olan bir şifreleme standardıdır [8].

Simetrik anahtar şifrelemede web sunucusuna Alice ve bilgisayara Bob denildiği varsayalım. Diyelim ki Alice, Bob'a bir dosya veya bir mesaj gönderecek. Simetrik şifrelemede anahtarı iki tarafta bilmekteydi. Bu anahtar simetrik şifreleme işlemlerini gerçekleştirmek için kullanılmaktadır. Bu anahtara e, mesaja da m diyelim. Alice m mesajını iletmek için bu anahtarını kullanarak bir şifreleme yapmaktadır. Algoritma sonucunda Alice'in gönderdiği mesaj şifreli mesaja dönüşmektedir. Bob, şifreli mesajı çözmek için k anahtarını kullanarak eşleşen bir simetrik şifre çözme algoritması uygular ve orijinal şifrelenmemiş mesaja ulaşır. Bu şekilde simetrik şifreleme https'deki mesaj içeriklerinin üçüncü bir kişi tarafından görülmesini engelleyerek verilerin gizliliğini sağlamaktadır [5].

3.2. Asimetrik Şifreleme

Asimetrik şifrelemede, simetrik şifrelemeden farklı olarak gönderilecek olan mesajın şifrelenmesinde ve şifre çözülmesinde aynı anahtar kullanılmamaktadır. Farklı olan bu anahtarlar genel ve özel anahtarlardır. Görsel 2'de asimetrik şifreleme adımları gösterilmiştir.



Görsel 2. Asimetrik Şifreleme

Asimetrik şifrelemede şifreleme anahtarı aynı zamanda genel anahtar olarak da adlandırılır ve anahtarla mesajın şifrlenmesinde kullanılmaktadır. Şifre çözme anahtarının gizli veya özel anahtar olduğu bilinir ve mesajın şifresini çözmek için kullanılmaktadır. Asimetrik şifreleme algoritması RSA [10], DiffieHellman (DH) algoritması [11] vb. içerir.

RSA, 1978 yılında icat edilen güvenli bir asimetrik şifreleme algoritmasıdır [12]. Anahtarların tipik uzunluğu 512-2048 bittir. Büyük sayıların çarpanlara ayırmanın zorluğu, RSA algoritmasının güvenliğinin temel bileşenidir. Fakat kuantum bilgisayarların gelişmesi büyük sayıları çarpanlara ayırmayı çözebileceği için RSA algoritmasının o durumda verimliliği ve güvenilirliği bozulacaktır. DH algoritmasında ise gizli anahtarlar yalnızca ihtiyaç duyulduğunda oluşturulmaktadır [17]. Gizli anahtarların uzun süre saklanmasına gerek yoktur. Bu da algoritmanın artan güvenlik açığını maruz bırakmaktadır.

Eliptik Eğri Dijital İmza Algoritması (ECDSA, *Elliptic Curve Digital Signature Algorithm*) ise ilk olarak 1992 yılında Scott Vanstone tarafından önerilmiştir [17]. Dijital imza algoritmasının bir çeşidi olan ECDSA aynı zamanda ayrık logaritma problemine dayanan bir algoritmadır. Aralarındaki farkın ECDSA'nın eliptik eğride DSA'nın bir analogu olmasıdır.

3.3. Hashing Şifreleme

Kriptografide hashing fonksiyonları, anahtar kullanmadan şifreleme işlemlerini gerçekleştiren ve kriptolojide kullanılan bir matematik fonksiyonudur. Hashing bir veri setini veya mesajı sabit uzunlukta benzersiz bir değere dönüştürür. Hashing ile şifrelenen verilerin şifresi çözülemez veya orijinal biçimine geri döndürülemez. Bu nedenle hashing yalnızca verileri doğrulama yöntemi olarak kullanılmaktadır. MD5 (Message-Digest 5), SHA-1 (Secure Hashing Algorithm-1) (Hassan vd., 2016) ve SHA-2 (Secure Hashing Digest-2) hashing algoritmalarına örnek olarak verilebilir.

4. KUANTUM HESAPLAMA VE KRİPTOGRAFİYE ETKİSİ

Günümüzde kullanılan şifreleme algoritmaları klasik bilgisayarlara karşı oldukça dayanıklıdır. Fakat kuantum bilgisayarlarda hesaplama hem hesaplama hızı açısından hem de kullanılan yöntemler açısından klasik bilgisayarların tamamen farklı bir teknolojidir. Bu teknoloji ile hesaplama hızı açısından kuantum hesaplama diğer teknolojilerin çok önündedir. Kuantum hesaplamanın herhangi bir işlemin hesaplama süresini yıllardan saatlere hatta dakikalara indirme potansiyeli vardır. Ancak bu hesaplama hızı birçok alanlarda ciddi bir güvenlik ihlalinin olacağını doğurmaktadır. Mevcut kriptografik algoritmalarının çoğu teorikte kuantum hesaplama karşı savunmasızdır [13]. Yeterli sayıda kübite sahip olan bir kuantum bilgisayarın tüm açık anahtarlı şifreleme sistemlerini kırabileceği tahmin edilmektedir [14]. MIT Technology Review'un öne çıkan fikirlerine göre, 20 milyon kübitlik kuantum bilgisayarlar 2048 bitlik sayıyı yalnızca 8 saatte kırabilir. Fakat şu anda 20 milyon kübitlik kuantum bilgisayarlar mevcut olmasa da tehdidin önünde durabilmek için hazırlıklı olunması gerekmektedir.

Klasik bilgisayarlarda bilgiler 0 veya 1 olarak kodlanmaktadır. Kuantum hesaplamada ise bilgiler kübitlerde tutulur ve kübitler $|0\rangle$ ve $|1\rangle$ olarak yazılır. Kübitler aynı anda hem 0 hem de 1 durumunda olabilir. Bu nedenle klasik bilgisayarın yapacağı bir şifre çözme işleminin kuantum hesaplamalarda kübitler kullanılarak yapılması oldukça hızlı olacaktır. Mevcut

yaklaşımlarda klasik bilgisayarlar kullanılarak yapılan şifreleme işlemlerinde bulunan çok büyük sayıların kısa sürede faktörlerine ayrılmasının zor olduğu varsayımı mevcuttur. Fakat kuantum hesaplamanın ileri sürülmesinden sonra Shor algoritması ile Grover algoritması klasik bilgisayarların az bir zamanda yapamayacağı şifre çözme işlemlerini yapma potansiyeline sahip olacak işlem kapasitesine sahiptir.

4.1. Shor Algoritması

1994 yılında, matematikçi Peter Shor “Kuantum Hesaplama için Algoritmalar: Ayırık Logaritmalar ve Faktoring” adlı makalesinde, büyük tamsayı çarpanlara ayırmanın kuantum bilgisayarla temelde değişeceğini kanıtlamıştır (Shor, 1994). Shor algoritması temelde büyük sayılar ile işlemler yapmak için geliştirilmiş bir algoritmadır. Klasik bilgisayarlar ile RSA şifrelemesinin çözülme süreci yıllarca sürebilirken, kuantum bilgisayarlarda Shor algoritmasının kullanımı ile RSA şifrelemesinin çözülmesi yıllardan dakikalara inecektir. Bu nedenle RSA şifrelemelerinin kırılması ile birçok güvenlik açığının da olacağı tahmin edilmektedir.

4.2. Grover Algoritması

Lov Grover ise sıralanmamış veri tabanlarını aramak için kuantum bilgisayarları kullanan bir algoritma geliştirmiştir (Grover, 1996). Grover algoritmasında $\sqrt{N}$ aramalarındaki sıralanmamış bir N girişli veri tabanında, belirli bir giriş bulunabilmektedir. Buna karşılık, klasik bir bilgisayarın aynı girişi bulmak için $N/2$ araması gerekmektedir. Klasik bilgisayarlara göre daha hızlı olsa da shor algoritmasından daha yavaş bir algoritmadır. Ulusal Standartlar ve Teknoloji Enstitüsü'nün (NIST) ise Çizelge 1'de gösterilen kuantum sonrası kriptografiye ilişkin 2016 raporu, kuantum hesaplamanın yaygın kriptografik algoritmalar üzerindeki etkisini vurgulamaktadır.

Çizelge 1. Kuantum hesaplamanın ortak şifreleme algoritmaları üzerindeki etkisi [15]

Kriptografi Algoritması	Tipi	Amaç	Büyük Ölçekli Kuantum Bilgisayarının Etkisi
AES	Simetrik Anahtar	Şifreleme	Daha büyük anahtar boyutlarına ihtiyaç var
SHA-2, SHA-3	-	Hash İşlevleri	Daha büyük çıktı gerekli
RSA	Genel Anahtar	İmzalar, Anahtar kurulumu	Artık güvenli değil
ECDSA, ECDH (Elliptical Curve Cryptography)	Genel Anahtar	İmzalar, Anahtar Değişimi	Artık güvenli değil
DSA (Finite Field Cryptography)	Genel Anahtar	İmzalar, Anahtar Değişimi	Artık güvenli değil

Bu rapora göre kuantum bilgisayarların gelişmesiyle birlikte RSA gibi şu anda güvenliği sağlayan çoğu şifreleme algoritması artık güvenli olmayacaktır.

4. KUANTUM SONRASI KRİPTOGRAFİK YAKLAŞIMLAR

Kuantum sonrası şifreleme sistemi, kuantum bilgisayar saldırılarına karşı güvenli olan şifreleme ilkeleri ve protokolleri kümesi olarak tanımlanmaktadır. Mevcut kriptografi temelleri ve protokolleri tamsayı çarpanlarına ayırma, ayırık logaritma ve eliptik eğri ayırık algoritma gibi

matematiksel problemlere dayanmaktadır. Kuantum bilgisayarların sunduğu olanaklarla tüm bu matematiksel problemlerinin kısa sürede çözülebileceği teorik olarak kanıtlanmıştır. Bu nedenle kuantum sonrası şifreleme çalışmaları üzerine son yıllarda oldukça fazla bir araştırma olmuştur [18]. Yapılan bu çalışmada kuantum sonrası kriptografideki protokollerden kafes tabanlı şifreleme, kod tabanlı şifreleme ve çok değişkenli şifreleme incelenmiştir.

4.1. Kod Tabanlı Şifreleme

Kod tabanlı şifreleme, belirli bir yapıyla veya belirli bir kodla seçilen doğrusal bir hata düzeltmenin kod çözme durumuna bağlıdır. Kısaca, kod tabanlı bir şifreleme sistemi, önceden tanımlanmış bir yapıya sahip olan doğrusal kodun gizlice kodunun çözülmesine dayanmaktadır. McEliece, 1978 yılında Robert McEliece tarafından geliştirilen ilk kod tabanlı şifreleme algoritmasıdır. McEliece şeması, kod çözme işleminde Nicholas Patterson algoritması ile ikili Goppa kodlarına dayanmaktadır. McEliece kriptosistemi şifreleme ve şifre çözme işlemlerinde hızlıdır. McEliece şifreleme sisteminin en büyük dezavantajı, bu şemayı kaynak kısıtlı cihazlar için uygulanamaz hale getiren büyük anahtar boyutlarının kullanılmasıdır.

4.2. Kafes Tabanlı Şifreleme

Kafes tabanlı kriptografi, temeli en kısa vektör problemi (SVP) olan kafes problemlerinin hesaplama sertliğine dayanmaktadır. Burada bize keyfi bir temelle temsil edilen bir kafes veriliyor ve amacımız içindeki sıfırdan farklı en kısa vektörü çıkarmaktır. Basitçe söylemek gerekirse, saldırganın amacı, bir kafesin temeli verildiğinde orijinden en kısa vektörü bulmaktır. Sıfır vektörü cevap olarak işe yaramaz. Bu algoritmanın alan gereksinimi üsteldir ve en iyi bilinen algoritmanın çalışma süresi SVP'ye kesin bir çözüm veya hatta poli(n) faktörlerine sadece bir yaklaşım içindir. Bu doğrultuda sonuçlanırsa kafes tabanlı kriptografi, kuantum sonrası kriptografi için umut verici bir çözüm sağlayacaktır.

4.3. Çok Değişkenli İkinci Dereceden Denklem

Çok değişkenli şifreleme sisteminde NP-zor ve NP-tam çok değişkenli denklemler dikkate alınmaktadır. Çok değişkenli bir şifreleme sisteminin verimliliği, bir alan üzerinde ikinci dereceden denklem sistemlerinin çözümündeki zorluk düzeyine bağlıdır. "Tek yönlü işlevler" kavramı, bileşimdeki bireysel alt işlevler hakkında çok fazla bilgi olmadan, ters çevrilmesi zor bir işlevle sonuçlanabilecek, kolaylıkla tersine çevrilebilen çoklu haritalardan oluşmaktadır. Çok değişkenli kriptosistem, diğer kuantum sonrası kriptosistemlere kıyasla çok daha olgun sistemlere sahiptir çünkü çok daha erken başlamıştır. Çok değişkenli şifreleme sisteminin en büyük avantajı hızlı işleme, daha az hesaplama ve iletişimsel kaynak gereksinimi ve daha az polinom zamanında küçük imza üretimidir. Çok değişkenli şifreleme sistemleri büyük ölçüde dijital imza, şifreleme/şifre çözme ve diğer genel anahtar şifreleme sistemi tabanlı yaklaşımlar halinde sınıflandırılmaktadır. Çizelge 2'de de tanımlanan bu sistemlerin avantajları ve dezavantajları sunulmuştur.

Çizelge 2. Kuantum sonrası olarak tanımlanan sistemlere genel bakış [19]

Yaklaşım	Avantajları	Dezavantajları
Kod tabanlı şifreleme (Goppa kodlarını kullanarak)	Güvenlik konusunda yüksek güven, kısa şifreli metinlerde çok hızlı şifreleme	Büyük ortak anahtarlar
Kafes tabanlı şifreleme (NTRU veya ilgisini kullanarak)	Kısa şifreli metinler ve anahtarlar; çok hızlı şifreleme	Daha fazla güvenlik analizi gerektirir
Kafes tabanlı imzalar	Kısa anahtarlar ve imzalar; hızlı	Daha fazla güvenlik analizi gerektirir
Çok değişkenli ikinci dereceden denklem	Çok kısa imzalar	Daha fazla güvenlik analizi gerektirir
Karma tabanlı imzalar (durum bilgisi olan sürüm)	Fazla güvenli	Devlet yönetimi
Karma tabanlı imzalar (durum bilgisi olmayan sürüm)	Fazla güvenli	Büyük imzalar

Sonuç olarak kafes tabanlı kriptografi algoritmaları en umut verici ve kuantum açısından daha güvenli gibi görünmektedir.

5. SONUÇ

Mevcut kriptografik algoritmaları kırmak için milyonlarca 'Kubit' içeren bir kuantum bilgisayar gerekiyor. Bir milyon kubit ölçeğindeki kuantum bilgisayarların ne zaman yaygınlaşacağı kesin değildir. Ancak kuantum bilgisayar teknolojisinin gelişimindeki üstel büyüme, yakın zamanda hızlı bir gelişimin olacağının göstergesidir. Bugün iletişim kurduğumuz bilgiler çoğunlukla kuantum bilgisayarlara karşı savunmasız olan bir genel anahtar şifreleme algoritması kullanılarak şifrelenmektedir. Teorik olarak gelecekte kuantum hesaplama kaynakları mevcut olduğunda şifrelenmiş verilerin çözülebileceği öngörülmektedir. Siber güvenliği ve birçok alanı etkileyebilecek olan bu değişime karşı koymak için en erken kuantum sonrası şifreleme algoritmalarına geçmemiz gerekmektedir. Kuantum sonrası şifreleme algoritmalarına geçiş, küresel olarak kapsamlı planlama ve uygulama gerektirmektedir. Yapılacak olan uygulamalar için donanım ve yazılım bileşenlerinin tasarımı ve geliştirilmesinde yer alan birçok paydaş arasında kapsamlı bir koordinasyon gerekmektedir. Oluşacak olan tehlikeye karşı erken hazırlık, minimum güvenlik açığı ve daha az maliyetli etkili bir çalışma sağlayacaktır.

KAYNAKÇA

Mavroeidis, V., Vishi, K., Zych, M. D., & Jøsang, A. (2018). The impact of quantum computing on present cryptography. *arXiv preprint arXiv:1804.00200*.

Özbek, K., Başer, E., & Şatır, Ö. Ü. E. Kuantum Hesaplama.

Coron, J. S. (2006). What is cryptography?. *IEEE security & privacy*, 4(1), 70-73.

- Mushtaq, M. F., Jamel, S., Disina, A. H., Pindar, Z. A., Shakir, N. S. A., & Deris, M. M. (2017). A survey on the cryptographic encryption algorithms. *International Journal of Advanced Computer Science and Applications*, 8(11).
- Bernstein, D. J., & Lange, T. (2017). Post-quantum cryptography. *Nature*, 549(7671), 188-194.
- Nie, T., & Zhang, T. (2009). A study of DES and Blowfish encryption algorithm. In *Tencon 2009-2009 IEEE Region 10 Conference* (pp. 1-4). IEEE.
- Mandal, A. K., Parakash, C., & Tiwari, A. (2012, March). Performance evaluation of cryptographic algorithms: DES and AES. In *2012 IEEE Students' Conference on Electrical, Electronics and Computer Science* (pp. 1-5). IEEE.
- Patil, P., Narayankar, P., Narayan, D. G., & Meena, S. M. (2016). A comprehensive evaluation of cryptographic algorithms: DES, 3DES, AES, RSA and Blowfish. *Procedia Computer Science*, 78, 617-624.
- Salah, S. K., Humood, W. R., Khalaf, A. O., & Abdalrdha, Z. K. (2019). Subject Review: Comparison Between 3DES, AES and HiSea Algorithms. *Int. J. Sci. Res. Sci. Eng. Technol.*
- Burnett, S., & Paine, S. (2001). *RSA Security's official guide to cryptography*. McGraw-Hill, Inc.
- Escala, A., Herold, G., Kiltz, E., Ràfols, C., & Villar, J. (2017). An algebraic framework for Diffie–Hellman assumptions. *Journal of cryptology*, 30, 242-288.
- Bafandehkar, M., Yasin, S. M., Mahmood, R., & Hanapi, Z. M. (2013, December). Comparison of ECC and RSA algorithm in resource constrained devices. In *2013 international conference on IT convergence and security (ICITCS)* (pp. 1-3). IEEE.
- Kumar, M. (2022). Post-quantum cryptography Algorithm's standardization and performance analysis. *Array*, 15, 100242.
- Barker, W., Polk, W., & Souppaya, M. (2021). Getting ready for post-quantum cryptography: Exploring challenges associated with adopting and using post-quantum cryptographic algorithms (No. NIST CSWP 15, pp. 10-10). National Institute of Standards and Technology.
- Chen, L., Chen, L., Jordan, S., Liu, Y. K., Moody, D., Peralta, R., ... & Smith-Tone, D. (2016). *Report on post-quantum cryptography* (Vol. 12). Gaithersburg, MD, USA: US Department of Commerce, National Institute of Standards and Technology.

- Li, N. (2010). Research on Diffie-Hellman key exchange protocol. In *2010 2nd International Conference on Computer Engineering and Technology* (Vol. 4, pp. V4-634). IEEE.
- Shang, Y. (2022, January). Efficient and secure algorithm: The application and improvement of ECDSA. In *2022 International Conference on Big Data, Information and Computer Network (BDICN)* (pp. 182-188). IEEE.
- Gill, S. S., Kumar, A., Singh, H., Singh, M., Kaur, K., Usman, M., & Buyya, R. (2022). Quantum computing: A taxonomy, systematic review and future directions. *Software: Practice and Experience*, 52(1), 66-114.
- Bernstein, D. J., & Lange, T. (2017). Post-quantum cryptography. *Nature*, 549(7671), 188-194.
- Aïmeur, E., Brassard, G., & Gambs, S. (2006). Machine learning in a quantum world. In *Advances in Artificial Intelligence: 19th Conference of the Canadian Society for Computational Studies of Intelligence, Canadian AI 2006, Québec City, Québec, Canada, June 7-9, 2006. Proceedings 19* (pp. 431-442). Springer Berlin Heidelberg.
- Wiebe, N., Kapoor, A., & Svore, K. (2014). Quantum algorithms for nearest-neighbor methods for supervised and unsupervised learning. *arXiv preprint arXiv:1401.2142*.
- Wang, L., Kowk, S. K., & Ip, W. H. (2012). Design of an improved quantum-inspired evolutionary algorithm for a transportation problem in logistics systems. *Journal of Intelligent Manufacturing*, 23, 2227-2236.
- Ng, S. X., Conti, A., Long, G. L., Muller, P., Sayeed, A., Yuan, J., & Hanzo, L. (2020). Guest editorial advances in quantum communications, computing, cryptography, and sensing. *IEEE Journal on Selected Areas in Communications*, 38(3), 405-412.

GÖKKUŞAĞI KÜTLE ÇEKİM KURAMI ÇERÇEVESİNDE VAIDYA-EINSTEIN-SCHWARZSCHILD KARADELİK MODELİ İÇİN MOLLER ENERJİ MOMENTUM GÖSTERİMİ

Prof. Dr., MURAT KORUNUR

Munzur Üniversitesi, mkorunur@munzur.edu.tr - 0000-0002-8311-9079

Dr. Öğr. Üyesi, SİBEL KORUNUR

Munzur Üniversitesi, skorunur@munzur.edu.tr - 0000-0003-0687-2400

ÖZET

Geçtiğimiz yüzyılda fizikte en çok merak edilen ve cevabı aranan en önemli problemlerden biri enerji momentum yerelleşme problemidir. Özellikle 21. yüzyılın başında genel görelilik kuramına alternatif kuram olarak sunulan teleparalel kuram ile fizikçilerin yerelleşme probleminin çözümüne olan inancı artmıştır. Yapılan çalışmalarda farklı birçok enerji momentum gösterimi için enerji momentum yoğunluğu kartezyen, silindirik ve küresel koordinatlarda hesaplanmıştır. Kütleçekim kuramının en önemli eksiklerinden biri kuantum katkılarını içeren bir yapıda olmamasıdır. Bu bağlamda kuantum katkılarını içeren “Gökkuşağı Kütleçekim Kuramı” bu eksikliğe ve enerji momentum probleminin çözümüne yeni bir bakış açısı kazandırmıştır. Bu modele göre ele alınan bir test parçacığının uzay zaman dokusunda oluşturduğu deformasyon araştırılmaktadır. Enerji momentum yerelleşme bulmacası çözümünde kullanılan gösterimlerden Moller enerji momentum gösteriminin dışında yazılan tüm gösterimlerin kartezyen koordinat bağımlılığı bulunmaktadır. Bu çalışmada, küresel koordinatlarda Moller’in enerji ve momentum gösterimi kullanılarak, Gökkuşağı kütle çekimi çerçevesinde Vaidya-Einstein-Schwarzschild uzay zamanı olarak adlandırılabilen bir model için enerji momentum yoğunluğu hesaplanmaktadır. Ayrıca elde edilen sonuçlar için literatürde iyi bilinen gökkuşağı fonksiyonları kullanılarak analiz yapılmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Enerji momentum, gökkuşağı kütleçekim kuramı, kara delikler.

1. GİRİŞ

Enerji momentum yerelleşme problemi teorik fizikçilerin ele aldığı ancak çözüme ulaşma noktasında ızdırıplı bir süreçle karşılaştıkları bir bulmacadır. İlk olarak Einstein [1] tarafından ortaya atılan enerji-momentum gösterimleri bu sorunun çözümüne yönelik mücadelelerin başında geliyordu. Bundan sonra kütleçekimsel enerji-momentum ve açısal momentum için çok sayıda formülasyon önerildi. Bunlardan bazıları koordinat bağımlı, bazıları ise koordinattan bağımsızdır. Genel görelilik bir sistemde enerji ve momentumu hesaplamak için kullanılan Einstein'ın enerji-momentum gösteriminden bu yana, belirli bir uzay-zaman için enerji dağılımını değerlendirmek amacıyla birçok girişimde bulunuldu. Enerji korunumu yasası fizikte en önemli ve kullanışlı yasalardan birisidir. Genel görelilikte bu korunum yasası

$$\partial_\alpha [\sqrt{-g}(T^{\nu\delta} + t^{\nu\delta})] = 0 \quad (1)$$

ile verilir. Burada $T^{\nu\delta}$ madde kaynaklı enerjiyi, $t^{\nu\delta}$ de kütleçekimsel kaynaklı enerjiyi vermektedir. Denklem (1) de yer alan kütleçekimsel enerji ifadesi için $(t^{\nu\delta})$ ifadesi tek değildir. Dolayısıyla bağıntıyı saylayan birçok farklı seçenekte kütleçekimsel enerji yazmak mümkündür. Bu nedenle literatürde Einstein, Bergmann-Thomson, Landau-Lifshitz, Moller, Weinberg, Tolman, Qadir-Sharif [2] gibi birçok gösterim bulunmaktadır. Bu gösterimlerden Moller dışında kalan gösterimlerde kartezyen koordinat bağımlılığı vardır.

Moller, enerji-momentum kompleksi için herhangi bir koordinat sisteminde kullanılabilecek yeni bir ifade önerdi. Daha sonra Lessner [3], Moller gösteriminin genel görelilikte enerji-momentum için güçlü bir kavram olduğunu savundu. Kerr-Shild sınıfının statik olmayan küresel simetrik genel metriği için Einstein, Landau-Lifshitz, Papapetrou ve Weinberg'in enerji-momentum komplekslerini kullanan Virbhadra [4], tüm bu enerji-momentum formülasyonlarının aynı enerjiyi verdiğini gösterdi. Literatürde evrenin enerji-momentum dağılımının enerji-momentum kompleksleri kullanılarak hesaplanmasına ilişkin çeşitli makaleler bulunmaktadır [5-10].

Genel görelilik kuramının açıkladığı birçok fiziksel olaya rağmen eksik kaldığı bazı noktalar vardır. Evrenimizin ivmeli genişlemesi, kütleçekimsel dalgaların varlığı ve henüz tam olarak çalışan bir kuantize kütleçekim kuramı oluşturamamıştır. Elektromanyetik, kütleçekim, güçlü ve zayıf kuvvetlerin birlikte tanımlandığı “Her şeyin kuramı” için genel görelilik kuramının kuantize edilmesi gerekmektedir. Bu anlamda literatürde yer alan önemli kuramlardan bir tanesi de Gökkuşağı Kütleçekim Kuramıdır (GKK). Bu teorinin temel öğelerinden biri, test parçacığının enerjisiyle ilişkilendirilen gökkuşağı fonksiyonlarıdır. Farklı fiziksel süreçlere

uygun gökkuşağı fonksiyonlarının seçilmesi kritik öneme sahiptir. Gravitenin gökkuşağı formalizmi, uzay-zamanın eğriliğini tanımlayan metrik içeren gökkuşağı fonksiyonlarını önerir. Bu, test parçacığının enerjisiyle uzay-zaman geometrisinin değişeceği anlamına gelir. Dolayısıyla, aynı tür parçacıkların aynı uzay-zamanda hareket etmelerine rağmen farklı enerjilere sahip olmaları durumunda, farklı yollar izleyeceklerdir. Lorentz invaryanslığının Planck skalasında ihlal edilmesinden yola çıkılarak

$$E^2 = P^2 c^2 + (mc^2)^2 \quad (2)$$

ifadesinde gökkuşağı fonksiyonları kullanılarak dağınım bağıntısı GKK çerçevesinde

$$f_1^2(\varepsilon)E^2 = f_2^2(\varepsilon)P^2 c^2 + (mc^2)^2 \quad (3)$$

biçimini alır [11]. Burada yer alan m, E, p, c simgeleri sırasıyla kütle, test parçacığının enerjisi, momentumunu ve ışık hızını göstermektedir. Ayrıca $f_1(\varepsilon), f_2(\varepsilon)$ gökkuşağı fonksiyonlarını, E_p Planck enerjisi olmak üzere $\varepsilon = E/E_p$ ile temsil edilmektedir. $\varepsilon \rightarrow 0$ durumunda normal dağınım bağıntısı elde edilir.

GKK yaklaşımına göre bir çizgi-elemanı ile betimlenen uzay-zaman modelinde $dt \rightarrow dt/f_1(\varepsilon)$ ile $dx^i \rightarrow dx^i/f_2(\varepsilon)$ değişikliği yapıldığında gökkuşağı tipi bir metrik elde edilebilmektedir [12].

Bu çalışmada; küresel koordinatlarda Moller'in enerji ve momentum gösterimi kullanılarak, GKK çerçevesinde Vaidya-Einstein-Schwarzschild uzay zaman model için enerji momentum yoğunluğu hesaplanmaktadır. Çalışma içerisinde kolaylık olması açısından ışık hızı $c = 1$ olarak alınacaktır. Yunan indisler eğri uzay zamanı, Latin indisler ise düz uzay zamanı betimlemektedir.

2. MOLLER ENERJİ MOMENTUM GÖSTERİMİ

Genel görelilik kuramında Moller enerji-momentum gösterimi

$$M_{\mu}^{\nu} = \frac{1}{8\pi} \chi_{\mu}^{\nu\alpha}{}_{,\alpha} \quad (4)$$

ile verilmektedir [13] ve yerel korunum yasasını sağlamaktadır:

$$\frac{\partial M_{\mu}^{\nu}}{\partial x^{\nu}} = 0. \quad (5)$$

Denklem (4) de yer alan virgöl türev almayı ifade etmektedir ve $\chi_{\mu}^{\nu\alpha}$ anti simetrik süper potansiyel olarak tanımlanır:

$$\chi_{\mu}^{\nu\alpha} = \sqrt{-g} [g_{\mu\beta,\gamma} - g_{\mu\gamma,\beta}] g^{\nu\gamma} g^{\alpha\beta}. \quad (6)$$

burada g ifadesi metrik tensörün determinantıdır.

Yerel olarak korunan enerji-momentum kompleksi $M_\mu{}^\nu$ maddeden, yerçekimi olmayan ve yerçekimi alanlarından gelen katkıları içerir. $M_0{}^0$ enerji yoğunluğu, $M_i{}^0$ ise momentum yoğunluğu bileşenleridir. Enerji-momentum bileşenleri şu şekilde verilmektedir:

$$P_\mu = \iiint M_\mu{}^0 dx dy dz. \quad (7)$$

Gauss teoremi kullanılarak enerji momentum yeniden süper potansiyeller cinsinden

$$P_\mu = \frac{1}{8\pi} \iint \chi_\mu{}^{\nu\alpha} \mu_\alpha dS \quad (8)$$

olarak verilir. Burada yer alan μ_α sonsuz küçük yüzey elemanı dS üzerindeki birim vektör olarak tanımlanır. P_i momentum bileşenlerini, $P_0 = E_M$ ise enerji bileşenini verir.

3. GKK ÇERÇEVESİNDE VAIDYA-EINSTEIN-SCHWARZSCHILD KARADELİK MODELİ İÇİN MOLLER ENERJİ-MOMENTUMU

Çalışmada Moller gösterimi için enerji ve momentum komplekslerinin, Vaidya-Einstein-Schwarzschild uzay-zamanı olarak adlandırılabilen Einstein evreninin arka planındaki Schwarzschild kara deliğinin daha basit durumuna göre hesabı yapılmaktadır. Kozmolojik uzay-zamanlardaki Vaidya kara delik uzay-zamanlarının bir açıklaması referansta bulunabilir [14]. Kerr metriğinde açısal momentumu sıfıra ayarlayarak, Einstein evreninin arka planındaki Schwarzschild uzay zamanının çizgi elemanını elde ederiz [15]:

$$ds^2 = -\left(1 - \frac{2M}{R \tan\left(\frac{r}{R}\right)}\right) dt^2 + \left(1 - \frac{2M}{R \tan\left(\frac{r}{R}\right)}\right)^{-1} dr^2 + R^2 \sin^2\left(\frac{r}{R}\right) (d\theta^2 + \sin^2\theta d\phi^2). \quad (9)$$

Burada M Schwarzschild kütlesi olarak tanımlanır ve koordinat sınırları ise $0 \leq \frac{r}{R} \leq \pi, 0 \leq \theta \leq \pi, 0 \leq \phi \leq 2\pi$ şeklindedir. Çizgi elemanı için $M = 0$ limitinde Einstein uzay-zaman modeli, $R = \infty$ limitinde Schwarzschild uzay zaman modeline indirgenir.

$dt \rightarrow dt/f_1(\varepsilon)$ ile $dx^i \rightarrow dx^i/f_2(\varepsilon)$ değişikliği yapıldığında gökkuşağı tipi metrik

$$ds^2 = -\frac{1}{f_1^2(\varepsilon)} \left(1 - \frac{2M}{R \tan\left(\frac{r}{R}\right)}\right) dt^2 + \frac{1}{f_2^2(\varepsilon)} \left(1 - \frac{2M}{R \tan\left(\frac{r}{R}\right)}\right)^{-1} dr^2 + \frac{1}{f_2^2(\varepsilon)} R^2 \sin^2\left(\frac{r}{R}\right) (d\theta^2 + \sin^2\theta d\phi^2). \quad (10)$$

Denklem (9) ve $ds^2 = g_{\mu\nu} dx^\mu dx^\nu$ ilişkisi kullanılarak metrik tensör ($g_{\mu\nu}$) ve tersi ($g^{\mu\nu}$) sırasıyla,

$$g_{\mu\nu} = \begin{bmatrix} \frac{-1}{f_1^2} \left(1 - \frac{2M}{R \tan\left(\frac{r}{R}\right)}\right) & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \frac{1}{f_2^2} \left(1 - \frac{2M}{R \tan\left(\frac{r}{R}\right)}\right)^{-1} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \frac{1}{f_2^2} R^2 \sin^2\left(\frac{r}{R}\right) & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \frac{1}{f_2^2} R^2 \sin^2\left(\frac{r}{R}\right) \sin^2(\theta) \end{bmatrix} \quad (11)$$

$$g^{\mu\nu} = \begin{bmatrix} -f_1^2 \left(1 - \frac{2M}{R \tan\left(\frac{r}{R}\right)}\right)^{-1} & 0 & 0 & 0 \\ 0 & f_2^2 \left(1 - \frac{2M}{R \tan\left(\frac{r}{R}\right)}\right) & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \frac{f_2^2}{R^2 \sin^2\left(\frac{r}{R}\right)} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \frac{f_2^2}{R^2 \sin^2\left(\frac{r}{R}\right) \sin^2(\theta)} \end{bmatrix} \quad (12)$$

biçiminde yazılır. Denklem (6) ile tanımlanan simetrik süper potansiyeller denklem (11) ve (12) kullanılarak aşağıdaki gibi hesaplanır:

$$\chi_0^{01} = -\chi_0^{10} = -\frac{2M \sin \theta}{f_1 f_2} \quad (13)$$

$$\chi_2^{12} = -\chi_2^{21} = \frac{2 \cos\left(\frac{r}{R}\right) \left[R - 2M \cot\left(\frac{r}{R}\right)\right] \sin\left(\frac{r}{R}\right) \sin \theta}{f_1 f_2} \quad (14)$$

$$\chi_3^{13} = -\chi_3^{31} = \frac{2 \cos\left(\frac{r}{R}\right) \left[R - 2M \cot\left(\frac{r}{R}\right)\right] \sin\left(\frac{r}{R}\right) \sin \theta}{f_1 f_2} \quad (15)$$

$$\chi_3^{13} = -\chi_3^{31} = \frac{2 \cos \theta}{f_1 f_2} \quad (16)$$

Elde edilen süper potansiyeller denklem (8) de yerine yazılırsa toplam enerji-momentum ifadesi

$$E_M = \frac{M}{f_1 f_2}, \quad P_i = 0 \quad (17) \quad \text{olarak}$$

bulunur.

4. GENEL DEĞERLENDİRME VE SONUÇLAR

Bu çalışmada küresel koordinatlarda Moller'in enerji ve momentum gösterimi kullanılarak, Gökkuşığı kütle çekimi çerçevesinde Vaidya-Einstein-Schwarzschild uzay zamanı için enerji momentum yoğunluğu hesaplanmıştır. Denklem (17) ye bakıldığında enerji ifadesinin Schwarzschild kütlesi ile doğru orantılı gökkuşığı fonksiyonları ile de ters orantılı olduğu sonucuna varılmıştır. $f_1 \rightarrow 1, f_2 \rightarrow 1$ limitinde enerjinin Schwarzschild kütlesine eşit olduğu görülmektedir. Bu durum literatüre göre beklenen bir sonuçtur. Literatürde yer alan iyi bilinen gökkuşığı fonksiyonlarına [16-21] göre enerji ifadesinin açık halleri aşağıdaki çizelgede (Çizelge 1.) verilmiştir.

Çizelge 1. Bazı Gökkuşığı Fonksiyonlarına göre Enerji ifadeleri

Durum	f_1	f_2	E_M
1	$\frac{1}{1 - \frac{E}{E_P}}$	1	$M \left(1 - \frac{E}{E_P} \right)$
2	$\sqrt{1 - \left(\frac{E}{E_P} \right)^2}$	1	$\frac{M}{\sqrt{1 - \left(\frac{E}{E_P} \right)^2}}$
3	$e^{-\frac{E^2}{2E_P^2}}$	1	$Me^{\frac{E^2}{2E_P^2}}$
4	1	$1 + \frac{E}{2E_P}$	$\frac{M}{1 + \frac{E}{2E_P}}$
5	1	$1 + \left(\frac{E}{E_P} \right)^n$	$\frac{M}{1 + \left(\frac{E}{E_P} \right)^n}$
6	$\frac{1}{1 - \frac{E}{E_P}}$	$\frac{1}{1 - \frac{E}{E_P}}$	$M \left(1 - \frac{E}{E_P} \right)^2$

Çizelge 1 de görüldüğü üzere test parçacığının enerjisinin (E) artması Moller enerjisinde (E_M) Durum 1 de azalmaya, Durum 2 de artışa, Durum 3 de artışa, Durum 4-5-6 da azalmaya, neden olmaktadır.

KAYNAKÇA

- [1] Einstein A., Sitzungsber. Preus. Akad. Wiss. Berlin (Math. Phys.), 778, 1915.
- [2] Ahmed, F. The energy–momentum distributions and relativistic quantum effects on scalar and spin-half particles in a Gödel-type space–time. The European Physical Journal C, 78.7, 598, 2018.
- [3] Lessner, G. Moller's energy-momentum complex-Once again. General Relativity and Gravitation, 28, 527, 1996.
- [4] Virbhadra, K. S. Naked singularities and Seifert's conjecture. Physical Review D, 60.10, 104041, 1999.
- [5] Virbhadra, K. S. Energy associated with a Kerr-Newman black hole. Physical Review D, 41.4, 1086, 1990.
- [6] Xulu, S. S. The Energy-Momentum Problem in General Relativity. arXiv:hep-th/0308070, 2003.

- [7] Sharif M., Fatima T. Energy-momentum distribution: a crucial problem in general relativity, *Int. J. Mod. Phys. A* 20, 4309, 2005.
- [8] Salti M., Havare A. Energy-momentum in viscous Kasner-type universe in Bergmann-Thomson formulations, *Int. J. Mod. Phys. A* 20, 2169, 2005.
- [9] Aydogdu O., Salti M. Energy density associated with the Bianchi type-II space-time, *Prog. Theor. Phys.* 115, 63, 2006.
- [10] Aygün, S., Tarhan, I. Energy–momentum localization for Bianchi type-IV Universe in general relativity and teleparallel gravity. *Pramana*, 78, 531, 2012.
- [11] Magueijo, J., Smolin, L. Gravity's rainbow. *Classical and Quantum Gravity*, 21.7, 1725, 2004.
- [12] Magueijo, J., Smolin, L. Generalized Lorentz invariance with an invariant energy scale. *Physical Review D*, 67.4, 044017, 2003.
- [13] Moller, C. On the localization of the energy of a physical system in the general theory of relativity. *Annals of Physics*, 4.4, 347, 1958.
- [14] Vaidya, P.C. The Kerr metric in cosmological background. *Pramana*, 8, 512, 1977.
- [15] Nayak, K. R., Maccallum, M.A., Vishveshwara, C. V. Black holes in nonflat backgrounds: The Schwarzschild black hole in the Einstein universe. *Physical Review D*, 63.2, 024020, 2000.
- [16] Ling, Y., Li, X., ZHANG, H. Thermodynamics of modified black holes from gravity's rainbow. *Modern Physics Letters A*, 22.36, 2749, 2007.
- [17] Leiva, C., Saavedra, J., Villanueva, J. Geodesic structure of the Schwarzschild black hole in rainbow gravity. *Modern Physics Letters A*, 24(18), 1443, 2009.
- [18] Liu, C. Z., Zhu, J. Y. Hawking radiation and black hole entropy in a gravity's rainbow. *General Relativity and Gravitation*, 40, 1899, 2008.
- [19] Hendi, S. H., Faizal, M., Panah, B. E., Panahian, S. Charged dilatonic black holes in gravity's rainbow. *The European Physical Journal C*, 76, 1, 2016.
- [20] Feng, Z. W., Yang, S. Z. Thermodynamic phase transition of a black hole in rainbow gravity. *Physics Letters B*, 772, 737, 2017.
- [21] Amirabi, Z., Halilsoy, M., Mazharimousavi, S. H. Thin-shell wormholes in rainbow gravity. *Modern Physics Letters A*, 33(09), 1850049, 2018.

ANALYTICAL METHODS USED IN THE DETERMINATION OF BCM-7 IN MILK A1

Assoc. Prof. Dr. ÖZCAN ŞAHİN

Selcuk University, Faculty of Agriculture, Department of Animal Science, Konya, Türkiye -

ORCID ID: 0000-0003-2170-2055

Assoc. Prof. Dr. İBRAHİM AYTEKİN

Selcuk University, Faculty of Agriculture, Department of Animal Science, Konya, Türkiye -

ORCID ID: 0000-0001-7769-0685

ABSTRACT

In recent years, structural changes of beta-casein protein, the milk protein in the composition of bovine milk, which is an important protein source in human nutrition, have been mentioned in some literature reports. Beta-casomorphin-7 (BCM-7), an opioid peptide produced during the digestion of A1 milk, is claimed to have some adverse effects on human health. In the face of this suspicious situation, over time, animal breeders have focused on breeding studies to determine the genotypes of cattle producing A1 or A2 milk with the help of some molecular methods and to reduce the A1 allele frequency in the population. Research on the detection of the presence of BCM-7 in A1 milk and its products has also increased momentum until today. In some literature reports regarding these effects of β CM-7, it was reported that some diseases such as Type 1 diabetes, cardiovascular diseases, autism, schizophrenia, sudden infant death syndrome, apnea, and constipation have negative effects on human health. Therefore, there were some analytical methods used in the detection of BCM-7, which harmed human health, and these are high-performance liquid chromatography (HPLC), liquid chromatography-mass spectrometry (LC-MS/MS), and enzyme-linked immunosorbent assay (ELISA) methods.

The aim of this study was to provide information about some analytical methods used in the detection of BCM-7.

Keywords: A1 milk, A2 milk, BCM-7, Molecular markers, Analytical methods

1. INTRODUCTION

While bovine milk is an important source of protein in human nutrition, structural alterations in the milk protein β -casein can have deleterious consequences on human health. β -casein protein constitutes 25-35% of the total milk proteins (Eigel et al., 1984; Roginski et al., 2003). The β -casein gene, located on chromosome 6 in the bovine genome, is 8.5 kb long and has 9 exons and 8 introns consisting of 209 amino acids (Rijnkels, 2002; Farrell et al., 2004; Jaiswal and Sarsavan, 2013; Jaiswal et al., 2014; Ramesha et al., 2016). Although approximately 15 variants have been reported in the literature so far, the most common are A2 and A1 β -casein variants (Kamiński et al., 2007; Caroli et al., 2009; Daniloski et al., 2022). The difference between the A2 and A1 variants is that only one amino acid changes in the 67th position of the amino acid peptide chain in the 7th exon region of the β -casein gene. While the A2 variant contains the amino acid Proline, the A1 variant contains the amino acid Histidine. In other words, the codon coding the A2 variant is CCT, while the codon coding the A1 variant is CAT (Groves, 1969; Roginski et al., 2003; Ho et al., 2014; Jaiswal et al., 2014; Daniloski et al., 2022; Şahin and Boztepe 2022). The presence of the histidine amino acid formed due to a single base substitution causes the occurrence of β -casomorphine-7 (BCM-7), an opioid, and milk with this genotype was defined as A1 milk. BCM-7 is a polypeptide that starts with the tyrosine amino acid at position 60 of the β -casein gene and has a length of 7 amino acids (H-Tyr⁶⁰-Pro⁶¹-Phe⁶²-Pro⁶³-Gly⁶⁴-Pro⁶⁵-Ile⁶⁶-His⁶⁷-OH) (Jaiswal et al., 2014; Şahin and Boztepe 2022). Some literature reports on the role of BCM-7 have reported that some diseases such as Type 1 diabetes, cardiovascular diseases, autism, schizophrenia, sudden infant death syndrome, apnea, and constipation have negative effects on human health (Elliott et al., 1999; Laugesen and Elliott, 2003; Tailford et al., 2003; Swinburn, 2004; Woodford, 2007; Mishra et al., 2009; Wasilewska et al., 2011; Sodhi et al., 2012; Jaiswal et al. 2014; Boro et al., 2016; Şahin et al., 2018; Priyadarshini, et al., 2018).

Some analytical methods are used to detect BCM-7, which negatively affects human health, and these are methods High-Performance Liquid Chromatography (HPLC), Liquid Chromatography-Mass Spectrometry (LC-MS/MS), and Enzyme-Linked ImmunoSorbent Assay (ELISA). This study aims to provide information about some analytical methods used in the detection of BCM-7.

2. SOME ANALYTICAL METHODS USED IN THE DETERMINATION OF BCM-7

Some analytical methods used so far in the determination of Beta-casomorphin-7, to the best of our knowledge in literature, are given in Table 1.

Table 1. Some analytical methods used in the determination of beta-casomorphin-7

Analytical Methods	References
HPLC	Kahala et al. (1993)
RP-HPLC	Jinsmaa and Yoshikawa (1999)
RP-HPLC	Schieber and Brückner (2000)
RP-HPLC	Cieślińska et al. (2007)
HPLC-MS/MS	De Noni (2008)

ELISA	Sienkiewicz-Szlapka et al. (2009)
HPLC-MS/MS	De Noni and Cattaneo (2010)
ELISA	Cieślińska et al. (2012)
LC-MS/MS	Nguyen et al. (2014)
RP-HPLC -MS/MS / ELISA	Ul Haq et al. (2015)
HPLC-MS/MS	Duarte-Vazquez et al. (2017)
UHPLC-MS/MS	Nguyen et al. (2021)
RP-HPLC	Lambers et al. (2021)
LC-MS	Edwards et al. (2021)

The working mechanisms of some analytical methods used to detect BCM-7, as well as their advantages and disadvantages when compared to each other, are discussed below.

2.1. High-Performance Liquid Chromatography (HPLC)

Chromatography analysis is the separation and determination of the amount of the sample based on the principle that the sample to be detected moves at different speeds on a stationary phase with the help of a mobile phase. Chromatography has three main structures such as (1) Mobile phase (solvent combinations with different physical and chemical properties transport the material under investigation through the stationary phase), (2) Stationary phase (column) (the phase in which the sample components in the mobile phase interact and are maintained to some degree), and (3) Retention (the components of the sample to be studied that enter the mobile phase interact with the stationary phase, are kept at a specific rate, slow down, and eventually exit the stationary phase). In addition, chromatographic methods are classified according to their separation mechanisms, application method, and phase types (Eser and Dinçel 2018). A small amount of liquid sample is injected into a moving liquid flow that passes through a column filled with stationary phase particles in the HPLC method, which is categorized based on how it is applied. The mixture is separated into its constituent parts based on the various retention times of each component in the column. The HPLC method is just one type of liquid chromatography, the mobile phase is a liquid. HPLC main components vary depending on the brand, model, and sample of the device and consist of parts such as mobile phase (solvent) bottles, degasser, pump, injector, column oven, column, detector, and data recorder (Eser and Dinçel 2018; Ali 2022).

Reversed-phase High-performance liquid chromatography (RP-HPLC), the most common use of HPLC, is another method that involves the separation of molecules based on hydrophobicity and is a very powerful technique for the analysis of peptides and proteins. It is a powerful technique due to its excellent resolution of closely related molecules, experimental ease, high productivity, and excellent reproducibility of repeated separations over long periods resulting from its stability under a wide range of mobile phase conditions. However, the difficulties of the RP-HPLC method can be mentioned as causing irreversible denaturation of protein samples, selection of initial separation conditions to analyze and/or purify the peptide or protein sample by RP-HPLC, and optimization of appropriate experimental parameters (Aguilar, 2004). According to Ali (2022), the meaning of reverse phase is that the mobile phase

is relatively polar and the stationary phase is relatively non-polar. Therefore non-polar compounds will be retained more (i.e. have longer retention times) than a polar compound. In short, it means that the mobile phase is relatively polar and the stationary phase is relatively non-polar. Normal-Phase High-performance liquid chromatography (NP-HPLC) mobile phase is relatively non-polar and the stationary phase is relatively polar. These components are separated from each other by retention by the column, which involves various chemical and/or physical interactions between their molecules and packaging particles. These separated components are detected at the outlet of a column by a flow device (detector) that measures their amount.

In literature, Kahala et al. (1993) reported that BCM7 was not found in yoghurt in a study on the detection of peptides in 7 different products such as Gefilus[®], yoghurt, viili, soured skimmed milk, acidophilusmilk, and biokefir. By using RP-HPLC, Schieber and Brückner (2000) reported that among the 30 peptides identified, several precursors of bioactive peptides were detected, but BCM-7 was not found in commercial yoghurt. Cieślńska et al. (2007) reported that the content of BCM-7 in hydrolyzed milk from A1A1 cows was 4 times higher than in milk produced with A2A2 by using HPLC analysis. Also, they stated that traces of beta-casomorphin 7 were also found in fresh (non-hydrolyzed) A2 milk. Additionally, the results of researchers confirm the hypothesis that beta-casein A1 milk during hydrolysis produces significant amounts of BCM 7 and therefore A1 milk can be considered an undesirable factor affecting human health. By using HPLC and MS/MS methods, De Noni and Cattaneo (2010) aimed at determining the level of BCM7 in a range of dairy products in some dairy products such as cheese, milk (raw, pasteurised, UHT and in bottle-sterilised); yoghurts and fermented milks containing probiotics; skim milk powder, baby food, and dried milk derivative (skimmed milk powder, calcium caseinate and milk protein concentrates). Researchers have reported that differences in the ratio of different CSN2 variants in milk may affect the level of BCM7 in milk received for production.

2.2. Liquid chromatography-mass spectrometry (LC-MS/MS)

It is a method based on liquid chromatography and is a versatile analytical technique used to determine the composition, structure and properties of molecules. While the LC-MS/MS device can be defined as a subtype of the HPLC device, it is also referred to as a different method or device thanks to the high features of the mass detector (Eser and Dinçel 2018).

According to Eser and Dinçel (2018), mass spectrometry is a technique that can measure molecules with “high sensitivity and specificity” for quantitative analysis of all kinds of known compounds, such as identifying unknown compounds and determining the structural properties of organic and inorganic molecules, as well as measuring molecules by mass/charge ratio (m/z) and for this purpose, the molecules are first converted into ions (electrically + or – charged) and then transferred to the gas phase and sent to the device. In LC-MS, there is a retention time and an m/z value for each molecule. Although there are many molecules with the same m/z ratio, the number of molecules with the same fragmentation ions is 1/10000 in nature. Therefore, LC-MS/MS allows the quantification of the substance even at very low concentrations. The working principle of mass spectrometry is (1) Ion Source (Ionization): Ion production is carried out under atmospheric pressure or vacuum, depending on the type of ionization source. To achieve

separation in electromagnetic fields, neutral molecules must be converted into ions and, when necessary, transition into the gas phase. For effective separation, the analyzer and detector must be in a vacuum environment to prevent ions from colliding with air molecules. There are various ionization techniques, such as electron impact ionization, electrospray ionization, or matrix-assisted laser desorption ionization (MALDI), depending on the structure of the sample. Ions can carry a positive or negative charge depending on the ionization method used. Considering the high molecular weights and polar structures of peptides and proteins, the ionizing source must transition the protein or peptides into both the ion and gas phases. Among the various ionizing techniques, electrospray ionization (ESI) and matrix-assisted laser desorption ionization (MALDI) are suitable for working with proteins. Ions can develop under vacuum or atmospheric pressure in MALDI, but they can only form under atmospheric pressure in ESI (Eser and Dinçel 2018; Anonymous 2023a; 2023b). Another principle of mass spectrometry is the (2) Mass Analyzer (Ion Separation/Isolation). The ionized particles are then subjected to a series of electric or magnetic fields within the mass analyzer. The purpose of the mass analyzer is to separate ions based on their mass-to-charge ratio (m/z). It is the part of the device that allows the separation of ions obtained from the ionization source. Electric or magnetic fields can be used in this part. All analyzers are suitable for working with peptides and proteins when combined with a suitable ionizing source. Although the ions have the same energy, they have different masses so the time they reach the detector is different. While the smallest ions reach the detector first due to their high speed, larger ions reach the detector later due to their larger masses. Different types of mass analyzers, such as time-of-flight (TOF), quadrupole, magnetic sector, or ion trap analyzers, can be used to perform this separation. In addition, quadrupoles and TOF are determined qualitatively and quantitatively using very sensitive and powerful instruments (Kabala ve Çelik 2022). Ions are deflected or accelerated by the fields such that ions with the same m/z ratio follow a particular path or trajectory. Due to their ease of use and low cost, the most commonly used analyzers are quadrupoles, TOF devices, and ion traps. TOF analysis relies on a series of ions accelerating toward a detector where the ions are all given the same amount of energy. MALDI analysis, which is most commonly used in proteomic studies, is based on the use of a matrix that can absorb ultraviolet rays. MALDI-TOF mass spectrometry can be used for the detection and identification of biomolecules such as proteins, peptides, oligosaccharides, and oligonucleotides with molecular weights of 400 to 350 000 Da (Eser and Dinçel 2018; Anonymous 2023a; 2023b). As to, another principle of mass spectrometry is (3) ion detector. It is a system that has high sensitivity, can operate in positive and negative ion modes, and can analyze ions according to their mass and charge. The separated ions are directed to an ion detector, which measures ion abundance as a function of m/z ratios. The detector records the signals produced by the ions and converts them into electrical signals that can be further processed and analyzed. The resulting data is typically displayed as a mass spectrum, where the x-axis represents m/z values and the y-axis represents the relative abundance of ions at each m/z value (Eser and Dinçel 2018; Anonymous, 2023 b).

Nguyen et al., (2014) stated that they developed a highly selective and sensitive liquid chromatography-tandem mass spectrometry method for the simultaneous identification and quantification of beta-casomorphin 5 (BCM5) and beta-casomorphin 7 (BCM7) in yoghurt. In the study, deuterium-labeled BCM5- d_{10} and BCM7- d_{10} were used as surrogate standards for

reliable identification and accurate quantification of these analytes in yoghurt. They stated that the linear responses for BCM5 and BCM7 were $R^2 = 0.9985$ and 0.9986 , respectively, and ranged from 0.01 to $10 \text{ ng}/\mu\text{L}$. Confirmed isotope dilution LC-MS/MS was used to measure BCM5 and BCM7 in ten commercial and laboratory-prepared yoghurt and milk samples, showing that neither BCM5 nor BCM7 was detected in commercial yoghurts, but in milk and laboratory-prepared yoghurts, and interestingly, their levels decreased during processing. In other words, they reported that fermentation and storage reduced the concentration of BCM5 and BCM7 in yoghurt.

Nguyen et al., (2021) assessed the impact of heat treatment on BCM-7 after in-vitro gastrointestinal digestion of milk representing beta-casein genotypes by using UHPLC-MS/MS. Researchers reported that BCM-7 was not released in all milk with the A2A2 genotype.

Edwards et al., (2021) indicated that LC-MS analysis revealed that β -casein isolated from regular milk digested with pepsin-pancreatin released BCM-7 over time. Additionally, they stated that LAP increased the yield of BCM-7. In contrast, significantly less BCM-7 was released by digestion of β -casein isolated from A2 milk.

In the study by Lambers et al. (2021), they determined the amounts of BCM peptides with the LC-MS/MS analytical method using stable-isotope-assisted peptides through in vitro digestion of processed milk samples. The same researchers reported that BCM-7 in both A1 and A2 milk was formed under intestinal conditions and that the formation of BCM-7 in A1 and A2 milk was affected by industrial heating.

2.3. Enzyme-Linked ImmunoSorbent Assay (ELISA)

In 1971, Engvall and Perlman invent the ELISA test, a method that revolutionized medicine. ELISA is a simple and rapid technique which is a measurement technique based on investigating the activity of antibody-dependent enzyme based on the reaction between antigen and antibody to detect and measure antibodies or antigens bound to a solid surface (Lin 2015; Kabala and Çelik 2022). If antibodies are to be detected in ELISA, antibody-specific antigen should be bound to the microplate surfaces, and if antigen is to be searched, antigen-specific antibodies should be bound to the microplate surfaces (Kabala and Çelik 2022). ELISA devices have four different analysis methods such as direct, indirect, sandwich, and competitive (Aydn, 2015; Kabala and Çelik 2022). One of these analysis methods, sandwich ELISA, got its name because the protein of interest is trapped between two antibody molecules. Sandwich ELISA have been reported to be 2-5 times more sensitive than all other ELISAs (Aydn, 2015). In ELISA, the ease of use of commercial kits, The requirement to train personnel and equipment costs are less than other methods. It can be said that the limitation of its use is the difficulty of producing very selective antibodies and the prolongation of incubation, washing, etc. times in test measurements (Kabala and Çelik, 2022).

To qualitatively and quantitatively determine both agonistic and antagonist opioid peptides in five Polish cheese varieties, Sienkiewicz-Szlapka et al., (2009) in their study, they confirmed that two potent agonistic opioid peptides from bovine milk (BCM-5 and BCM-7) may be produced in semi-hard and ripening mould cheeses by using ELISA. In their study to determine

the amount of β -casomorphin-7 in raw, hydrolyzed and processed milk at different stages of lactation, Cieślńska et al., (2012) reported that BCM7 was found in different genotypes such as A1A1, A1A2, and A2A2 by using ELISA. As a result, the researchers stated that processing raw milk at high temperatures slightly affected the differences between β -casomorphins-7 resulting from different β -casein genotypes.

Haq et al. (2015) stated that milk obtained from cattle with beta casein genotype frequencies of A1A1, A1A2 and A2A2 in the Indian crossbred Karan Fries breeds was tested with in vitro proteolytic enzymes (pepsin, trypsin, chymotrypsin and pancreatin) by simulated gastrointestinal digestion (SGID) method. They used RP-HPLC, MS-MS and competitive ELISA as analytical methods in their study. The release of BCM-7/5 was not detected in milk with beta casein A2A2 genotype frequency, but they reported that the release of BCM-7/5 was 3.2 times more in milk with A1A2 genotype frequency than in milk with A1A1 genotype frequency.

3. COMPARISON OF ANALYTICAL METHODS

3.1. Comparisons of HPLC and LC-MS/MS methods

Even at very low concentrations, the LC-MS/MS system can identify and analyze a wide range of substances that are difficult to measure and distinguish in complex and sensitive mixtures using HPLC due to its mass detector. It is the perfect equipment to identify or confirm the presence of unknown components. In addition, it is suitable for both qualitative and quantitative analyses thanks to its advantages such as high selectivity, specificity, and a small amount of reagent requirement. In addition, its advantages include a wide analytical measurement range by combining it with other techniques such as chromatography for comprehensive analysis, the ability to measure many analytes at the same time, and the fact that it can be recommended as a method for detection and verification of trace amounts of substances. In addition to being easy to apply and less costly using the HPLC method, it is the preferred analytical method due to some drawbacks of LC-MS/MS (high device maintenance and costs, need for experienced personnel, complexity of analysis, lack of reference method, and automation incompatibility) (Eser and Dinçel 2018; Anonymous, 2023 b).

3.2. Comparison of ELISA and LC-MS/MS Methods

According to Kabala and Çelik (2022), although ELISA is simple to use, the device is easy and cheap to supply and use, in the LC-MS/MS method, the device is expensive, difficult to use and requires specialized training. Sample preparation is easier in ELISA than in the LC-MS/MS method. While analysis is performed at nanogram or nanomole limits in ELISA, mass spectrometry allows analysis at picogram or picomole limits, which is 10-1000 times more sensitive than ELISA. The mass spectrometer can determine the concentration of multiple analytes, whereas the ELISA test only measures the concentration of one analyte. Although the ELISA device has ease of maintenance, calibration and the possibility of reproducibility of positive results, the device used in LC-MS/MS is difficult to maintain and calibrate and there is no need to verify the analysis results. In addition, designing the ELISA assay according to

the use of commercial kits based on antibody/antigen increases the unit analysis cost of the samples, while the unit analysis cost is lower in the other methods.

4. CONCLUSION

In addition to the different sensitivities of the analytical methods used in the detection of BCM-7, they also have some advantages and disadvantages compared to each other, resulting in different areas of use. In conclusion, it can be concluded that these analytical methods can be easily used in the analysis of proteins and peptides as they provide easy, accurate, and reliable results.

REFERENCES

- Ali, A. H. (2022). High-performance liquid chromatography (HPLC): a review. *Ann. Adv. Chem*, 6, 10-20.
- Anonymous 2023 a <https://acikders.ankara.edu.tr/pluginfile.php/26758/> Accessed Date:19.09.2023
- Anonymous 2023b <https://microbiologynote.com/tr/mass-spectrometry> Accessed Date:18.09.2023
- Aguilar, M. I. (2004). Reversed-phase high-performance liquid chromatography. HPLC of peptides and proteins: Methods and protocols, 9-22.
- Aydin, S. (2015). A short history, principles, and types of ELISA, and our laboratory experience with peptide/protein analyses using ELISA. *Peptides*, 72, 4-15.
- Boro, P., Naha, B. C., Saikia, D. P. and Prakash, C., 2016, A1 and A2 milk & its impact on human health, *International Journal of Science and Nature*, 7 (1), 01-05.
- Caroli, A., Chessa, S. and Erhardt, G., 2009, Invited review: Milk protein polymorphisms in cattle: Effect on animal breeding and human nutrition, *Journal of dairy science*, 92 (11), 5335-5352.
- Cieślińska, A., Kamiński, S., Kostyra, E. and Sienkiewicz-Szłapka, E., 2007, Beta-casomorphin 7 in raw and hydrolyzed milk derived from cows of alternative β -casein genotypes, *Milchwissenschaft*, 62 (2), 125-127.
- Cieślińska, A., Kostyra, E., Kostyra, H., Oleński, K., Fiedorowicz, E. and Kamiński, S., 2012, Milk from cows of different β -casein genotypes as a source of β -casomorphin-7, *International journal of food sciences and nutrition*, 63 (4), 426-430.
- Daniloski, D., McCarthy, N. A., Huppertz, T., & Vasiljevic, T. (2022). What is the impact of amino acid mutations in the primary structure of caseins on the composition and functionality of milk and dairy products?. *Current Research in Food Science*, 5, 1701-1712.

- Duarte-Vázquez, M. Á., García-Ugalde, C., Villegas-Gutiérrez, L. M., García-Almendárez, B. E., & Rosado, J. L. (2017). Production of cow's milk free from beta-casein A1 and its application in the manufacturing of specialized foods for early infant nutrition. *Foods*, 6(7), 50.
- De Noni, I. (2008). Release of β -casomorphins 5 and 7 during simulated gastro-intestinal digestion of bovine β -casein variants and milk-based infant formulas. *Food Chemistry*, 110(4), 897-903.
- De Noni, I. and Cattaneo, S., 2010, Occurrence of β -casomorphins 5 and 7 in commercial dairy products and in their digests following in vitro simulated gastro-intestinal digestion, *Food chemistry*, 119 (2), 560-566.
- Edwards, T. S., Dawson, K. L., Keenan, J. I., & Day, A. S. (2021). A simple method to generate β -casomorphin-7 by in vitro digestion of casein from bovine milk. *Journal of Functional Foods*, 85, 104631.
- Eigel, W., Butler, J., Ernstrom, C., Farrell Jr, H., Harwalkar, V., Jenness, R. and Whitney, R. M., 1984, Nomenclature of proteins of cow's milk: fifth revision, *Journal of dairy science*, 67 (8), 1599-1631.
- Elliott, R., Harris, D., Hill, J., Bibby, N. and Wasmuth, H., 1999, Type I (insulin-dependent) diabetes mellitus and cow milk: casein variant consumption, *Diabetologia*, 42 (3), 292-296.
- Eser, B., and Dinçel, A. S., 2018. Introduction to Chromatography, Basic Working Tips for High Performance Liquid Chromatography *Journal of Health Services and Education*; 2(2): 51-57
- Farrell, H., Jimenez-Flores, R., Bleck, G., Brown, E., Butler, J., Creamer, L., Hicks, C., Hollar, C., Ng-Kwai-Hang, K. and Swaisgood, H., 2004, Nomenclature of the proteins of cows' milk—Sixth revision, *Journal of dairy science*, 87 (6), 1641-1674.
- Groves, M., 1969, Some minor components of casein and other phosphoproteins in milk. A review, *Journal of dairy science*, 52 (8), 1155-1165.
- Haq, M. R.U., Kapila, R., & Kapila, S. (2015). Release of β -casomorphin-7/5 during simulated gastrointestinal digestion of milk β -casein variants from Indian crossbred cattle (Karan Fries). *Food chemistry*, 168, 70-79.
- Ho, S., Woodford, K., Kukuljan, S. and Pal, S., 2014, Comparative effects of A1 versus A2 beta-casein on gastrointestinal measures: a blinded randomised cross-over pilot study, *European journal of clinical nutrition*, 68 (9), 994-1000.
- Jinsmaa, Y. and Yoshikawa, M., 1999, Enzymatic release of neocasomorphin and β -casomorphin from bovine β -casein, *Peptides*, 20 (8), 957-962.
- Laugesen, M. and Elliott, R., 2003, Ischaemic heart disease, Type 1 diabetes, and cow milk A1 beta-casein, *The New Zealand Medical Journal (Online)*, 116 (1168).

- Lin, A. V. (2015). Direct ELISA. *ELISA: Methods and Protocols*, 61-67.
- Jaiswal, K. P. and Sarsavan, A., 2013, In silico analysis of Single Nucleotide Polymorphism's (SNP's) in Karan Fries cattle of A1, A2 beta casein gene, *Int. J Environ. Anim. Conserv*, 2 (1), 29-34.
- Jaiswal, K. P., De, S. and Sarsavan, A., 2014, Review on bovine beta-casein (A1, A2) gene polymorphism and their potentially hazardous on human health, *International Journal of Environment & Animal Conservation*, 3 (01), 1-12.
- Kabala, S. İ., and Çelik, S. Comparison of ELISA and LC-MS Devices used in Medical Laboratories over Analysis Measurements. *Kırklareli University Journal of Engineering and Science* 8-2 (2022) 427-438
- Kahala, M., Pahkala, E., & Pihlanto-Leppälä, A. (1993). Peptides in fermented Finnish milk products. *Agricultural and Food Science*, 2(5), 379-386.
- Kamiński, S., Cieślińska, A. and Kostyra, E., 2007, Polymorphism of bovine beta-casein and its potential effect on human health, *Journal of applied genetics*, 48 (3), 189-198.
- Lambers, T. T., Broeren, S., Heck, J., Bragt, M., & Huppertz, T. (2021). Processing affects beta-casomorphin peptide formation during simulated gastrointestinal digestion in both A1 and A2 milk. *International Dairy Journal*, 121, 105099.
- Mishra, B., Mukesh, M., Prakash, B., Sodhi, M., Kapila, R., Kishore, A., Kataria, R., Joshi, B., Bhasin, V. and Rasool, T., 2009, Status of milk protein, b-casein variants among Indian milch animals, *Indian J Anim Sci*, 79 (7), 722-725.
- Nguyen, D. D., Solah, V. A., Johnson, S. K., Charrois, J. W. A., & Busetti, F. (2014). Isotope dilution liquid chromatography–tandem mass spectrometry for simultaneous identification and quantification of beta-casomorphin 5 and beta-casomorphin 7 in yoghurt. *Food chemistry*, 146, 345-352.
- Nguyen, D. D., Busetti, F., Smolenski, G., Johnson, S. K., & Solah, V. A. (2021). Release of beta-casomorphins during in-vitro gastrointestinal digestion of reconstituted milk after heat treatment. *LWT*, 136, 110312.
- Priyadarshini, P., Mishra, C., Mishra, B., Swain, K., Rout, M. and Mishra, S. P., 2018, Impact of milk protein on human health: A1 verses A2, *Int J Chem Stud*, 6 (1), 531-535.
- Ramesha, K., Rao, A., Basavaraju, M., Alex, R., Kataktalware, M., Jeyakumar, S. and Varalakshmi, S., 2016, Genetic variants of β -casein in cattle and buffalo breeding bulls in Karnataka state of India, *Indian Journal of Biotechnology*, 15, 178-181.
- Rijnkels, M., 2002, Multispecies comparison of the casein gene loci and evolution of casein gene family, *Journal of mammary gland biology and neoplasia*, 7 (3), 327-345.
- Roginski, H., Fuquay, J. W. and Fox, P. F., 2003, *Encyclopedia of dairy sciences*. Volumes 1-4, Academic press, p.

- Sienkiewicz-Szłapka, E., Jarmołowska, B., Krawczuk, S., Kostyra, E., Kostyra, H., & Iwan, M. (2009). Contents of agonistic and antagonistic opioid peptides in different cheese varieties. *International Dairy Journal*, 19(4), 258-263.
- Schieber, A., & Brückner, H. (2000). Characterization of oligo-and polypeptides isolated from yoghurt. *European Food Research and Technology*, 210, 310-313.
- Sodhi, M., Mukesh, M., Mishra, B., Kishore, A., Prakash, B., Kapil, R., Khate, K., Kataria, R. and Joshi, B., 2012, Screening of taurine and crossbred breeding bulls for A1/A2 variants of β -casein gene, *The Indian Journal of Animal Sciences*, 82 (2), 2-9.
- Swinburn, B., 2004, Beta casein A1 and A2 in milk and human health, Report to New Zealand Food Safety Authority, 1-43.
- Şahin, Ö., Boztepe, S., & Aytakin, İ. (2018). A1 and A2 bovine milk, the risk of beta-casomorphin-7 and its possible effects on human health:(II) Possible effects of beta-casomorphin-7 on human health. *Selcuk Journal of Agriculture and Food Sciences*, 32(3), 640-645.
- Şahin, Ö., & Boztepe, S. (2022). The potential status of A1 and A2 variants of bovine beta-casein locus of some indigenous genetic resources reared in Turkey. *Journal of the Hellenic Veterinary Medical Society*, 73(2), 4211-4218.
- Tailford, K. A., Berry, C. L., Thomas, A. C. and Campbell, J. H., 2003, A casein variant in cow's milk is atherogenic, *Atherosclerosis*, 170 (1), 13-19.
- Wasilewska, J., Sienkiewicz-Szłapka, E., Kuźbida, E., Jarmołowska, B., Kaczmarski, M. and Kostyra, E., 2011, The exogenous opioid peptides and DPPIV serum activity in infants with apnoea expressed as apparent life threatening events (ALTE), *Neuropeptides*, 45 (3), 189-195.
- Woodford, K., 2007, A2 milk, farmer decisions, and risk management, *Proceedings of the 16th International Farm Management Congress: Peer reviewed papers*, 641-648.

THE IMPACT OF RHIZOBACTERIA ON THE AMINO ACID LEVELS IN SOME CITRUS ROOTSTOCKS GROWN IN SALINE SOILS

Assoc. Prof. Dr. Şeyma ARIKAN

University of Selçuk, Faculty of Agriculture, Department of Horticulture, Konya, Türkiye,
, 0000-0002-4328-0263

Research Assist. Merve KARAKOYUN

University of Bilecik, Faculty of Agriculture and Natural Science, Department of
Horticulture, Bilecik, Türkiye,
.edu.tr, 0000-0001-7438-4738

Assoc. Prof. Dr. Muzaffer İPEK

University of Selçuk, Faculty of Agriculture, Department of Horticulture, Konya, Türkiye,
, 0000-0002-5773-7236

ABSTRACT

Salinity poses a major environmental challenge that threatens the sustainable future of crop farming worldwide. Using plant growth-promoting bacteria (PGPB) is a successful method for enhancing plant growth and mitigating the adverse impacts of stress on plants cultivated in saline environments. PGPB is a sustainable strategy that enhances plant tolerance to salt stress through a mutually beneficial partnership with plants.

Plants respond to salt stress by modifying their metabolites and osmoprotectants through plant metabolism. During salt stress, the electron transport chain is anticipated to deteriorate, resulting in elevated levels of free amino acids in plant cells.

This study aimed to analyze the amino acid composition (Arginine, Asparagine, Glutamine, Glycine, Methionine, Phenylalanine, Proline, Tryptophan, Tyrosine, and Valine) of citrus rootstocks (*Citrus aurantium* L. and *Poncirus trifoliata*) inoculated with beneficial rhizobacteria strains (EY2, EY6, EY30, EY37, and EY43) growing in saline conditions.

The results of the study showed that some of the examined amino acids had higher values in the sour orange (Asparagine, Glycine, Phenylalanine, Proline, Tyrosine, and Tryptophan,) rootstock and some in the trifoliata rootstock (Arginine, Glutamine, Methionine, Valine). Analysis of amino acid content in leaves and roots revealed that arginine, asparagine, glutamine, proline, and valine were present in the roots, whereas tyrosine and tryptophan were primarily identified in the leaves.

The EY43 bacterial application had the highest value for all amino acids except proline. The EY37 bacterial application had the highest value for all amino acids except phenylalanine and tyrosine. The EY30 bacterial application had the highest value for arginine and glycine amino acids.

As a result, it can be thought that beneficial rhizobacteria have an effect on the amino acid contents of citrus rootstocks in salty conditions and may have imparted a tolerance to salt stress.

Keywords: amino acid content, *Citrus aurantium*, PGPR, *Poncirus trifoliata*, salinity

1. INTRODUCTION

Citrus is a genus in the *Rutaceae* family that originated in Southeast Asia. Cultivating citrus fruit species in the Mediterranean region is economically significant. Citrus species are commonly grown in semi-arid regions of the Mediterranean basin, necessitating irrigation. Many soils in this area have high salt content, which might hinder the growth and productivity of citrus crops. Soil salinity significantly impacts agricultural productivity (Almas et al., 2023). Excessive amounts of chloride (Cl) and sodium (Na) ions in irrigation water from underground sources sometimes cause salinity problems.

Citrus species experience physiological abnormalities due to salinity mostly caused by the accumulation of chloride ions in the leaf rather than sodium ions (Romero-Aranda et al. 1998; Hussain et al. 2012). Additionally, the buildup of chloride impacts the leaf shedding process (Bauls et al. 1997). Citrus plants' ability to tolerate salt stress is thought to be linked to their capability to limit chloride intake and its movement from the roots to the shoots. Chlorine (Cl) is commonly acknowledged as the primary ion responsible for the acidity in citrus fruits (Moya et al. 2002; Moya et al. 2003; Montoliu et al. 2009). Therefore, it is essential to investigate new methods to improve plant resistance to salt stress and increase crop production in citrus fruits. Researchers have proposed many methods to mitigate the adverse impacts of salt stress on plants. One method to achieve this is by using beneficial microorganisms, such as plant growth-promoting rhizobacteria (PGPR). These microorganisms can aid in plant growth and alleviate salt stress through several mechanisms. PGPR regulates transpiration and stomatal conductance, enhancing water usage efficiency in plants and reducing the production of reactive oxygen species (Vejan et al., 2016). The effectiveness of these stress-reducing effects depends on the specific plants, bacterial composition, and how they interact with one other. Studies have verified the positive effects of beneficial microbes in the soil, which can improve plants' resistance to detrimental salt stresses (Dodd and Pérez-Alfocea 2012; Berg et al. 2013).

Citrus rootstocks exhibit great variability in their resistance to different abiotic and biotic stress conditions. Citrus rootstocks are particular plants within the citrus genus that function as stems for other citrus plants. It is crucial to evaluate the compatibility of the rootstock with the specific species selection and its resilience to common dangers like drought, frost, and citrus diseases. Rootstocks have numerous unique characteristics that enhance the citrus tree's performance. Their influence extends to several horticultural traits, they exhibit resistance to pests, diseases, and specific soil conditions, and play a crucial role in enhancing orchard profitability (Castle 2010). Hence, it is crucial to develop salt-tolerant crops and choose the most suitable genotypes. Rootstock is crucial for promoting the growth and expansion of citrus production, as well as enhancing the stability of the citrus sector and the country's economy (Balal et al. 2011). Salinity adversely affects plant growth, fruit quality, and crop productivity in the citrus business. Excessive chloride (Cl) and sodium (Na) ions compete with potassium (K^+), calcium (Ca^{2+}), magnesium (Mg^{2+}), and nitrate (NO_3) ions.

Furthermore, specific beneficial bacteria can improve plants' ability to absorb phosphorus by increasing the solubility of both organic and inorganic phosphorus, which plants struggle to utilize efficiently in the soil. These organisms also secrete organic acids, which decrease the soil's pH. This enhances the availability of trace metals like iron (Fe), zinc (Zn), manganese

(Mn), copper (Cu), and boron (B). This study aims to examine the impact of five distinct species of rhizobacteria on nutrient levels in two citrus rootstocks, *Citrus aurantium* L. and *Poncirus trifoliata*, when subjected to salt stress.

2. MATERIALS AND METHODS

This study aimed to investigate the impact of two citrus rootstocks, *Citrus aurantium* L. and *Poncirus trifoliata*, on the amino acids content of five bacterial strains under salt stress. The sour orange rootstock grows into a medium-sized tree with pointed leaves and a dark green color. Once the fruit reaches complete maturity, it is just loosely connected to the shell. It is tolerant to soils with important levels of calcium carbonate and salt. Trifoliata rootstock defoliates under subtropical conditions. One significant feature is its cold resistance. The plant has a compact root structure and is capable of thriving in dense clay soils. The plant has three leaves and promotes early fruiting in the grafted tree while enhancing fruit quality. The plant is not tolerant to calcareous and salty soils and displays chlorosis.

Bacterial Strains

The following bacteria were utilized in the experiments: *Bacillus subtilis* EY2, *Bacillus atrophaeus* EY6, *Bacillus sphaericus* GC subgroup B EY30, *Staphylococcus kloosii* EY37, and *Kocuria erythromyxa* EY43. The microorganisms utilized in this research exhibited catalase production. *Bacillus sphaericus* (GC subgroup B EY30), *Staphylococcus kloosii* (EY37), and *Kocuria erythromyxa* (EY43) have the ability to metabolize phosphorus. All bacteria used in this study, with the exception of *Staphylococcus kloosii* EY37, can grow on nitrogen-deficient conditions (Table 1).

Table 1. Characteristics of bacterial species

Bacteria Code	Bacterial Species	Catalase synthesis	Phosphour solubilization	Growth in N-free media
EY2	<i>Bacillus subtilis</i>	+	-	+
EY6	<i>Bacillus atrophaeus</i>	+	-	+
EY30	<i>Bacillus sphaericus</i> GC subgroup	+	+	+
EY37	<i>Staphylococcus kloosii</i>	+	+	-
EY43	<i>Kocuria erythromyxa</i>	+	+	+

Bacterial species were cultivated on solid nutrition broth (NB) media in this study. The experiment involved cultivating bacterial strains on Petri dishes with nutritional agar. A colony was isolated from the Petri plate and cultured for 12 hours to encourage aerobic bacterial growth in the flasks (Ipek et al. 2014). The bacterial culture was adjusted to a concentration of 10^{-9} CFU using a spectrophotometer.

The citrus sapling roots were submerged in a liquid solution with bacterial strains for 30 minutes to inoculate the roots with the bacteria. Bacteria treatment was identified as a one-time event prior to planting the seedlings. The citrus plants were moved to a growing medium made of peat and perlite in a 2:1 ratio following the application of bacterial treatments. The pots underwent adaptation for 15 days.

The seedlings were exposed to salt stress by irrigating them with water containing 50 mM NaCl when they needed watering. The seedlings' watering condition was assessed when the growth environment dropped below 50% of their field capacity. Salt sprays were continued until the saplings showed beginning indications of drying, usually around the 45th day after planting.

Leaf Amino acids Analysis

The leaf and root samples were pulverized with 0.1 N hydrochloric acid and let to sit for 12 hours at 4 degrees Celsius. Following incubation, the samples were agitated using a vortex. Next, the materials were centrifuged at 1200 revolutions per minute for 50 minutes. The supernatants were filtered using a syringe filter with a pore size of 0.22 μm . The transferred supernatant was evaluated using HPLC using the protocols outlined by Aristoy and Toldra (1991), Antoine et al. (1999), and Henderson et al. (1999). Zorbax Eclipse-AAA 4.6 $\times$ 150 mm, 3.5 μm columns from Agilent 1200 HPLC were utilized. Readings at 254 nm were taken to identify amino acids by comparing them with standards. Amino acids were measured in nanomoles per microliter following a 26-minute derivatization process using HPLC.

Statistical analysis

All of the data were analyzed using analysis of variance (ANOVA), and SPSS 23.0 (IBM, Inc.) was used to perform a comparison using Duncan's multiple range test (DMRT) to determine whether a significant difference existed.

3. RESULTS AND DISCUSSION

Amino acids are vital elements of plant metabolism, acting as the basic units for proteins and the starting materials for secondary metabolites. They also have a vital function in the transportation of organic nitrogen within plants (Ningsih et al. 2020). Amino acid metabolism plays a crucial role in plant responses to stress, as stress-responsive compounds are produced through amino acid metabolic pathways (Wang et al., 2020). Glutamate, an essential element in plant amino acid metabolism, serves as a foundation for creating key chemicals such as arginine, ornithine, proline, glutamine, and γ -aminobutyric acid (GABA) (Balfagón et al. 2022). Plant amino acid metabolism is controlled to fulfill the needs of various plant organs depending on the presence of carbon and nitrogen sources (Pratelli and Pilot, 2007). Amino acids are used for protein synthesis and can also be broken down into intermediates of the tricarboxylic acid (TCA) cycle to produce energy (Zhang et al. 2018). Plants modify their metabolism, namely amino acid production, to improve tolerance under stressful situations such waterlogging (Huo et al. 2022).

Amino acid metabolism pathways play a role in plant defense responses, impacting plant systemic resistance and growth by influencing related metabolites in various metabolic pathways such as glycolysis, gluconeogenesis, the pentose phosphate pathway, the tricarboxylic acid cycle, and amino acid metabolism (Yang et al. 2023). Amino acid metabolism plays a vital role in plant reactions to nutritional deficits, like low iron stress, by influencing the expression of genes involved in amino acid metabolism pathways (Wang et al. 2022).

Amino acids are essential for plant metabolism, contributing to many functions such as protein synthesis, stress responses, and defense systems. Regulating amino acid metabolism is crucial for plant growth, development, and adjusting to environmental conditions. The intricate network of amino acid pathways in plants highlights their importance in plant biology and their crucial function in maintaining plant health and survival.

3.1. Arginine

Arginine can function as a precursor to other amino acids and signaling molecules. It also supports nitric oxide production, which plays a role in plant defense mechanisms. Spraying arginine on basil has been shown to improve growth and the production of active compounds during stress (Shraida and Al-Mohammed, 2021). The analysis of the arginine data revealed a statistically significant finding. The analysis in Table 2 revealed that trifoliate orange rootstock contains a higher arginine amino acid concentration than Sour orange rootstock. The roots had the greatest arginine concentration among plant parts, as seen in Table 3. Out of the treatments, the EY30, Y37, and EY43 treatments showed the highest arginine amino acid concentration compared to the control group (Table 4).

3.2. Asparagine

Asparagine can serve as a nitrogen storage and transport molecule, which is crucial when plants deal with stress. An increase in asparagine synthetase mRNA in roots has been observed in response to cadmium stress (Chaffei et al. 2004). The analysis revealed that the Sour Orange rootstock had the highest concentration of Asparagine amino acid, although the leaves contained a lower amount compared to the roots (Table 3). EY37 and EY43 applications have the largest concentration of Asparagine amino acid compared to other applications, as shown in Table 4.

3.3. Glutamine

This amino acid is a major transport form of nitrogen in plants and is vital for nitrogen assimilation. Responses to cadmium toxicity in tomato plants showed significant metabolic adjustments involving the accumulation of amino acids, including glutamine, to safeguard against the stress (Chaffei et al. 2004). Studies have shown that glutamine act as osmolytes, antioxidants, and signaling molecules, helping plants combat various stressors (Yaish 2015; Wu et al. 2020; Shah et al. 2020). Moreover, amino acids, such as glycine, valine, and glutamic acid, participate in scavenging reactive oxygen species under abiotic stresses, further highlighting their importance in stress tolerance (Kandoi and Tripathy, 2022). In this research, as a result of the effect of rhizobacteria on glutamine amino acid in citrus trees grown in saline soils, it was determined that Three Leaf Orange rootstock has high glutamine content. Table 4 shows that EY37 and EY43 applications contain excessive amounts of glutamine amino acid.

3.4. Glycine

Moreover, amino acids, such as glycine, valine, and glutamic acid, participate in scavenging reactive oxygen species under abiotic stresses, further highlighting their importance in stress tolerance (Kandoi and Tripathy, 2022). Our findings indicate that Sour orange rootstock and the bacterial applications EY37, EY30, and EY43 have the maximum glycine amino acid content.

3.5. Methionine

Methionine: Stress can trigger changes in the biosynthesis of certain amino acids, including methionine, which is essential for growth and the response to environmental challenges (Tran et al. 2020). The research findings indicated that the Trifoliate Orange rootstock exhibited better

outcomes in terms of amino acid content compared to another rootstock (Table 2). However, the statistical analysis revealed that this difference was not significant when comparing different plant parts (Table 3). Out of the applications, the bacteria EY37 and EY43 exhibited the highest methionine amino acid content levels, as seen in Table 4.

3.6. Phenylalanine

These aromatic amino acids can serve as precursors for secondary metabolites like phenolics, which have antioxidant properties and can protect plants against stress-induced oxidative damage (Tran et al. 2020). The study results revealed the content of Phenylalanine amino acid obtained from the application of Sour Orange rootstock and EY43 bacteria (Table 3 and 4).

3.7. Proline

The synthesis of amino acids, especially proline, increases under stress conditions, aiding in protecting plants from various abiotic stresses (Shah et al. 2020). Proline accumulation is a well-documented response to abiotic stress, providing plants with osmotic balance and protection against oxidative damage (Shah et al. 2020).

Studies have shown that amino acids, such as proline, gamma-aminobutyric acid (GABA), and glutamine, function as osmolytes, antioxidants, and signaling molecules, helping plants combat various stressors (Yaish 2015; Wu et al. 2020; Shah et al. 2020). Proline, in particular, has been identified as a general response to abiotic stress in plants, functioning as an osmolyte, metal chelator, antioxidant, and signaling molecule (Yaish 2015). Proline is the most famous amino acid for stress mitigation in plants. It accumulates in stressed plants and acts as an osmoprotectant, stabilizing proteins and membranes, and scavenging free radicals (Hare et al., 1999). The investigation revealed that Sour Orange rootstock had the highest proline concentration among rootstocks (Table 2), while roots had the highest proline content among plant parts (Table 3). Table 4 revealed that the bacterial application EY37 had a high proline concentration compared to other applications.

3.8. Tryptophan

These aromatic amino acids can serve as precursors for secondary metabolites like phenolics, which have antioxidant properties and can protect plants against stress-induced oxidative damage (Tran et al. 2020). Trifoliate orange rootstock was found to have higher Tryptophan amino acid content than Sour orange rootstock. Among bacterial applications, the highest Tryptophan amino acid content was obtained from EY37 and EY43 bacteria.

3.9. Tyrosine

These aromatic amino acids can serve as precursors for secondary metabolites like phenolics, which have antioxidant properties and can protect plants against stress-induced oxidative damage (Tran et al. 2020). Our findings have shown that among citrus rootstocks, bitter orange rootstock has a higher Tyrosine amino acid content, and the leaves of the rootstocks have a richer content. Among the applications, it was determined that EY43 bacterial applications gave the highest tyrosine amino acid content.

3.10. Valine

Moreover, amino acids, such as glycine, valine, and glutamic acid, participate in scavenging reactive oxygen species under abiotic stresses, further highlighting their importance in stress tolerance (Kandoi and Tripathy, 2022). When valine amino acid contents were evaluated, the highest content was found in Trifoliate Orange rootstock among rootstocks (Table 2). As shown

in Table 3, it was found to be high in roots among plant parts. Among the applications, high valine amino acid content was found in EY37 and EY43 bacterial applications (Table 4).

Table 2. Amino acid contents (pmol μl^{-1}) of Sour Orange and Trifoliate Orange rootstocks

Rootstocks Species	Arginine	Asparagine	Glutamine	Glycine	Methionine	Phenylalanine	Proline	Tryptophan	Tyrosine	Valin
Sour Orange	452,21 b	399,87 a	283,49 b	378,91 a	299,42 b	1023,53 a	213,65 a	514,79 a	563,01 a	373,18 b
Trifoliate Orange	487,72 a	392,90 b	297,84 a	317,37 b	322,48 a	947,12 b	183,89 b	402,88 b	486,89 b	402,23 a

Table 3. Amino acid contents (pmol μl^{-1}) of citrus rootstocks plant parts

Plant Parts	Arginine	Asparagine	Glutamine	Glycine	Methionine	Phenylalanine	Proline	Tryptophan	Tyrosine	Valin
Leaf	447,05 b	369,76 b	275,22 b	349,64	308,58	987,90	185,33 b	464,88 a	532,12 a	361,58 b
Root	492,88 a	423,01 a	306,11 a	346,65	313,32	982,75	212,20 a	452,79 b	517,77 b	413,83 a

Table 4. Effect of beneficial bacterial treatments amino acid contents (pmol μl^{-1}) in citrus plants

Treatments	Arginine	Asparagine	Glutamine	Glycine	Methionine	Phenylalanine	Proline	Tryptophan	Tyrosine	Valin
Control	387,67 d	329,17 e	224,82 c	323,61 c	226,59 e	923,94 d	156,98 g	430,90 d	489,22 f	296,10 e
NaCl	473,17 b	356,00 d	288,52 b	337,22 bc	279,63 d	978,13 c	193,67 d	440,61 c	500,61 e	345,68 d
EY2	457,64 c	413,19 b	293,59 b	343,95 b	312,66 c	935,46 d	179,38 e	466,84 b	527,58 c	385,26 c
EY6	455,73 c	403,58 b	297,56 b	347,91 b	301,62 c	984,83 c	170,80 f	468,71 b	503,74 e	393,81 b
EY30	500,82 a	382,35 c	291,18 b	355,85 ab	341,16 b	1016,03 b	215,18 c	435,91 d	518,17 d	406,94 b
EY37	510,37 a	447,57 a	326,33 a	368,93 a	363,40 a	1016,86 b	251,45 a	485,09 a	548,35 b	443,20 a
EY43	504,34 a	442,51 a	312,65 a	359,53 ab	351,59 ab	1042,07 a	223,92 b	483,81 a	586,978 a	442,96 a

4. CONCLUSION

Citrus species exhibit a high degree of sensitivity to salt. The utilization of salt-tolerant methods alone may not be adequate, as the responses of rootstocks to salt can exhibit variability. The issue can be resolved by adopting sustainable practices and implementing biofertilization techniques. The results of this investigation demonstrated that PGPR species that can tolerate important levels of salt exhibited an increase in their amino acid content. The findings indicated interspecies variations. The sour orange species exhibited superior outcomes compared to other rootstocks in regard to amino acid composition. The EY43 bacterial application yielded positive results for all examined amino acids, except proline. Further research is required to explore the potential of plant growth-promoting rhizobacteria (PGPR) in enhancing plant development and increasing soil enzyme activity across different environmental conditions.

REFERENCES

- Almas, M., Sami, A., Shafiq, M., Bhatti, M., Haider, M., Hashmi, M. ve Khalid, M. (2023). Sale price comparison of saffron flower market: a case study. *Bulletin of Biological and Allied Sciences Research*, 2023(1), 39-39.
- Antoine, FR., Wei, CI., Littell, RC., Marshall MR. (1999). HPLC method for analysis of free amino acids in fish using o-phthalaldehyde precolumn derivatization. *J Agric Food Chem* 47: 5100-5107.
- Aristoy, MC., Toldra, F. (1991). Deproteinization techniques for HPLC amino acid analysis in fresh pork muscle and dry-cured ham. *J Agric Food Chem* 39: 1792-1795.
- Balal, R. M., Ashraf, M. Y., Khan, M. M., Jaskani, M. J. ve Ashfaq, M. (2011). Influence of salt stress on growth and biochemical parameters of citrus rootstocks. *Pakistan Journal of Botany*, 43(4), 2135-2141.
- Balfagón, D., Gómez-Cádenas, A., Rambla, J., Granell, A., Ollas, C., Bassham, D., ... & Zandalinas, S. (2022). Γ -aminobutyric acid plays a key role in plant acclimation to a combination of high light and heat stress. *Plant Physiology*, 188(4), 2026-2038. <https://doi.org/10.1093/plphys/kiac010>
- Bañuls, J., Serna, M. D., Legaz, F., Talon, M. ve Primo-Millo, E. (1997). Growth and gas exchange parameters of Citrus plants stressed with different salts. *Journal of Plant Physiology*, 150(1-2), 194-199.
- Berg, G., Alavi, M., Schmidt, C. S., Zachow, C., Egamberdieva, D., Kamilova, F. ve Lugtenberg, B. J. (2013). Biocontrol and osmoprotection for plants under salinated conditions. *Molecular microbial ecology of the rhizosphere*, 1, 587-592.
- Castle, W. S. (2010). A career perspective on citrus rootstocks, their development, and commercialization. *HortScience*, 45(1), 11-15.
- Chaffei, C., Pageau, K., Suzuki, A., Gouia, H., Ghorbel, M. H., & Masclaux-Daubresse, C. (2004). Cadmium toxicity induced changes in nitrogen management in *Lycopersicon esculentum* leading to a metabolic safeguard through an amino acid storage strategy. *Plant and cell physiology*, 45(11), 1681-1693.
- Cheng, X., Deng, G., Su, Y., Liu, J. J., Yang, Y., Du, G. H., ... & Liu, F. H. (2016). Protein mechanisms in response to NaCl-stress of salt-tolerant and salt-sensitive industrial hemp based on iTRAQ technology. *Industrial Crops and Products*, 83, 444-452.
- Dodd, I. C. ve Pérez-Alfocea, F. (2012). Microbial amelioration of crop salinity stress. *Journal of experimental botany*, 63(9), 3415-3428.
- Gull, A., Lone, A. A., & Wani, N. U. I. (2019). Biotic and abiotic stresses in plants. *Abiotic and biotic stress in plants*, 1-19.
- Hare, P. D., Cress, W. A., & Van Staden, J. (1999). Proline synthesis and degradation: a model system for elucidating stress-related signal transduction. *Journal of experimental botany*, 50(333), 413-434.
- Henderson, J., Ricker, R., Bidlingmeyer, B., Woodward, C. (1999). Amino acid analysis using Zorbax Eclipse-AAA Columns and the Agilent 1200 HPLC. Agilent Technologies Inc, Publication Number 5980-1193E.

- Huo, L., Wang, H., Wang, Q., Gao, Y., Xu, K., & Sun, X. (2022). Exogenous treatment with melatonin enhances waterlogging tolerance of kiwifruit plants. *Frontiers in Plant Science*, 13.
- Hussain, S., Luro, F., Costantino, G., Ollitrault, P. ve Morillon, R. (2012). Physiological analysis of salt stress behaviour of citrus species and genera: low chloride accumulation as an indicator of salt tolerance. *South African Journal of Botany*, 81, 103-112.
- Ipek, M., Pirlak, L., Esitken, A., Figen Dönmez, M., Turan, M. ve Sahin, F. (2014). Plant growth-promoting rhizobacteria (PGPR) increase yield, growth and nutrition of strawberry under high-calcareous soil conditions. *Journal of Plant Nutrition*, 37(7), 990-1001.
- Kandoi, D. and Tripathy, B. (2022). Overexpression of chloroplastic zea mays nadp-malic enzyme (zmnadp-me) confers tolerance to salt stress in arabidopsis thaliana.. <https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-2143178/v1>
- Khan, M., Asaf, S., Khan, A., Jan, R., Kang, ., Kim, K., ... & Lee, I. (2020). Extending thermotolerance to tomato seedlings by inoculation with sa1 isolate of bacillus cereus and comparison with exogenous humic acid application. *Plos One*, 15(4), e0232228. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0232228>
- Montoliu, A., López-Climent, M. F., Arbona, V., Pérez-Clemente, R. M. ve Gómez-Cadenas, A. (2009). A novel in vitro tissue culture approach to study salt stress responses in citrus. *Plant Growth Regulation*, 59, 179-187.
- Moya, J. L., Gómez-Cadenas, A., Primo-Millo, E. ve Talon, M. (2003). Chloride absorption in salt-sensitive Carrizo citrange and salt-tolerant Cleopatra mandarin citrus rootstocks is linked to water use. *Journal of experimental botany*, 54(383), 825-833.
- Moya, J. L., Tadeo, F. R., Gómez-Cadenas, A., Primo-Millo, E. ve Talón, M. (2002). Transmissible salt tolerance traits identified through reciprocal grafts between sensitive Carrizo and tolerant Cleopatra citrus genotypes. *Journal of Plant Physiology*, 159(9), 991-998.
- Ningsih, S., Ariyanto, D., Puspitasari, D., Jayanegara, A., Hamim, H., & Gunawan, H. (2020). The amino acid contents in mangrove rhizophora mucronata leaves in asahan, north sumatra, indonesia. *E3s Web of Conferences*, 151, 01047. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202015101047>
- Pratelli, R. and Pilot, G. (2007). Altered amino acid metabolism in glutamine dumper plants. *Plant Signaling & Behavior*, 2(3), 182-184. <https://doi.org/10.4161/psb.2.3.3972>
- Romero-Aranda, R., Moya, J. L., Tadeo, F. R., Legaz, F., Primo-Millo, E. ve Talón, M. (1998). Physiological and anatomical disturbances induced by chloride salts in sensitive and tolerant citrus: beneficial and detrimental effects of cations. *Plant, cell & environment*, 21(12), 1243-1253.
- Shah, F., Wei, X., Wang, Q., Liu, W., Wang, D., Yao, Y., ... & Wu, L. (2020). Karrikin improves osmotic and salt stress tolerance via the regulation of the redox homeostasis in the oil plant *sapium sebiferum*. *Frontiers in Plant Science*, 11. <https://doi.org/10.3389/fpls.2020.00216>
- Shraida, A. S., Almohammed, O. H. M. (2021, May). Effect of salicylic acid and arginine spraying on growth and some of its active compounds of basil *Ocimum Basilicum L.* In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* (Vol. 761, No. 1, p. 012061). IOP Publishing.

- Silva, P., Lobato, E., Souza, P., Santos, H., BRAGA, R., Moura, A., ... & Lobato, A. (2016). Proline but not glutathione actively participates in the tolerance mechanism of young *schizolobium parahyba* var. *amazonicum* plants exposed to boron toxicity. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*, 44(1), 215-221.
- Tran, T. L. N., Miranda, A. F., Abeynayake, S. W., & Mouradov, A. (2020). Differential production of phenolics, lipids, carbohydrates and proteins in stressed and unstressed aquatic plants, *Azolla filiculoides* and *Azolla pinnata*. *Biology*, 9(10), 342.
- Vejan, P., Abdullah, R., Khadiran, T., Ismail, S. ve Nasrulhaq Boyce, A. (2016). Role of plant growth promoting rhizobacteria in agricultural sustainability—a review. *Molecules*, 21(5), 573.
- Wang, J., Guo, J., Zhang, Y., & Yan, X. (2020). Integrated transcriptomic and metabolomic analyses of yellow horn (*xanthoceras sorbifolia*) in response to cold stress. *Plos One*, 15(7), e0236588.
- Wang, Y., Hua, Y., Zhou, T., Huang, J., & Yue, C. (2022). Changes in the transcriptomic profiles of allohexaploid wheat in response to low Fe stress.
- Wu, X., Jia, Q., Ji, S., Gong, B., Li, J., Lü, G., ... & Gao, H. (2020). Gamma-aminobutyric acid (GABA) alleviates salt damage in tomato by modulating Na⁺ uptake, the gad gene, amino acid synthesis and reactive oxygen species metabolism. *BMC Plant Biology*, 20(1).
- Yaish, M. (2015). Short communication proline accumulation is a general response to abiotic stress in the date palm tree (*Phoenix dactylifera* L.). *Genetics and Molecular Research*, 14(3), 9943-9950.
- Yang, Q., Zhang, H., You, J., Yang, J., Zhang, Q., Zhao, J., ... & Zhao, H. (2023). Transcriptome and metabolome analyses reveal that *Bacillus subtilis* BS-Z15 lipopeptides mycosubtilin homologue mediates plant defense responses. *Frontiers in Plant Science*, 13.
- Zhang, X., Ding, X., Ji, Y., Wang, S., Chen, Y., Luo, J., ... & Li, P. (2018). Measurement of metabolite variations and analysis of related gene expression in Chinese liquorice (*Glycyrrhiza uralensis*) plants under UV-B irradiation. *Scientific Reports*, 8(1).

TRANSFORMATÖRLERDEKİ FARKLI KADEME DEĞİŞTİRME ORANLARININ GÜÇ AKIŞI VE KAYIPLARA ETKİSİ

Arş. Gör. Dr. Enes KAYMAZ

Düzce Üniversitesi, eneskaymaz@duzce.edu.tr - 0000-0002-4774-0773

Doç. Dr. M. Kenan DÖŞOĞLU

Düzce Üniversitesi, kenandosoglu@duzce.edu.tr - 0000-0001-8804-7070

ÖZET

Günümüz teknolojisindeki yeni yaklaşımlara bağlı olarak artan elektriksel güç talebi, güç sistemlerinde aşırı yüklenme problemlerine ve çeşitli arıza durumlarına yol açmaktadır. Beklenmeyen arıza durumlarına karşı güç sistemlerinde yer alan senkron generatörlerin çalışma koşullarının önceden belirlenmesi ve sistem güvenliğinin sağlanması amacıyla çeşitli planlamalar yapılması gerekmektedir. Bu planlamalar doğrultusunda, kararlı durum koşulları için güç akışı analizi gerçekleştirilerek sistemde mevcut olan baralara ait gerilim büyüklüğü, faz açısı, aktif güç veya reaktif güç gibi değerler hesaplanabilir. Genel olarak bu hesaplamaların yapılmasında Newton-Raphson (NR) matematiksel yöntemi kullanılmaktadır. Bu çalışmada, Uluslararası Elektrik Elektronik Mühendisliği (IEEE) 14-baralı güç sisteminde Güç Sistemleri Analizi Programı (PSAT) kullanılarak güç akışı analizi gerçekleştirilmiş ve sistemde yer alan transformatörlere ait farklı kademe değiştirme oranlarının güç akışı analizi açısından etkileri incelenmiştir. Test sisteminde, 4-9 numaralı baralar arasında mevcut olan Kademe Değiştirici Transformatörün (KDT) sabit faz açısı değişimi altında üç farklı kademe değiştirme oranı için elde edilen benzetim çalışması sonuçları aktif-reaktif güç kayıpları ile bara gerilim-açı profillerine bağlı olarak değerlendirilmiştir. Yapılan değerlendirme sonucunda, sabit faz açısı değişimi için üç farklı kademe değiştirme oranı arasından 0.969 kademe değiştirme oranının, toplam aktif-reaktif güç kaybı bakımından minimum değerler sağladığı ve bara gerilim-açı profilleri bakımından daha fazla iyileştirme sağladığı görülmektedir.

Anahtar Kelimeler: Güç Akışı, Kademe Değiştirme Oranı, Kademe Değiştirici Transformatör, Aktif ve Reaktif Güç Kayıpları.

1. GİRİŞ

Son yıllarda, teknoloji ve endüstrideki yenilikçi yaklaşımlara bağlı olarak artan küresel enerji talebi, enerji rezervlerinin azalmasına ilişkin endişeleri beraberinde getirmiştir. Bu durum, araştırmacıların elektrik güç sistemlerinin planlanmasına yönelik ilgisinin artmasını sağlamıştır [1]. Artan elektriksel güç talebi, ani yük değişimlerine bağlı olarak iletim hatlarında arıza durumlarına veya senkron generatörlerde mekanik problemlere yol açabilir. Bundan dolayı, sistem güvenliğinin sağlanması amacıyla çalışma koşullarının önceden belirlenmesine yönelik planlamalar yapılmalıdır. Güç akışı analizi, bu duruma yönelik planlamaların başında gelmektedir. Güç akışı analizi sayesinde kararlı durum için sistemde yer alan baralara ait gerilim büyüklüğü ve faz açısı gibi değerler elde edilebilir. Ayrıca, aktif güç ve reaktif güç kayıpları da güç akışı analizi aracılığıyla hesaplanmaktadır [2]. Newton-Raphson (NR) yöntemi, uzun yıllardır popülerliğini sürdüren matematiksel bir yöntem olup, güç akışı analizi probleminin çözümü için kullanılmaktadır [3]. Örneğin, [4]'te yer alan çalışmada, NR'nin klasik ve geliştirilmiş versiyonları farklı test sistemleri için karşılaştırılmıştır. [5]'te yer alan çalışmada ise, IEEE 30-baralı güç sisteminde gerçekleştirilen güç akışı analizi probleminin çözümünde NR yöntemi bir başka matematiksel yöntem olan Gauss-Seidel (GS) yöntemi ile karşılaştırılmıştır. Buna ek olarak, [6]'da yer alan çalışmada, NR yöntemi IEEE'nin çeşitli test sistemleri için GS ve Fast Decoupled (FD) yöntemleri ile hesaplama süreleri ve yakınsama eğrileri dikkate alınarak karşılaştırılmıştır. [7]'de yer alan çalışmada ise kutupsal-akım ve kartezyen-akım uyumsuzluğu olarak isimlendirilen iki yeni NR versiyonu, mevcut olan NR yöntemleriyle iletim ve dağıtım hatlarında yakınsama davranışları açısından karşılaştırılmıştır. [8]'de yer alan çalışmada, güç akışını çözmek için sabit kondüktans ve süseptans matrislerine dayalı iki yeni NR yöntemi tanıtılmış ve klasik güç akışı yöntemleri ile yakınsama özellikleri ve iterasyonlara bağlı karşılaştırmalar yapılmıştır. [9]'da sunulan çalışmada, bir dizi diferansiyel denklemle ifade edilen güç akışı probleminin çözümünde sürekli NR yöntemi önerilmiştir. [10]'da yer alan çalışmada, 4 baralı bir güç sisteminde gerçekleştirilen güç akışı analizi için GS ve NR yöntemleri karşılaştırılmıştır. Çalışmada elde edilen sonuçlara göre, bara sayısındaki artışla birlikte Jakobiyen matrisinde artan karmaşıklıktan dolayı NR yönteminin etkinliği daha belirgin bir şekilde ortaya çıkmıştır.

Yapılan bu çalışmada, literatürde mevcut olan çalışmalardan farklı olarak, transformatörlerdeki kademe değiştirme oranlarının güç akışı ve kayıplar üzerindeki etkisi PSAT kullanılarak, IEEE 14-baralı güç sisteminde incelenmiştir. Gerçekleştirilen analizde, 4-9 numaralı baralar arasında yer alan transformatörün sabit faz açısı değerine göre üç farklı kademe değiştirme oranı için elde edilen sonuçlar aktif-reaktif güç kayıpları ve bara gerilim-açı profilleri dikkate alınarak analiz edilmiştir. Buna göre, çalışmanın devamı şu şekilde ilerlemektedir: Bölüm 2'de güç akışı analizi ve problemin çözümünde kullanılan NR yöntemi tanıtılmış ve Bölüm 3'te kademe değiştirici transformatörle ilgili bilgiler sunulmuştur. Bölüm 4'te benzetim çalışmasına yer verilirken, Bölüm 5 ise çalışmanın sonuç kısmından oluşmaktadır.

2. GÜÇ AKIŞI VE NEWTON-RAPHSON YÖNTEMİ

Güç akışı analizinde sürekli durum koşulları için NR yöntemi kullanılarak sistemde yer alan baralara ait gerilim büyüklüğü, faz açısı, aktif- reaktif güç kayıpları hesaplanır. Herhangi bir güç sisteminde yer alan i barası için akım ile aktif-reaktif güç arasındaki ilişki aşağıda yer alan denklemlerde verildiği gibidir:

$$I_i = V_i \sum_{j=0}^n y_{ij} - V_j \sum_{j=1}^n y_{ij} \quad (1)$$

$$P_i + jQ_i = VI_i^* \quad (2)$$

Denklem (1)'de ve Denklem (2)'de verilen I_i ve I_i^* akım ifadeleri olup, bu iki denklemde yer alan akım ifadeleri birbirine eşitlendiğinde, Denklem (3) elde edilir:

$$\frac{P_i - jQ_i}{V_i^*} = V_i \sum_{j=0}^n y_{ij} - V_j \sum_{j=1}^n y_{ij} \quad (3)$$

Yukarıdaki denklemlerde yer alan P_i ve Q_i , i barasına ait aktif ve reaktif gücü belirtir. Ayrıca, V_i ve V_i^* ise i barasının gerilim değerini ve bu gerilim değerinin eşleniğini göstermektedir. V_j ifadesi j barasının gerilim değerini belirtirken; y_{ij} ise i - j baraları arasındaki admitans değerini ifade eder. Yük akışının sonunda elde edilen ve sırasıyla P_{pf} ve Q_{pf} olarak ifade edilen aktif ve reaktif güç değerleri aşağıda yer alan denklemlere göre hesaplanır:

$$P_{pf} = V_i \sum_{j=0}^{NB} V_j (G_{ij} \cos \delta_{ij} + B_{ij} \sin \delta_{ij}) \quad (4)$$

$$Q_{pf} = V_i \sum_{j=0}^{NB} V_j (G_{ij} \sin \delta_{ij} - B_{ij} \cos \delta_{ij}) \quad (5)$$

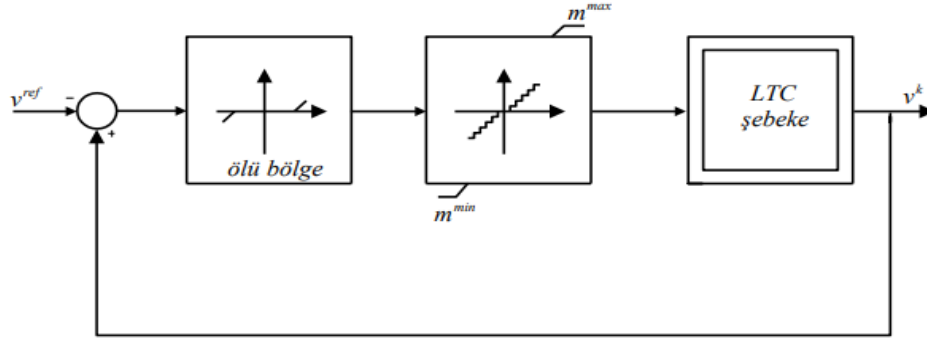
Yukarıda yer alan aktif ve reaktif güç denklemlerinde yer alan G_{ij} , B_{ij} ve δ_{ij} sırasıyla i - j baraları arasındaki kondüktans, süseptans ve açı değerlerini ifade etmektedir. Üretilen ve talep edilen aktif güç ve reaktif güç arasındaki denge aşağıda yer alan eşitliklere göre incelenir:

$$\begin{aligned} P_s &= P_g - P_d \\ Q_s &= Q_g - Q_d \end{aligned} \quad (6)$$

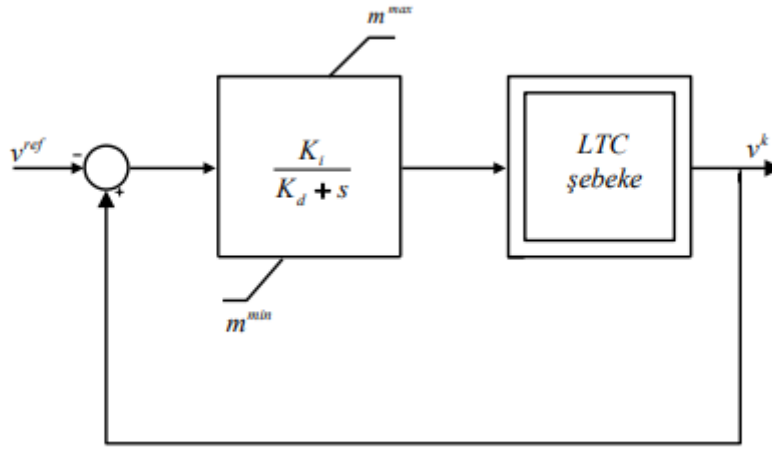
Bu hesaplamalarla birlikte, NR yöntemi ile iterasyonlar sonunda bir Jakobiyen matrisi oluşturulur ve bu matris aracılığıyla aktif-reaktif güç, gerilim ve açı değerleri elde edilir [11].

3. KADEME DEĞİŞTİRİCİ TRANSFORMATÖRLER

Bir elektrik güç sisteminde Kademe Değiştirici Transformatörlerin (KDT) kullanılmasındaki temel amaç, kademe oranının değiştirilerek gerilim veya reaktif güç kontrolünün sağlanmasıdır. Bu transformatörler, Görsel 1 ve Görsel 2'de verildiği gibi, ayrık model ve sürekli model olmak üzere iki çeşittir. Ayrık model KDT'lerde kademe adımı oranı, maksimum ve minimum kademe değiştirme oranı arasında sabit bir adım ile değişebilen ayrık bir değişken olarak modellenir. Sürekli model KDT'lerde ise kademe oranı adımının küçük bir değer olduğu varsayılır ve kademe oranı sürekli olarak değiştirilerek istenilen çözüme yakınsama gerçekleştirilir [12].



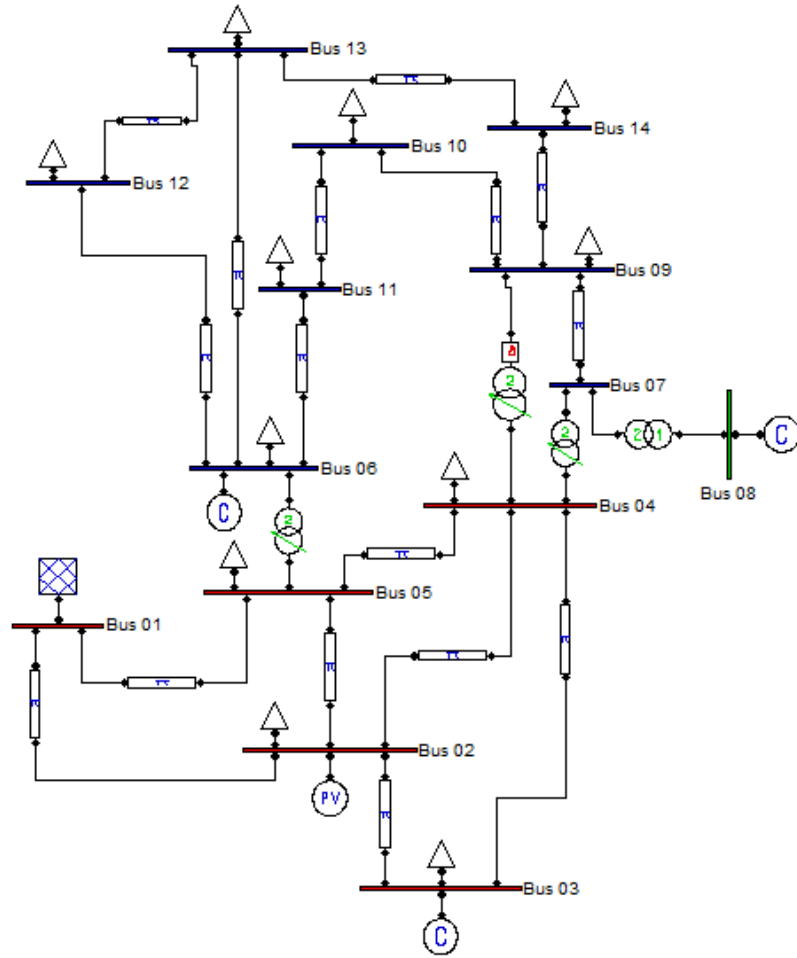
Görsel 1. Ayırık Model KDT



Görsel 2. Sürekli Model KDT

4. BENZETİM ÇALIŞMASI

Benzetim çalışması, PSAT kullanılarak IEEE 14-baralı güç sisteminde gerçekleştirilmiştir [13]. Bu test sisteminde salınım barası 1 numaralı baradır. Sistemde, generatör olarak kabul edilen baralar 2,3,6 ve 8 numaralı baralardır. Bu beş adet bara dışında kalan baralar ise yük barasıdır. IEEE 14-baralı sistemde, üç adet transformatör mevcut olup, bu transformatörler 5-6, 7-8 ve 4-9 numaralı baralar arasındaki iletim hatlarında yer almaktadır. Bu transformatörler arasından 4-9 numaralı baralara bağlı iletim hattında yer alan transformatörde ise kademe değiştirici bulunmaktadır. Çalışmada, 4-9 numaralı baralar arasındaki iletim hattında yer alan transformatörde farklı kademe değiştirme oranları için güç akışı analizi gerçekleştirilmiş ve sonuçlar aktif-reaktif güç kayıpları ve bara gerilim-açı profilleri açısından değerlendirilmiştir.



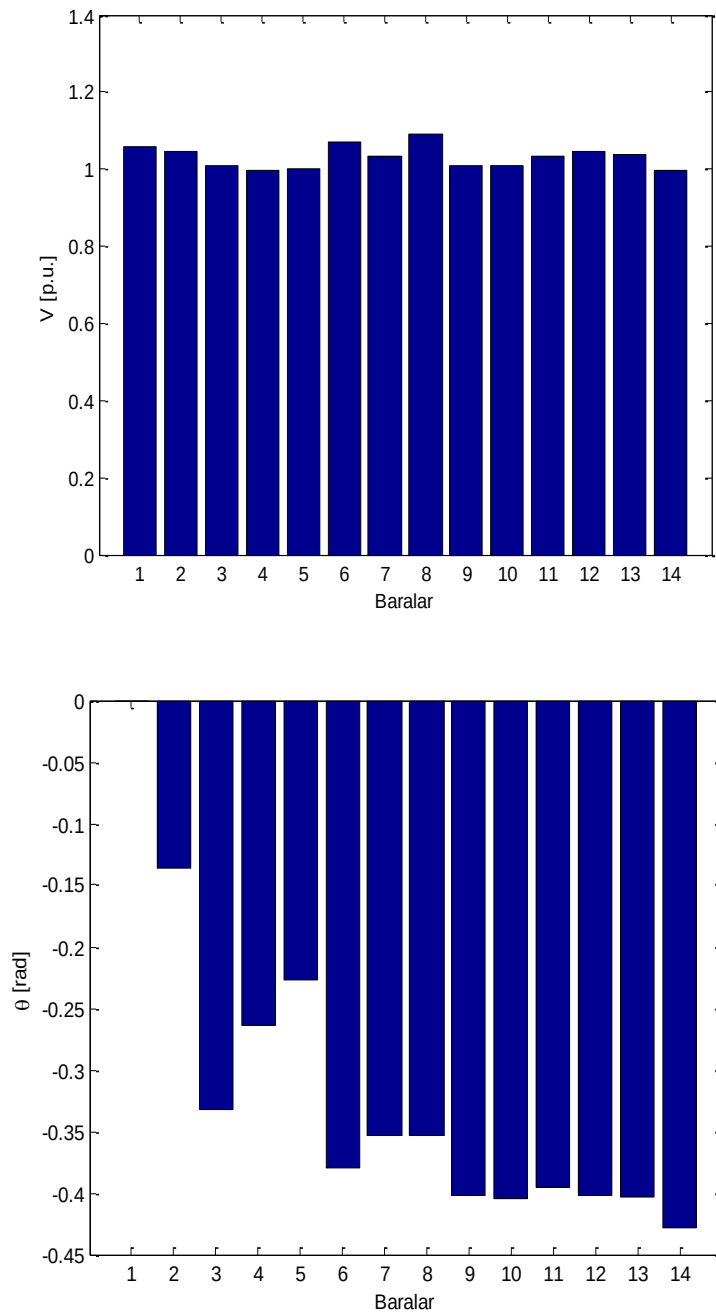
Görsel 3. IEEE 14-Baralı Güç Sistemi.

5.1. Benzetim Çalışması Sonuçları

Benzetim çalışmasının ilk aşamasında, 4-9 numaralı baralar arasında yer alan kademe değiştirici transformatörde kademe değiştirme oranının 0.969 olduğu durum incelenmiştir. Çalışmada, transformatördeki faz açısı değişimi 5 derece olarak kabul edilmiştir. Güç akışı analizi sonucunda üretilen ve yük tarafından tüketilen aktif ve reaktif güç değerleri ile kayıplar Çizelge 1’de gösterilmiştir. Birinci analiz için elde edilen sonuçlar aktif güç kaybının **0.29452 p.u** ve reaktif güç kaybının **0.91576 p.u** olduğunu göstermektedir. Ayrıca yine bu analiz için elde edilen bara gerilim ve açı profilleri Görsel 4’te sunulmuştur.

Çizelge 1. Kademe Değiştirme Oranının 0.969 Olduğu Durumda Aktif ve Reaktif Güç Değerleri.

	Üretilen Toplam Güç	Tüketilen Toplam Güç	Toplam Kayıp Güç
Aktif Güç [p.u.]	3.9205	3.626	0.29452
Reaktif Güç [p.u.]	2.0554	1.1396	0.91576

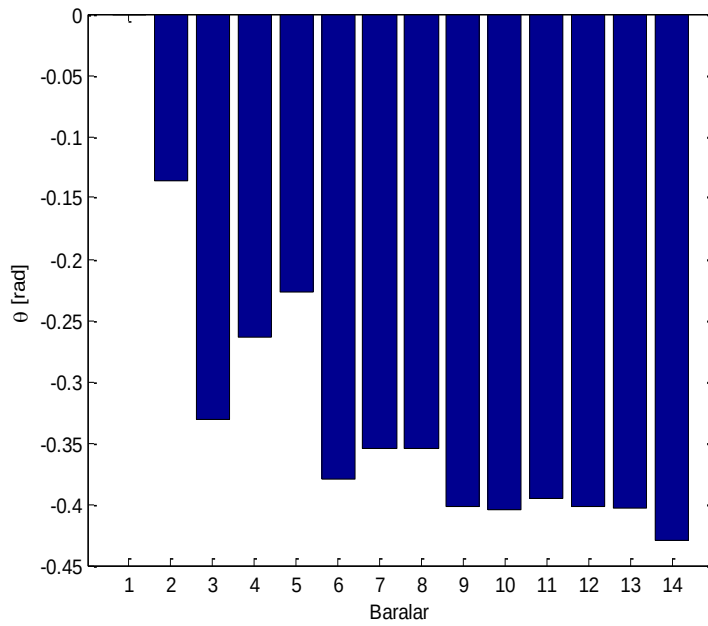
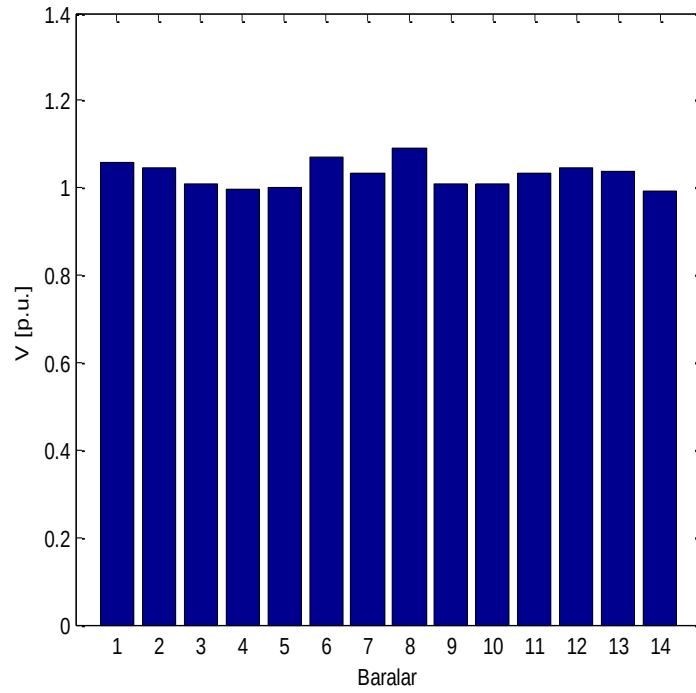


Görsel 4. 0.969 Kademe Değiştirme Oranında Bara Gerilim ve Açı Profilleri.

İkinci analizde ise yine aynı baralar arasında yer alan kademe değiştirici transformatörde kademe değiştirme oranının 0.984 olduğu durum test edilmiştir. Bir önceki analizde olduğu gibi transformatördeki faz açısı değişimi 5 derece olarak kabul edilmiştir. Çizelge 2’de yer alan üretilen, tüketilen ve toplam aktif-reaktif güç kayıpları incelendiğinde, aktif ve reaktif güç kaybı değerlerinin sırasıyla **0.29476 p.u** ve **0.91728 p.u** olduğu görülmektedir. Elde edilen bu iki kayıp değeri incelendiğinde, bir önceki analize kıyasla aktif ve reaktif güç kayıplarının arttığı görülmektedir. Ayrıca ikinci analiz sonucunda elde edilen bara gerilim ve açı profilleri Görsel 5’te sunulmuştur.

Çizelge 2. Kademe Değişirme Oranının 0.984 Olduğu Durumda Aktif ve Reaktif Güç Değerleri.

	Üretilen Toplam Güç	Tüketilen Toplam Güç	Toplam Kayıp Güç
Aktif Güç [p.u.]	3.9208	3.626	0.29476
Reaktif Güç [p.u.]	2.0569	1.1396	0.91728

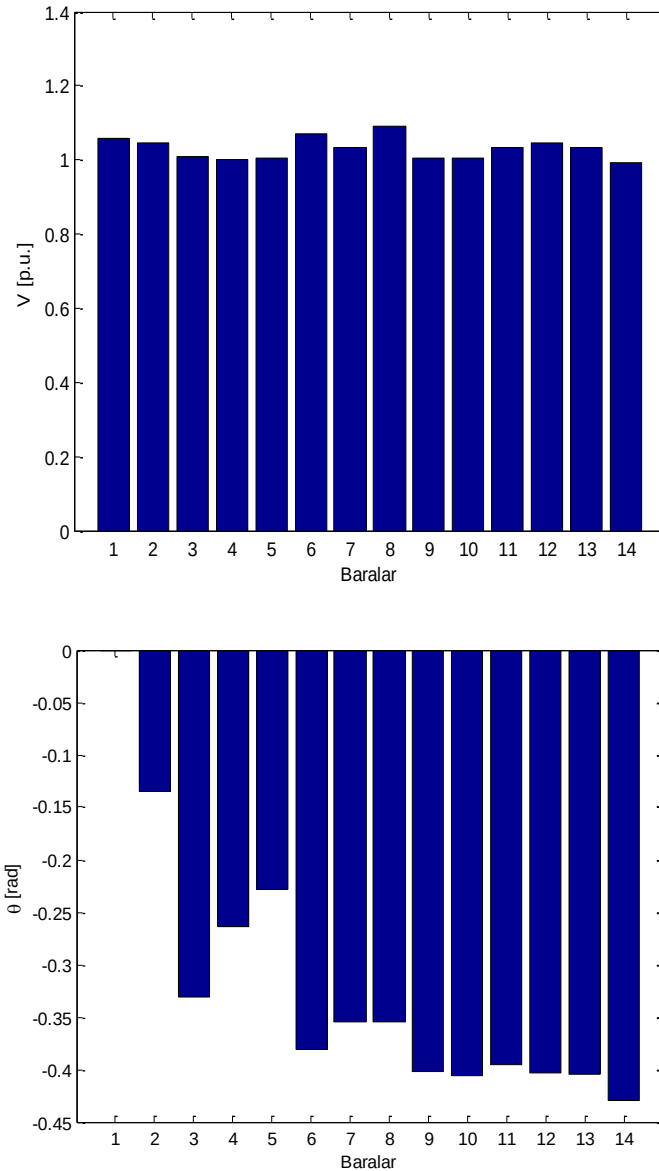


Görsel 5. 0.984 Kademe Değişirme Oranında Bara Gerilim ve Aç Profilleri.

Benzetim çalışmasının üçüncü analizinde, kademe değiştirme oranının 0.99 olduğu durum ele alınmıştır. Test çalışmasının bu aşamasında da önceki iki analizde olduğu gibi transformatörün faz açısı değişiminin 5 derece olduğu varsayılmıştır. Çizelge 3'te sunulan sonuçlar incelendiğinde, toplam aktif güç kaybının **0.29503 p.u.** ve toplam reaktif güç kaybının **0.9195 p.u.** olarak elde edildiği görülmektedir. Bu sonuçlar, toplam aktif güç ve reaktif güç kaybında önceki iki analize kıyasla artış olduğunu göstermektedir. Buna ek olarak, üçüncü analiz için elde edilen bara gerilim ve açı profillerindeki değişim de Görsel 6'da sunulmuştur.

Çizelge 3. Kademe Değiştirme Oranının 0.99 Olduğu Durumda Aktif ve Reaktif Güç Değerleri.

	Üretilen Toplam Güç	Tüketilen Toplam Güç	Toplam Kayıp Güç
Aktif Güç [p.u.]	3.921	3.626	0.29503
Reaktif Güç [p.u.]	2.0591	1.1396	0.9195



Görsel 6. 0.99 Kademe Değiştirme Oranında Bara Gerilim ve Açı Profilleri.

6. SONUÇLAR

Bu çalışmada, IEEE 14-baralı bir güç sisteminde 4-9 numaralı baralara bağlı iletim hattında yer alan kademe değiştirici transformatörün üç farklı kademe değiştirme oranı için güç akışı analizi PSAT programı aracılığıyla gerçekleştirilmiştir. Elde edilen sonuçlar, aktif-reaktif güç kayıpları ve bara gerilim-açı profilleri bakımından değerlendirilmiştir. Benzetim çalışmasında, transformatörün 5 derecelik sabit faz açısı değeri için kademe değiştirme oranının sırasıyla 0,969; 0,984 ve 0,99 olarak kabul edildiği üç farklı analiz gerçekleştirilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre, transformatörün kademe değiştirme oranının 0,969 olarak belirlendiği durumda aktif güç ve reaktif güç kayıpları minimum değerde olmuş ve bara gerilim ile açı profilleri bakımından en etkili iyileştirmenin sağlandığı gözlemlenmiştir. Kademe değiştirme oranının 0,984 olarak belirlendiği ikinci analizde aktif güç ve reaktif güç kayıplarında artış yaşandığı görülmüştür. Bara gerilim ve açı profilleri bakımından da birinci analize kıyasla daha düşük iyileştirme sağlanmıştır. Üç analiz arasından kayıplar ve bara profilleri açısından en az iyileştirme ise kademe değiştirme oranının 0,99 olduğu durum için elde edilmiştir. Yapılan bu çalışma ile, FACTS cihazlarının dahil edildiği farklı test sistemleri için gerçekleştirilmesi muhtemel analizlere zemin hazırlanması amaçlanmıştır.

KAYNAKÇA

- [1] Mobarakeh, A. I., Sadeghi, R., Esfahani, H. S., & Delshad, M. (2023). Optimal planning and operation of energy hub by considering demand response algorithms and uncertainties based on problem-solving approach in discrete and continuous space. *Electric Power Systems Research*, 214, 108859.
- [2] Glover, J. D., Sarma, M. S., Overbye, T. *Power system analysis & design, SI version*. Cengage Learning, Boston, 2012.
- [3] da Costa, V. M., Martins, N., Pereira, J. L. R. Developments in the Newton Raphson power flow formulation based on current injections. *IEEE Transactions on power systems*, 14, 4, 1320-1326, 1999.
- [4] Seng, C. K., Tien, T. L., Nanda, J., Masri, S. Load flow analysis using improved Newton-Raphson method. *Applied Mechanics and Materials* 793, 494-499, 2015.
- [5] Tanti, D. K., Dharamjit, K. Load flow analysis on IEEE 30 bus system. *International journal of scientific and research publications*, 2, 11, 1-6, 2012.
- [6] Afolabi, O. A., Ali, W. H., Cofie, P., Fuller, J., Obiomon, P., Kolawole, E. S. Analysis of the load flow problem in power system planning studies. *Energy and Power Engineering*, 7, 10, 509, 2015.
- [7] Sereeter, B., Vuik, C., & Witteveen, C. (2019). On a comparison of Newton–Raphson solvers for power flow problems. *Journal of Computational and Applied Mathematics*, 360, 157-169.

- [8] de Moura, A. P., & de Moura, A. A. F. (2013). Newton–Raphson power flow with constant matrices: a comparison with decoupled power flow methods. *International Journal of Electrical Power & Energy Systems*, 46, 108-114.
- [9] Milano, F. (2008). Continuous Newton's method for power flow analysis. *IEEE transactions on power systems*, 24(1), 50-57.
- [10] Saadat, H., *Power system analysis*. New York: McGraw-Hill, 1999.
- [11] Döşoğlu, K., Doğan, M. U. Gerilim-Reaktif Güç Kontrol Modelli Kademe Değiştirici Transformatörün Gerilim Kararlılığı Üzerindeki Etkisi. *Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 7, 3, 1378-1393, 2019.
- [12] Milano, F., An open source power system analysis toolbox. *IEEE Transactions on Power Systems*, 20,3, 1199-1206, 2005.

ÇBAG TABANLI RÜZGAR TÜRBİNİNDE MAKSİMUM GÜÇ NOKTASI TAKİBİ MODELLEMESİNİN GELİŞTİRİLMESİ

Muhammed ÖZDEMİR

Düzce Üniversitesi, 0009-0007-8437-6679

Doç. Dr. M. Kenan DÖŞOĞLU

Düzce Üniversitesi, 0000-0001-8804-7070

Dr. Öğr. Üyesi Mustafa DURSUN

Düzce Üniversitesi, 0000-0001-9952-9358

ÖZET

Son yıllarda yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı giderek artmaktadır. Yenilenebilir enerji kaynaklarından rüzgâr enerjisi teknolojisi enerji talebinin karşılanması ve güç sistemlerinin çalışma koşullarını iyileştirmesi açısından kullanımı popüler olmaktadır. Rüzgâr türbinlerinde elektrik enerjisini üretmek için güç ve moment kontrolü diğer generatörlere göre daha iyi olan Çift Beslemeli Asenkron Generatör (ÇBAG) kullanılmaktadır. Şebekeye bağlı rüzgâr türbinlerinde rüzgâr hızından maksimum verim almak için ÇBAG’da çeşitli modeller geliştirilmektedir. Bunlardan en önemli olanlarından birisi de farklı çalışma koşulları altında tasarlanan maksimum güç noktası takibi modelidir. Yapılan bu çalışmada şebeke bağlı olarak çalışan ÇBAG tabanlı rüzgâr türbinlerinde maksimum güç noktası takibi modeli geliştirilmesi amaçlanmıştır. Bu çalışmada gerçekleştirilen analizler MATLAB/SIMULINK ortamında yapılmıştır. Yapılan çalışmada rüzgâr hızı sabit olarak alınırken, hız referansı değişken olarak alınmıştır. Rüzgâr hızı ÇBAG’da 8 m/s olarak kabul edilmiştir. Hız referansları 90, 153 ve 297 rad/sn. olarak alınmıştır. Çalışma iki aşamalı olarak oluşturulmuştur. Bu aşamalarda karşılaştırmalar Oransal Integral (PI) denetleyici ve maksimum güç noktası takibi modeli üzerinden yapılmıştır. ÇBAG tabanlı rüzgâr türbininde arka arkaya bağlı evirici devreleri bulunmaktadır. İlk adım olarak hem rotor tarafındaki evirici hem de şebeke tarafındaki evirici devresinde PI denetleyici modelleri adapte edilmiştir. İkinci adımda maksimum güç noktası takibi modeli rotor tarafındaki evirici devresinde tasarlanmıştır. Rotor tarafındaki evirici devresi ÇBAG’da üretilen gücü kontrol etmektedir. Şebeke tarafındaki evirici devresi DC link gerilimini kontrol etmektedir. Maksimum güç noktası takibi modelinde ise referans değere karşılık bir moment üretilmektedir. Bu üretilen moment rotor tarafındaki evirici devresine uygulanmıştır. Yapılan çalışma sonucunda maksimum güç noktası takibi modelinin klasik olarak kullanılan PI denetleyiciye göre daha iyi sonuçlar verdiği görülmüştür.

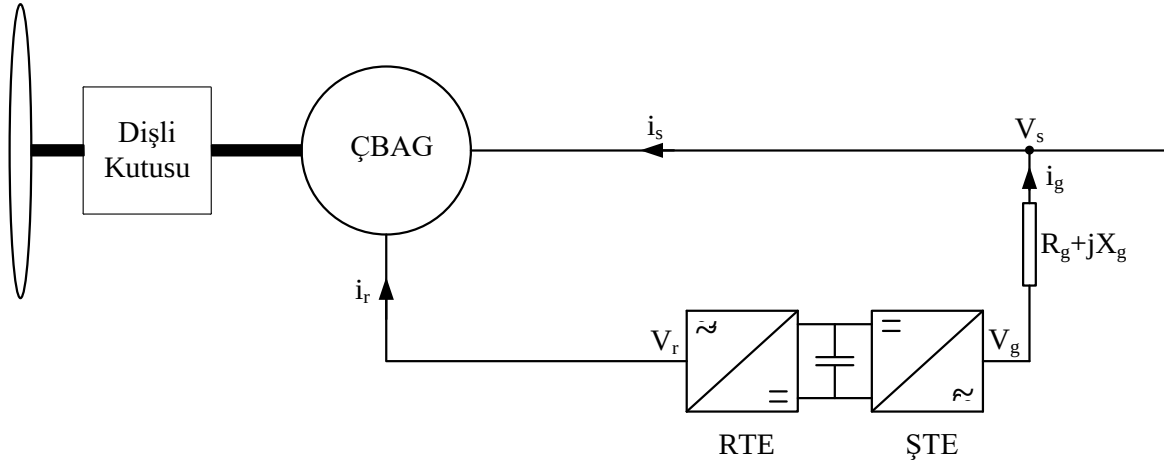
Anahtar Kelimeler: ÇBAG, maksimum güç noktası takibi modeli, PI denetleyici, rotor tarafındaki evirici, şebeke tarafındaki evirici

1. GİRİŞ

Son yıllarda üretim maliyetleri, elektronik teknolojilerindeki gelişmeler, sera gazı emisyonları ve hava kirliliği gibi çevresel sorunlar tüm dünyada giderek artmaktadır. Bundan dolayı rüzgar enerjisi dönüşüm sistemlerinin kullanımı yaygınlaşmaya başlamıştır. Rüzgar enerji dönüşümünde elektrik enerjisi elde etmek için çeşitli senkron ve asenkron generatörler kullanılmaktadır. Bunların içerisinde en yaygın olan kullanılan moment ve aktif güç kontrolü diğerlerine göre üstün olan Çift Beslemeli Asenkron Generatörler (ÇBAG)'dür. ÇBAG tabanlı rüzgar türbinlerinde elde edilen enerjinin verimli bir şekilde kullanılmasında literatürde farklı yaklaşımlar sunulmuştur. ÇBAG'de enerji verimliliğini arttırmak için kullanılan yöntemlerden bir tanesi pürüzsüz çıkış gücü elde etmektir. Değişken rüzgar hızında pürüzsüz güç elde etmede rotor eylemsizliği, frekans değişimleri ve enerji yönetimi için gelişmiş modeller önerilmektedir [1-3]. Bunun yanı sıra ÇBAG'da pürüzsüz çıkış gücü elde etmede kullanılan yöntemlerden birisi de enerji depolama sistemidir. Süperkapasitör, batarya ve flywheel gibi enerji depolama sistemi elemanları ÇBAG'de yüksek verimlilik amacıyla kullanılmaktadır [4-6]. ÇBAG'de enerji verimliliğini arttırmak amacıyla arka arkaya bağlı evirici devresinin kontrolünün sağlanması gerekmektedir. Şebeke tarafındaki evirici ve rotor tarafındaki evirici devrelerinde geliştirilen modeller sunulmaktadır. Bu modeller sayesinde ÇBAG'de etkili bir çıkış gücü profilleri değişken rüzgar hızlarında elde edilebilmektedir [7,8]. ÇBAG'da etkin olarak kullanılabilen bir diğer yaklaşım ise optimum parametre seçilmesidir. Maksimum ve pürüzsüz bir çıkış gücü elde etmek için çalışma koşullarına bağlı olarak parametre değerleri optimize edilmektedir. Geleneksel olarak kullanılan yöntemde bulunan parametrelere göre uygun olarak optimize edilen değerler ile ÇBAG çıkış güç çıkarımında etkili sonuçlar elde edilmektedir [9,10]. ÇBAG rüzgar türbini değişken rüzgar hızı altında çalışmaktadır. Pürüzsüz güç elde etme ve verimliliğin hızlı bir şekilde elde edilmesinde kayan kip kontrolü ve geri adım atma modelleri yaygın bir şekilde ÇBAG tabanlı rüzgar türbinlerinde kullanılmaktadır [11,12]. ÇBAG'da yüksek verimlilik ve pürüzsüz bir çıkış gücü elde etmek amacıyla maksimum güç noktası takibi modeli kullanılmaktadır. Bu model ile ÇBAG daha etkili bir şekilde kullanılmaktadır. Yapılan bu çalışmada maksimum güç noktası takibi modeli ile ÇBAG tabanlı rüzgar türbininde analizler gerçekleştirilmiştir. Sabit rüzgar hızı kullanılarak değişken hız referanslarında elde edilen sonuçlar değerlendirilmiştir. Geleneksel olarak kullanılan PI denetleyici ve maksimum güç noktası takibi modeli karşılaştırmaları yapılmıştır. Karşılaştırmalarda kullanılan parametreler detaylı bir şekilde yorumlanmıştır.

2. ÇİFT BESLEMELİ ASENKRON GENERATÖR (ÇBAG)

Rotorlu sargılı asenkron makine olarak da adlandırılan ÇBAG rüzgar enerjisi dönüşüm sistemlerinde megawatt seviyesinde güç üretiminde yaygın olarak kullanılmaktadır. ÇBAG tabanlı rüzgar türbini devre yapısı Görsel 1'de gösterilmektedir.



Görsel 1. ÇBAG devre yapısı

Görsel 1’de görüldüğü gibi ÇBAG dişli kutusu, generatör, Rotor Tarafındaki Evirici (RTE) ve Şebeke Tarafındaki Evirici (ŞTE) bölümlerinden oluşmaktadır. Bu sistemde stator sargıları doğrudan şebekeye bağlanırken, rotor sargıları da güç elektroniği eviricileri vasıtasıyla şebekeye bağlanır. Bu eviriciler çift yönlü akım akışına sahip darbe genişliği modülasyon anahtarlama iki gerilim kaynağı eviriciden oluşmaktadır. Üretilen gücün kontrolü RTE tarafından gerçekleştirilirken, DC bara gerilimi ŞTE ile sabit tutulmaktadır [13]. ÇBAG’de genratör iç tarafındaki yapılan hesaplamalarda p.u. kullanılmaktadır. ÇBAG’da p.u. hesaplamasının kullanım nedeni benzetim çalışmasının hızlı çalışması ve doğru sonuçlar vermesidir. ÇBAG’de gerilim ve akı hesaplamaları denklem 1 ile denklem 8 arasında gösterilmiştir.

$$v_{ds} = R_s i_{ds} + w_s \lambda_{qs} + \frac{d}{dt} \lambda_{ds} \quad (1)$$

$$v_{qs} = R_s i_{qs} - w_s \lambda_{ds} + \frac{d}{dt} \lambda_{qs} \quad (2)$$

$$v_{dr} = R_r i_{dr} - s w_s \lambda_{qr} + \frac{d}{dt} \lambda_{dr} \quad (3)$$

$$v_{qr} = R_r i_{qr} + s w_s \lambda_{dr} + \frac{d}{dt} \lambda_{qr} \quad (4)$$

$$\lambda_{ds} = (L_s + L_m) i_{ds} + L_m i_{dr} \quad (5)$$

$$\lambda_{qs} = (L_s + L_m) i_{qs} + L_m i_{qr} \quad (6)$$

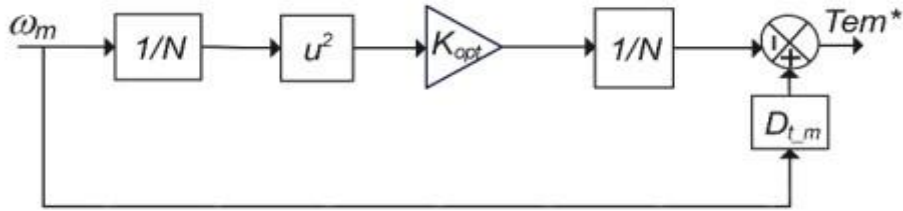
$$\lambda_{dr} = (L_r + L_m) i_{dr} + L_m i_{ds} \quad (7)$$

$$\lambda_{qr} = (L_r + L_m)i_{qr} + L_m i_{qs} \quad (8)$$

Bu denklemlerde; v_{ds} , v_{dr} , v_{qs} , v_{qr} , d-q stator ve rotor gerilimleri, i_{ds} , i_{dr} , i_{qs} , i_{qr} , d-q stator ve rotor akımları, λ_{ds} , λ_{dr} , λ_{qs} , λ_{qr} , d-q stator ve rotor kaçak akıları, w_s açısal hız, s kayma, R_s ve R_r , d-q stator ve rotor dirençleri, L_s and L_r , d-q stator ve rotor endüktansları, L_m , manyetik endüktansdır [14].

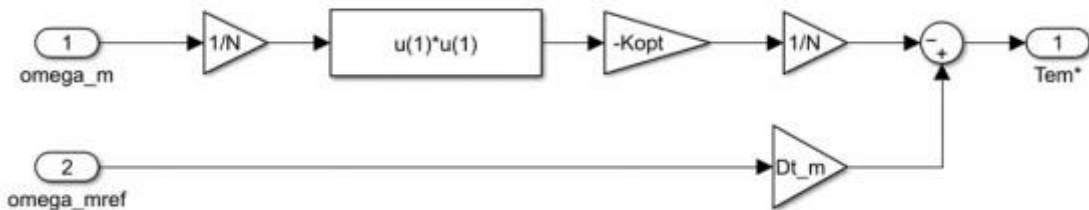
2.1 Maksimum Güç Noktası Takibi Modelinin Geliştirilmesi

ÇBAG'da kullanılan sistemin tepki süresi, kararlılığı ve dayanıklılığı çok önemlidir. Değişken rüzgar hızlarında, ÇBAG tabanlı rüzgar türbinin bu değişime tepki süresinin hızlı olması amaçlanmaktadır. RTE kontrolünün performansını artırmak için, PI denetleyicisine ek olarak maksimum güç noktası takibi modeli de RTE'ye eklenmektedir. Referans tork değeri görsel 2'de gösterilen maksimum güç noktası takibi modeli bloğu kullanılarak üretilmiştir. Maksimum güç noktası takibi modeli ile referans tork hesaplanarak daha uygun sonuçlar elde edilmesi bu çalışma için amaçlanmıştır. RTE'ye uygulanan maksimum güç noktası takibi modeli ile önerilen PI denetleyicisi Görsel 2'de gösterilmiştir.



Görsel 2. RTE devresine uygulanan maksimum güç noktası takibi modeli

ÇBAG'da RTE devresinde maksimum güç noktası takibi modelinin geliştirilmesinin temel amacı PI ile karşılaştırıldığında daha doğru bir referans tork üreterek ÇBAG tabanlı rüzgar türbinlerinde tepki süresini, elektromanyetik torku, üretilen güç eğrisi ile uyumluluğunu ve şebeke akımını iyileştirmektir. Maksimum güç noktası takibi modeli ile ÇBAG'nin açısal hız ve referans açısal hız değerleri kullanılarak referans tork değeri üretilmektedir. Matlab/Simulink ortamında tasarlanan maksimum güç noktası takibi modeli bloğu Görsel 2'de gösterilmiştir.

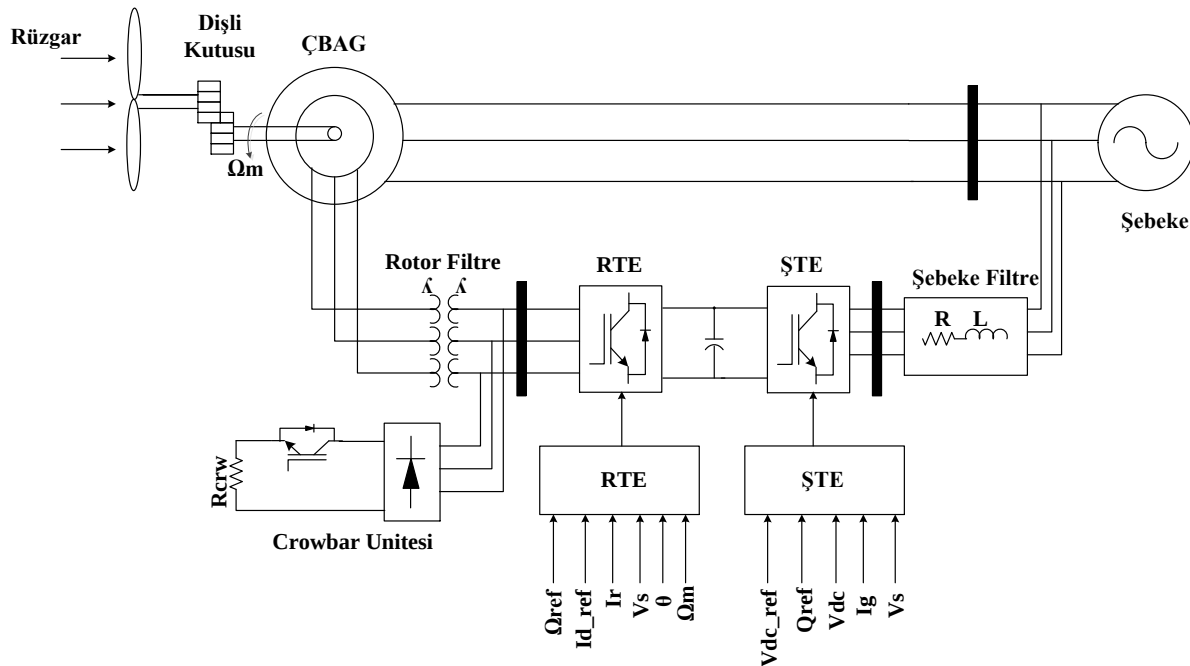


Görsel 3. Matlab/Simulink ortamında tasarlanan maksimum güç noktası takibi

Burada, Dt_m sönümlleme katsayısı, N dişli kutusu oranı ve K_{opt} optimizasyon sabitidir.

3. BENZETİM ÇALIŞMASI

Yapılan benzetim çalışmasında rüzgar türbinlerinde yaygın olarak kullanılan ÇBAG'ün stator geriliminin şebeke gerilimi ile senkronizasyonu MATLAB&Simulink programı yardımıyla gerçekleştirilmiştir. Benzetim Çalışması modeli Görsel 4'de gösterilmiştir.



Görsel 4. Benzetim Çalışması modeli

Bu çalışmada ÇBAG tabanlı rüzgar türbinindeki parametre değerleri aşağıdaki Çizelge 1’de gösterildiği gibi kullanılmıştır. Sistemde yapılan analiz iki aşamalı gerçekleştirilmiştir. Birinci aşamada klasik PI kullanılması ile analizler yapılmıştır. İkinci aşamada maksimum güç noktası takibi modelinin geliştirilmesi ile sonuçlar elde edilmiştir. Sistemde harmonik oluşumlarını engellemek için rotor ve şebeke tarafında filtreler kullanılmıştır.

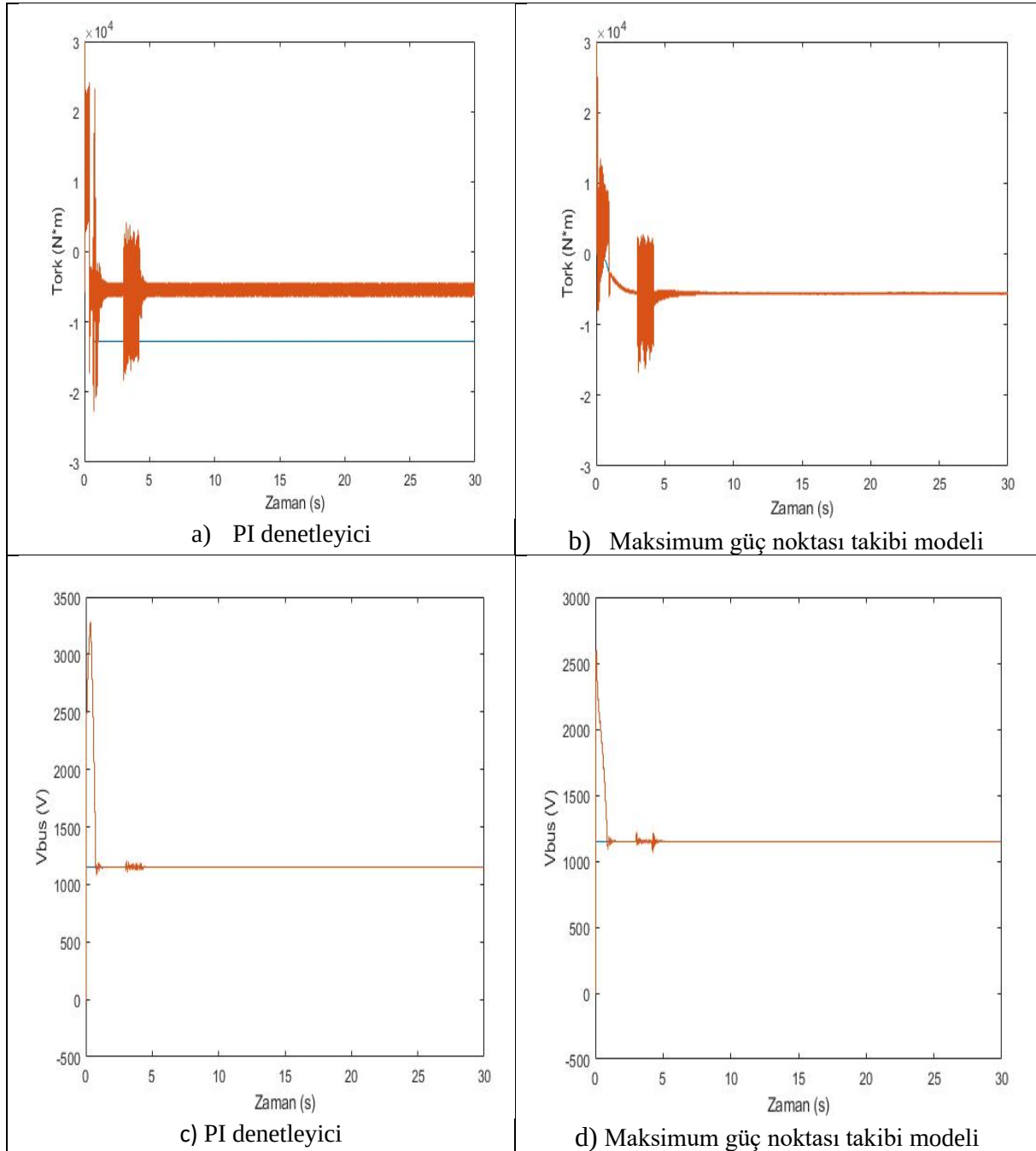
Gerçekleştirilen benzetim çalışmasında ÇBAG'ün gücü 2 MW'tır. ÇBAG çıkış gerilimi 690 V'tır. ÇBAG tabanlı rüzgar türbini çıkışında 690V/230V yıldız-yıldız bağlı transformatör kullanılmıştır.

Çizelge 1. ÇBAG tabanlı rüzgar türbinindeki parametre değerleri

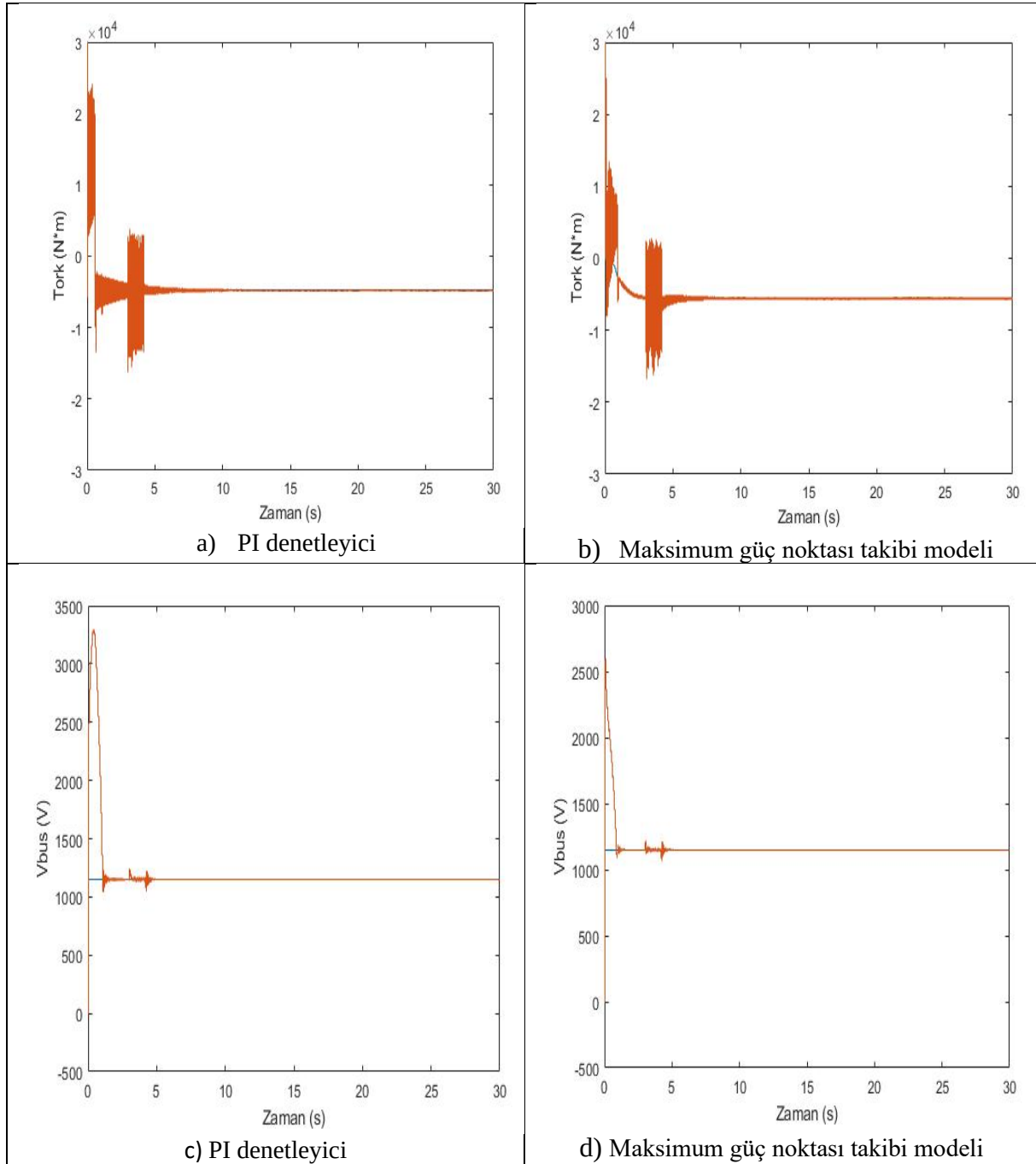
Parametreler	Değeri	Birimi
Nominal Güç	2.0	MW
Nominal Tork	12732	Nm
Stator Gerilimi	690	V
Nominal Hız	1500	Rpm
Stator Akımı	1760	A
Hız Aralığı	900-2000	Rpm
Kutup Çifti	2	-
Çevirme Oran (u)	1/3	-
Rotor Gerilimi	2070	V
smax	1/3	-
Rs	2.6	mΩ
Lsi	0.087	mH
Lm	2.5	mH
Ls	Lm+Lsi	mH
Lr	Lm+Lsi	mH
Rr	2.9	mΩ
Vbus	1150	V
Eylemsizlik Torku	127	Kg.m ²
Sürtünme Katsayısı	0.001	N.m.s
Anahtarlama Frekansı	4000	Hz
Örnekleme Zamanı	5	μs
Cbus	80	mF
Rg(Şebeke filtre direnci)	20	μΩ
Lg(Şebeke filtre indüktansı)	400	μH

4. BENZETİM ÇALIŞMASI SONUÇLARI

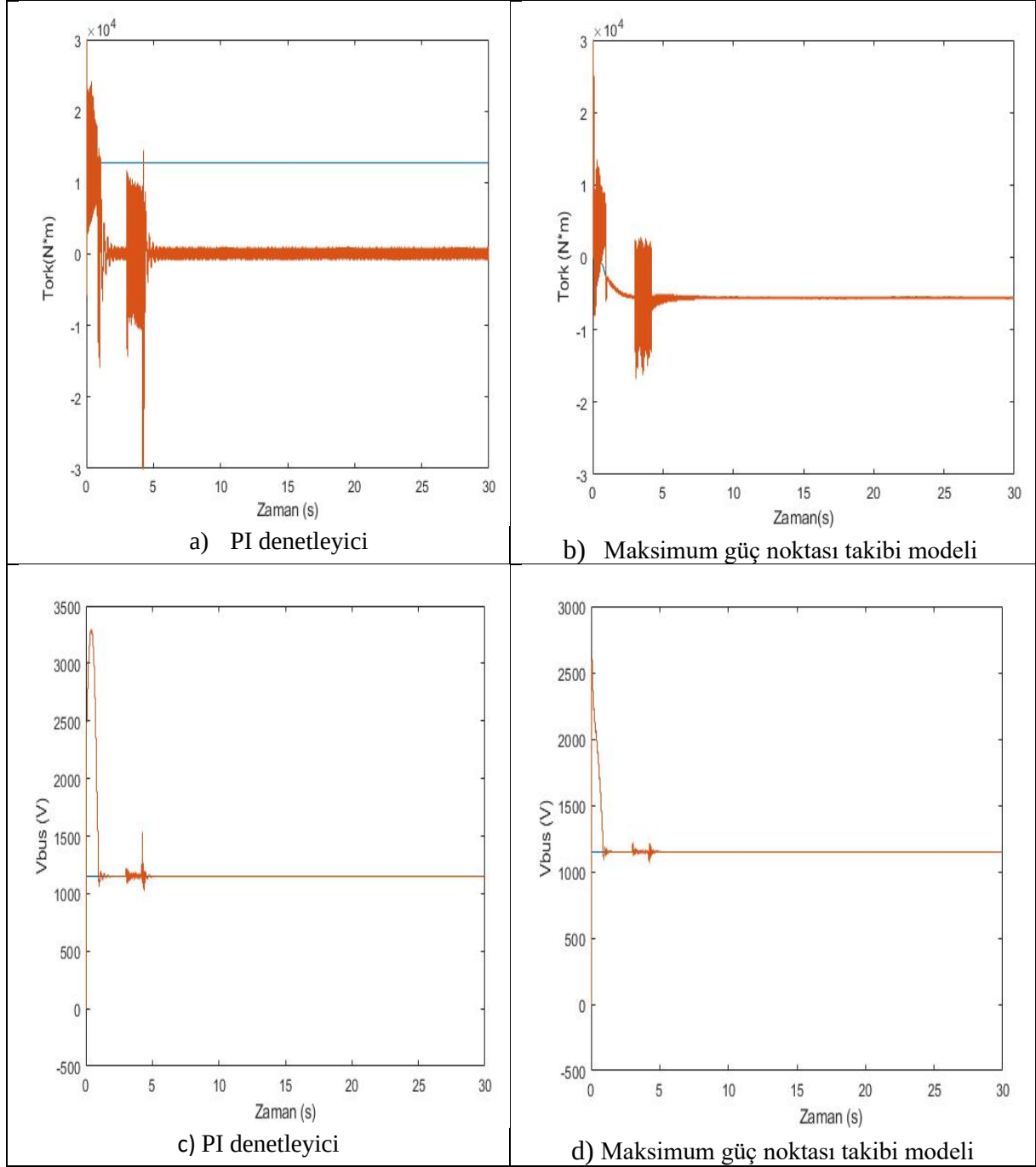
Bu benzetim çalışmasında ÇBAG’de geleneksel olarak kullanılan PI denetleyici ve geliştirilen maksimum güç noktası takibi modeli ile karşılaştırmalara yer verilmiştir. Rüzgar hızı 8 m/s olarak sabit kabul edilmiştir. Hız referansları için farklı değerler kullanılmıştır. Bu değerler 90, 153 ve 297 olarak belirlenmiştir. Rüzgar hızının 8 m/s olduğu durumlarda hız referans değerlerin 90, 153 ve 297 olduğu durumlarda tork ve DC link gerilimlerinde elde edilen sonuçlar Görsel 4 ile Görsel 6 arasında gösterilmiştir.



Görsel 4. Rüzgar hızının 8 m/s, hız referans değerlerinin 90 rad/s olduğu durumdaki elde edilen sonuçlar



Görsel 5. Rüzgâr hızının 8 m/s, hız referans değerlerinin 153 rad/s olduğu durumdaki elde edilen sonuçlar



Görsel 6. Rüzgar hızının 8 m/s, hız referans değerlerinin 297 rad/s olduğu durumdaki elde edilen sonuçlar

Benzetim çalışmasından elde edilen sonuçlarda rüzgar hızının 8m/s olduğu durumda açısal hızın 90 rad/s olarak belirlenmesinde hem klasik PI denetleyici hem de geliştirilen maksimum güç noktası takibi modelinin aşağı yukarı benzer sonuçlar verdiği görülmüştür. Rüzgar hızının 8 m/s’de sabit kalması ve açısal hızın 153 rad/s ile 297 rad/s olarak belirlenmesinde maksimum güç noktası takibi modelin klasik PI denetleyiciye göre daha iyi sonuçlar verdiği görülmüştür. Hem salınımların azalması hem de referansı takip etme açısından maksimum güç noktası takibi modelinin kullanılması ile etkili sonuçlar elde edilmiştir.

5. GENEL DEĞERLENDİRME VE SONUÇLAR

Bu çalışmada sabiti rüzgar hızı kullanılarak farklı açısal hız değişimlerinin ÇBAG tabanlı rüzgar türbinindeki analizleri gerçekleştirilmiştir. Rüzgar hızı 8 m/s’de sabit kalması ile beraber açısal hız değerleri bu çalışmada 90, 153 ve 297 rad/s olarak belirlenmiştir. Matlab/Simulink ortamında gerçekleştirilen çalışmada geleneksel olarak kullanılan PI denetleyici ile maksimum güç noktası takibi modelinin karşılaştırmaları yapılmıştır. Karşılaştırmalarda tork ve DC bara gerilim parametreleri ele alınmıştır. Rotor tarafındaki evirici devresinde geliştirilen maksimum güç noktası takibi modelin özellikle de açısal hızın 153 ve 297 rad/s kullanıldığı durumda referans takibini kısa süre içerisinde yakalamaktadır. Salınım açısında da maksimum güç noktası takibi modelin klasik PI denetleyiciye göre daha iyi sonuçlar verdiği bu çalışmada görülmüştür. Bu çalışma ile gelecekte geliştirilmesi için farklı maksimum güç noktası takibi modellere zemin hazırlamaktadır. Bunun yanı sıra maksimum güç noktası takibi modelde kullanılan parametrelerin daha iyi belirlenmesi için geliştirilen optimizasyon algoritmaların etkili bir şekilde kullanılabilmesine zemin hazırlamaktadır.

KAYNAKÇA

- [1] Luu, T., Abedini, A., & Nasiri, A. (2008, November). Power smoothing of doubly fed induction generator wind turbines. In *2008 34th Annual Conference of IEEE Industrial Electronics* (pp. 2365-2370). IEEE.
- [2] Ran, L., Bumby, J. R., & Tavner, P. J. (2004, September). Use of turbine inertia for power smoothing of wind turbines with a DFIG. In *2004 11th International Conference on Harmonics and Quality of Power (IEEE Cat. No. 04EX951)* (pp. 106-111). IEEE.
- [3] Lee, H., Hwang, M., Muljadi, E., Sørensen, P., & Kang, Y. C. (2017). Power-smoothing scheme of a DFIG using the adaptive gain depending on the rotor speed and frequency deviation. *Energies*, 10(4), 555.
- [4] Luu, T., & Nasiri, A. (2010, November). Power smoothing of doubly fed induction generator for wind turbine using ultracapacitors. In *IECON 2010-36th Annual Conference on IEEE Industrial Electronics Society* (pp. 3293-3298). IEEE.
- [5] Behabtu, H. A., Vafaeipour, M., Kebede, A. A., Berecibar, M., Van Mierlo, J., Fante, K. A., ... & Coosemans, T. (2023). Smoothing intermittent output power in grid-connected doubly fed induction generator wind turbines with li-ion batteries. *Energies*, 16(22), 7637.
- [6] Nadour, M., Essadki, A., Nasser, T., & Fdaili, M. (2019). Robust coordinated control using backstepping of flywheel energy storage system and DFIG for power smoothing in wind power plants. *Int J Pow Elec & Dri Syst ISSN*, 2088(8694), 1111.
- [7] Elaimani, H., ElMouhi, N., Essadki, A., & Chakib, R. (2022). Comparative study of power smoothing techniques produced by a wind energy conversion system. *International journal of electrical and computer engineering systems*, 13(1), 77-86.

- [8] Gupta, S., & Shukla, A. (2022). Improved dynamic modelling of DFIG driven wind turbine with algorithm for optimal sharing of reactive power between converters. *Sustainable Energy Technologies and Assessments*, 51, 101961.
- [9] Ghani Varzaneh, S., Abedi, M., Gharehpetian, G. B., & Suratgar, A. A. (2017). Enhancement of output power smoothing and transient stability of DFIG-based wind energy conversion system using optimized controllers parameters. *Electric Power Components and systems*, 45(7), 726-738.
- [10] Ganthia, B. P., Barik, S. K., & Nayak, B. (2022). Genetic Algorithm Optimized and Type-I fuzzy logic controlled power smoothing of mathematical modeled Type-III DFIG based wind turbine system. *Materials Today: Proceedings*, 56, 3355-3365.
- [11] Liu, Y., Wang, Z., Xiong, L., Wang, J., Jiang, X., Bai, G., ... & Liu, S. (2018). DFIG wind turbine sliding mode control with exponential reaching law under variable wind speed. *International Journal of Electrical Power & Energy Systems*, 96, 253-260.
- [12] Kim, H. W., Kim, H., Kwon, S., & Choi, J. Y. (2016). Robust backstepping controller for grid-side converter of DFIG-based wind energy conversion systems. *IEEE Transactions on Electrical and Electronic Engineering*, 11(5), 633-639.
- [13] Bekiroglu, E., & Yazar, M. D. (2022). MPPT Control of Grid Connected DFIG at Variable Wind Speed. *Energies* 2022, 15, 3146.
- [14] Krause, P. C., Wasynczuk, O., Sudhoff, S. D., & Pekarek, S. (2002). *Analysis of electric machinery and drive systems* (Vol. 2). New York: IEEE press.

AERODYNAMIC INVESTIGATION AND VALIDATION OF A UAV WING USING CFD AND VORTEX LATTICE METHODS

Res. Asst. Veysel EROL

¹ İskenderun Technical University, Faculty of Aeronautics and Astronautics, Aerospace
Engineering Department, veysel.erol@iste.edu.tr - 0009-0001-1290-079X

Assist. Prof. Dr. Ahmet ŞUMNU

² İskenderun Technical University, Faculty of Aeronautics and Astronautics, Aerospace
Engineering Department, ahmet.sumnu@iste.edu.tr - 0000-0003-1514-6048

Assist. Prof. Dr. Yüksel ERASLAN

³ İskenderun Technical University, Faculty of Aeronautics and Astronautics, Aerospace
Engineering Department, yuksel.eraslan@iste.edu.tr - 0000-0002-5158-5171

ABSTRACT

Accurate prediction of the aerodynamic properties of an unmanned aerial vehicle (UAV) design has an important role in the preliminary design process. Achieving the properties such as lift and drag has fundamental importance in determining the flight performance of the aircraft. Computational methods must both provide accurate results and be computationally efficient. In this study, Vortex Lattice Method (VLM) and Computational Fluid Dynamics (CFD) tools have been used to determine the aerodynamic properties of a UAV main wing in comparison with the experimental results from the literature. ANSYS Fluent, a high-order method, was used together with XFLR5, a low-order calculation tool based on Vortex Lattice Method. The UAV used as a base model is a fixed-wing aerial vehicle with 0.4 meters wingspan that has been previously produced. Numerical results are presented in comparison with wind-tunnel tests already exist in the literature, and the performances of the methods are discussed.

Keywords: Unmanned aerial vehicle, Vortex Lattice Method, Computational Fluid Dynamics

1. INTRODUCTION

The design of an unmanned aerial vehicle (UAV) requires a multidisciplinary approach that includes structure, control, flight mechanics and such disciplines. One of the most crucial topics related with these disciplines that should be taken into consideration is aerodynamics. The aerodynamic performance of a UAV is usually defined in terms of lift coefficient, drag coefficient or the ratio of both called the lift-to-drag ratio. These aerodynamic coefficients could be assessed via analytical, numerical or experimental methodologies.

In the literature, various studies related with UAV wing aerodynamic solution was presented by using CFD and Vortex Lattice method. The simulation of UAV wing was performed to observe ground effect by Lao and Wong [1]. Using CFD simulation, Panagiotou et al. [2] carried out the UAV winglet design and optimization process. The similar study was also presented to increase the efficiency of UAV wing applying optimal design and using CFD analysis by Khuntia and Ahuja [3]. Nguyen et al. [4] presented CFD simulation study using ANSYS Fluent solver for an aircraft wing. It was concluded that used solution method was reliable to predict aerodynamic of an UAVs. Somashekar [5] used CFD and Xfoil panel code methods to simulate the micro air vehicle wing. The aim of this study was to show unsteady aerodynamic characteristic for 2D airfoil of micro air vehicle. Körpe and Kanat [6] proposed an optimization study for UAV wing by means of CFD simulation and nonlinear lifting-line theory. Karkoulas et al. [7] performed CFD simulation with SST $k-\omega$ turbulence model by applying three different mesh structures for Eppler-420 airfoil that is used for a small-scale UAV wing. The aerodynamic analysis of an UAV wing design was carried out using five different wing components at subsonic flow speed by applying CFD method [8]. Frant et al. [9] investigated the effect of gust for an UAV using CFD simulation. Investigation of wingtip vortices at different cant angles was performed to observe aerodynamic characteristic of UAV by means of CFD method by Bakhai and Rifat [10].

If we talk about the Vortex Lattice Method studies in the literature, Septiyana et al. [11] used the Vortex Lattice Method (VLM) using XFLR5 software to quickly analyze the aerodynamic characteristics of the LSU 05-NG aircraft, focusing on parameters such as lift curve slope, induced drag and force distribution. Another study compared various calculation tools (lift, drag and moment coefficients) used to determine the aerodynamic characteristics of an unmanned aerial vehicle with experimental results obtained from flight tests. In addition to XFLR5 and AVL, the computational fluid dynamics tool Ansys Fluent was used Dantsker and Vahora [12]. Yahyaoui [13] formulated a generalized vortex lattice method, different from the classical vortex lattice method, for complex lifting surfaces containing flap and aileron deflection. A MATLAB code implementing the proposed formulation was developed and the results were validated by comparing with existing experimental and numerical results. This study compares the performance of vortex lattice method and computational fluid dynamics (CFD) tools in the context of an unmanned aircraft wing design in terms of aerodynamic coefficients. The VLM and CFD were used to determine the aerodynamic properties of an unmanned aircraft wing, compared with experimental results [14] obtained from the wind tunnel.

2. MATERIAL & METHOD

2.1. Computational Fluid Dynamics

The aerodynamic analysis of this study is performed using both Computational Fluid Dynamic (CFD) method and Panel method.

CFD method utilizes the Reynolds average Navier-Stokes equations (RANS) for solution. The Fluent software based on finite volume method is used for flow analysis. Steady and density-based solver is selected to perform solution. The flow field is simulated using different turbulence models which are SST (shear stress transport) k- ω and RNG k- ϵ . SST k- ω model can simulate the complex flow and gives accurate results in case of separation and circulation combining k- ω and standard k- ϵ models [15]. The RNG (Re-Normalisation Group) model that is renormalized the Navier-Stokes equations and small motion effects can be accounted, is proposed by Yakhot et al. [16].

The CFD solution is performed by using Green-Gauss cell based that is discretization model and gives reasonable results for second order finite volume method. The convergence criteria is decided by investigating flow residuals and aerodynamic coefficients. If the flow residuals reach the 10^{-5} and the change of aerodynamic coefficients value is negligible small during the last 100 iterations, the computation is finished.

The governing equations of continuity, momentum and energy are given following equations [17]

$$\frac{\partial}{\partial t} \vec{U} + \frac{\partial}{\partial x} \vec{F} + \frac{\partial}{\partial y} \vec{G} + \frac{\partial}{\partial z} \vec{H} = 0 \quad (1)$$

$$\vec{U} = \begin{Bmatrix} \rho \\ \rho u \\ \rho v \\ \rho w \\ \rho E \end{Bmatrix} \quad (2)$$

$$\vec{F} = \begin{Bmatrix} \rho u \\ \rho u^2 + p - \tau_{xx} \\ \rho uv - \tau_{xy} \\ \rho wu - \tau_{xz} \\ \rho uE + pu - q_x - u\tau_{xx} - v\tau_{xy} - w\tau_{xz} \end{Bmatrix} \quad (3)$$

$$\vec{G} = \begin{Bmatrix} \rho v \\ \rho uv - \tau_{yx} \\ \rho v^2 + p - \tau_{yy} \\ \rho wv - \tau_{yz} \\ \rho vE + pv - q_y - u\tau_{yx} - v\tau_{yy} - w\tau_{yz} \end{Bmatrix} \quad (4)$$

$$\vec{H} = \begin{Bmatrix} \rho w \\ \rho uw - \tau_{zx} \\ \rho vw - \tau_{zy} \\ \rho w^2 + p - \tau_{zz} \\ \rho wE + pw - q_z - u\tau_{zx} - v\tau_{zy} - w\tau_{zz} \end{Bmatrix} \quad (5)$$

$\bar{F}$, $\bar{G}$ and $\bar{H}$ are the called the flux terms. The solution vector is called $\bar{U}$ since the elements in $\bar{U}$ (ρ , ρu , ρv , ρw , ρE) are dependent variables that are acquired in steps of time. τ is the viscous stress tensor and ρ , E and p are the density, total energy and pressure, respectively. q is the heat flux vector.

2.2. Wing Geometry

A low Reynolds number wing with the E212 airfoil developed by Richard Eppler was selected. Additionally, a straight planform wing was preferred in wing configuration;

Table 1. Wing configuration parameters

Parameter	Symbol	Value
Wing Area(cm^2)	S	320
Wing Taper Ratio	TR	0.6
Wing Aspect Ratio	AR	5
Wing Span(cm)	b	40
Wing Root Chord(cm)	c_r	10
Wing Tip Chord(cm)	c_t	6
Wing Quarter Chord Sweep Angle(deg)	-	3

2.3. Computational Domain and Mesh Generation

The UAV wing geometry is drawn in three dimensions on a CAD program. The dimensions of the wing are taken from Nabawy et al. [14]. The mesh generation process is performed after the computational domain is formed around the wing design. Size of the computational domain is constructed conventionally as proper to analyse and model the air flow around the wing body. Mesh generation process is carried out using the ANSYS Mesher. In order to ensure accuracy of the results, mesh independency/sensitivity analysis is performed.

The mesh construction is done finer and mesh intensity increases boundary layer of wing for capturing flow field around the wing. C shaped computational domain and mesh distribution are shown in Figures 1 and 2 respectively.

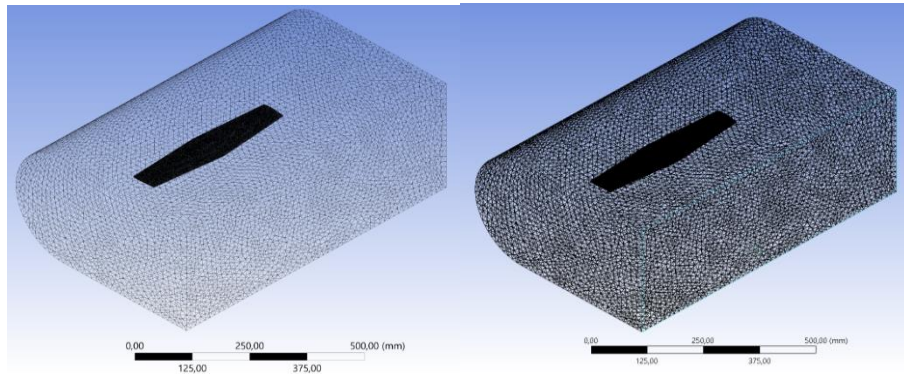


Figure 1. 3D Mesh view on C shaped computational domain

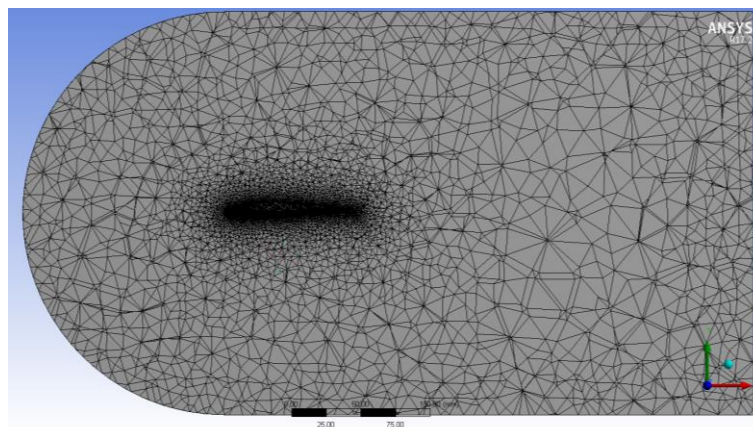


Figure 2. Mesh distribution around the wing geometry

2.4. Vortex Lattice Method

Vortex Lattice Method is a calculation technique often used in aerodynamic analysis. This method represents the wing surface of an aircraft with an infinite number of rotational current elements (vortexes). Each vortex is used to model rotational interactions resulting from the wing surface. By calculating these interactions of vortices, parameters such as aerodynamic properties of the wing, lift, drag and moments are estimated [18]. In this study, VLM used to estimate the value of aerodynamic parameters such as lift, drag and lift-to-drag ratio.

The vortex filament's introduction highlights the significance of the Biot-Savart law. One of the most essential relationships in the theory of inviscid, incompressible flow is the Biot-Savart law. An arbitrary point P is impacted by the flow that the filament creates in the surrounding area. According to the Biot-Savart law, the vortex filament segment dl causes a velocity or velocity increase at point P that is equal to:

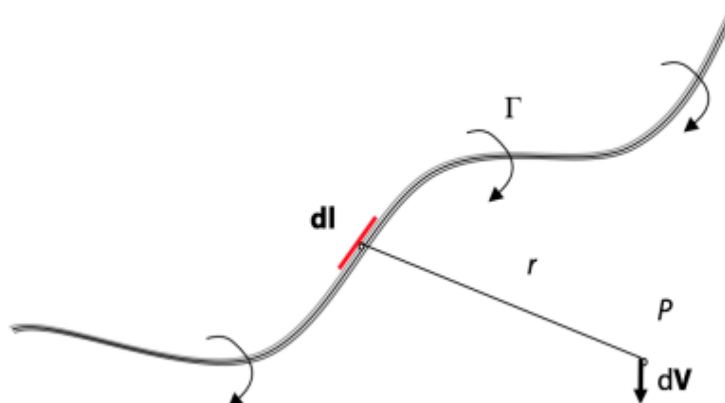


Figure 3. Curved three dimensional vortex filament of strength Γ [19]

$$dV = \frac{\Gamma}{4\pi} \frac{dl \times r}{|r|^3} \quad (6)$$

r : distance from P to a certain point in the filament,

dl : the infinite small partition of the filament,

V : induced speed

Γ : strength of the vortex

The velocity induced at point P by the entire vortex filament is:

$$V = \int_{-\infty}^{\infty} \frac{\Gamma}{4\pi} \frac{dl \times r}{|r|^3} \quad (7)$$

The equation's numerator can be written as:

$$dl \times r = |dl| |r| \sin \theta \frac{V}{|V|} \quad (8)$$

The magnitude of the velocity at point P is given by the following equation:

$$V = \frac{\Gamma}{4\pi} \int_{-\infty}^{\infty} \frac{\sin \theta}{r^2} dl \quad (9)$$

$$r = \frac{h}{\sin \theta} \quad (10)$$

$$l = \frac{h}{\tan \theta} \quad (11)$$

$$dl = \frac{-h}{\sin^2 \theta} d\theta \quad (12)$$

$$V = \frac{\Gamma}{4\pi} \int_{-\infty}^{\infty} \frac{\sin \theta}{r^2} dl = \frac{\Gamma}{4\pi} \int_{-\infty}^{\infty} \frac{\sin^2 \theta}{h^2} \sin \theta \frac{-h}{\sin^2 \theta} d\theta \quad (13)$$

$$V = -\frac{\Gamma}{4\pi h} \int_{-\infty}^{\infty} \sin \theta d\theta = -\frac{\Gamma}{4\pi h} \int_{\pi}^0 \sin \theta d\theta \quad (14)$$

$$V = \frac{\Gamma}{2\pi h} \quad (15)$$

Thus, at a given point P, the velocity induced by a finite, flat vortex filament at a perpendicular distance h from P is simply $\Gamma/2\pi h$.

2.5. Panel Independence

Mesh independence studies are preferred in determining the minimum number of mesh elements required to obtain accurate results. In order to obtain results independent of the number of panel elements, an analysis of the independence of the number of panels was performed on an unmanned aerial vehicle wing using the Vortex Lattice method. The results showed that if the number of panels is higher than a certain number, the results in terms of lift and drag coefficient do not change with the increase in the number of panels. The results of the analysis in terms of the change of lift and drag coefficient according to the number of panels are given in Figures 4 and 5, respectively.

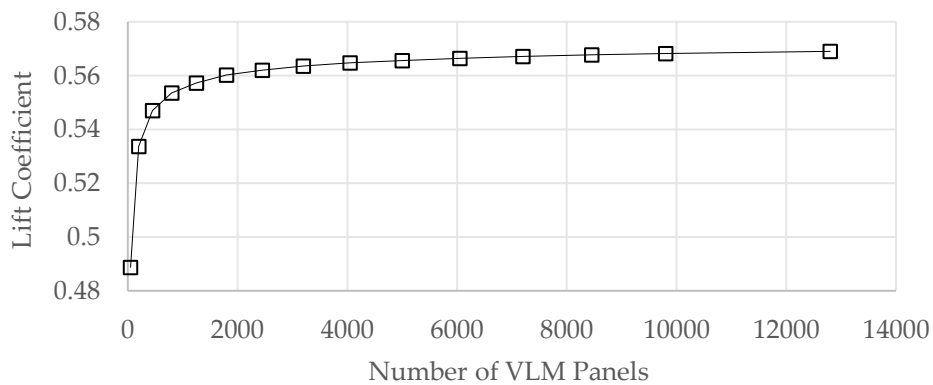


Figure 4. Lift coefficient versus number of VLM panels

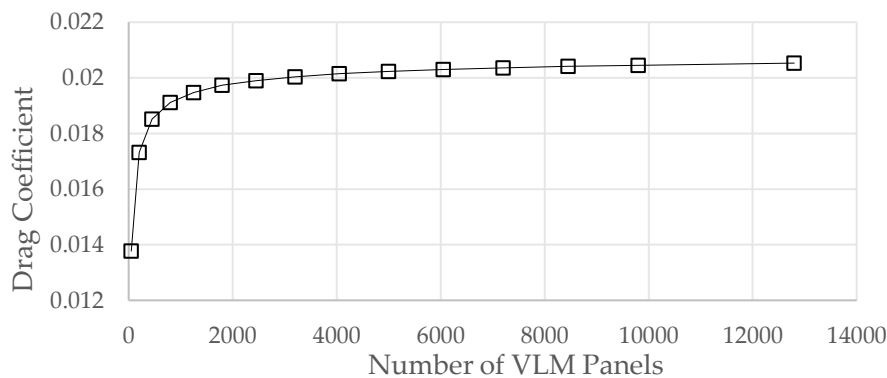


Figure 5. Drag coefficient versus number of VLM panels

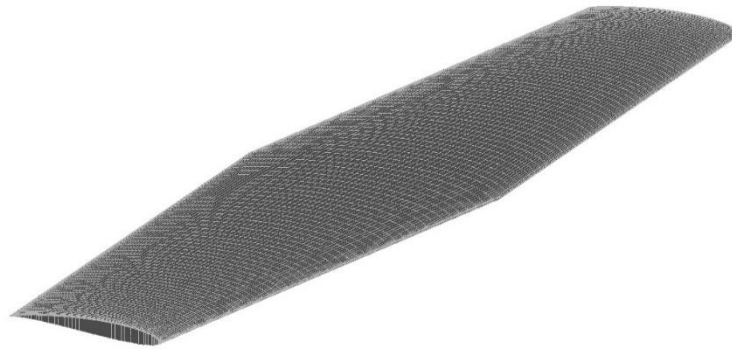


Figure 6. Distribution of VLM panels on the wing

3. RESULTS AND DISCUSSION

Analysis of aerodynamic forces using VLM in XFLR5 was simulated on an average of 7000 panels. CFD analyzes were performed with the number of elements 3580399. VLM and CFD results have similar trends to experimental results (Nabawy et al., 2012) at low angles of attack. XFLR5 has lift and drag values closest to experimental data. The lift values estimated by the XFLR5 at angles of attack of -3, -1, 1, 3 and 5 degrees are very close. The drag values estimated by the XFLR5 at angles of attack of 1 and 3 degrees are very close.

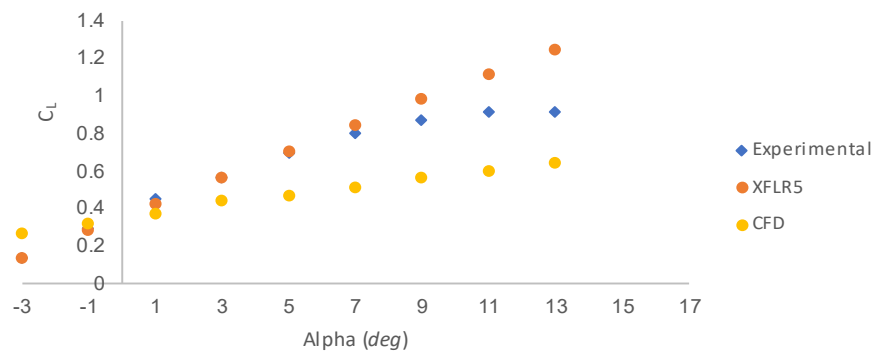


Figure 7. Graph of C_L versus angle of attack

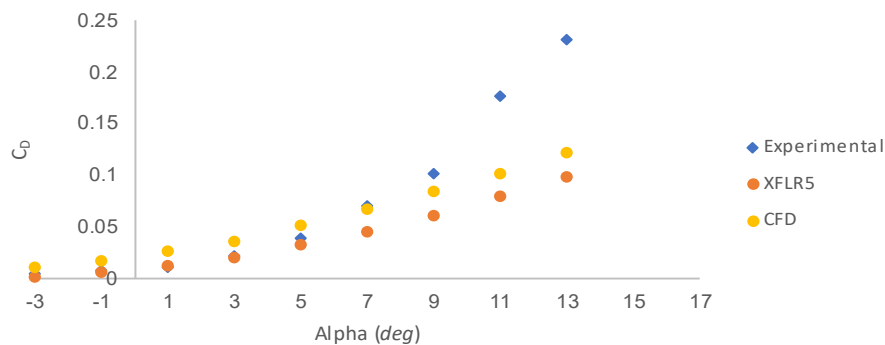


Figure 8. Graph of C_D versus angle of attack

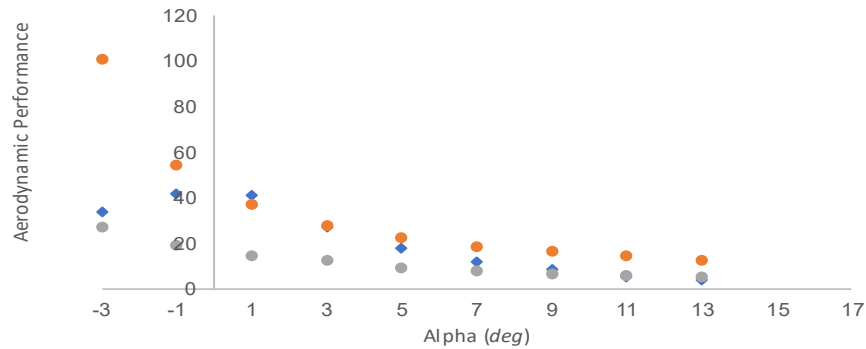


Figure 9. Graph of aerodynamic performance versus angle of attack

This difference between VLM and CFD arises from the velocity-induced matrix VLM method, which is a matrix whose elements consist of linear equations. Additionally, drag coefficient values at angles of attack between -3 and 13 degrees were analyzed. Figure 7 shows the simulation results for calculating the value of the drag coefficient at angles of attack in this range. Figure 7 shows that using VLM to analyze the drag coefficient gives a very close value compared to CFD. When the angle of attack is -3 and less, the value of CD goes to zero, this is because the assumption used is inviscid. Additionally, it can be seen from Figure 7 that the wing has a low drag at low angles of attack, so high efficiency can be achieved when cruise flight is conducted at a low angle of attack.

4. CONCLUSION

In this study, CFD and VLM methods have compared on an UAV wing by various analyses using the wind-tunnel results existing in the literature. CFD method was performed using two different turbulence models of SST k- ω and RNG k- ϵ . When the results of the CFD analyses were compared with the experimental results, RNG k- ϵ model have provided closer results since the ability of the model to capture the motion sensitively near the boundary layer. The simulations applied on the XFLR5 environment are assumed as inviscid and shown that provide a reasonably accurate results for determining the aerodynamic properties at low angles of attack. Moreover, the C_L -alpha graph demonstrated the VLM's better performance with respect to the angle of attack.

REFERENCES

- [1] Lao, C.T., Wong, E. T. T. Cfd simulation of a wing-in-ground-effect uav. In IOP Conference Series: Materials Science and Engineering (Vol. 370, No. 1, p. 012006), IOP Publishing, 2018.
- [2] Panagiotou, P., Kaparos, P., Yakinthos, K. Winglet design and optimization for a MALE UAV using CFD, Aerospace Science and Technology, 39, 190-205, 2014.

- [3] Khuntia, S. K., Ahuja, A. S. Optimal design and CFD analysis of wing of a small-scale UAV to obtain maximum efficiency, *Journal of Aeronautics & Aerospace Engineering*, 7(01), 2018.
- [4] Nguyen, M. T., Nguyen, N. V., Pham, M. T. Aerodynamic analysis of aircraft wing, *VNU Journal of Science: Mathematics-Physics*, 31(2), 2015.
- [5] Somashekar, V. A Computational Investigation of Unsteady Aerodynamics of Insect-Inspired Fixed Wing Micro Aerial Vehicle's 2D Airfoil, *Advances in Aerospace Engineering*, 2014.
- [6] Körpe, D. S., Kanat, Ö. Ö. Aerodynamic optimization of a UAV wing subject to weight, geometric, root bending moment, and performance constraints, *International Journal of Aerospace Engineering*, 1-14, 2019.
- [7] Karkoulas, D. G., Tzoganis, E. D., Panagiotopoulos, A. G., Acheimastos, S. G. D., Margaritis, D. P. Computational Fluid Dynamics Study of Wing in Air Flow and Air–Solid Flow Using Three Different Meshing Techniques and Comparison with Experimental Results in Wind Tunnel, *Computation*, 10(3), 34, 2022.
- [8] Siddiqi, Z., Lee, J. W. A computational fluid dynamics investigation of subsonic wing designs for unmanned aerial vehicle application, *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part G: Journal of Aerospace Engineering*, 233(15), 5543-5552, 2019.
- [9] Frant, M., Kachel, S., Maślanka, W. Gust Modeling with State-of-the-Art Computational Fluid Dynamics (CFD) Software and Its Influence on the Aerodynamic Characteristics of an Unmanned Aerial Vehicle, *Energies*, 16(19), 6847, 2023.
- [10] Bakhai, M. P., Rifat, A. H. Design and Analysis of Generic UAV Composite Winglet Structures. *Journal of The Institution of Engineers (India): Series C*, 104(5), 967-977, 2023.
- [11] Septiyana, A., Hidayat, K., Rizaldi, A., Ramadiansyah, M. L., Ramadhan, R. A., Suseno, P. A. P., Jayanti, E. B., Atmasari, N., Rasyadi, A. Analysis of aerodynamic characteristics using the vortex lattice method on twin tail boom unmanned aircraft, *AIP Conference Proceedings*, 2226(April), 2020. <https://doi.org/10.1063/5.00023371>
- [12] Dantsker, O. D., Vahora, M. Comparison of aerodynamic characterization methods for design of unmanned aerial vehicles, *AIAA Aerospace Sciences Meeting*, 2018, January, 2018. <https://doi.org/10.2514/6.2018-0272>

- [13] Yahyaoui, M. Generalized Vortex Lattice Method for Predicting Characteristics of Wings with Flap and Aileron Deflection, 8(10), 1660–1668, 2014.
- [14] Nabawy, M. R., ElNomrossy, M. M., Abdelrahman, M. M., ElBayoumi, G. M. Aerodynamic shape optimisation, wind tunnel measurements and CFD analysis of a MAV wing, The Aeronautical Journal, 116(1181), 685-708, 2012.
- [15] Menter, F. R. Two-equation eddy-viscosity turbulence models for engineering applications. *AIAA Journal*, 32(8), 1598–1605, 1994. <https://doi.org/10.2514/3.12149>
- [16] Yakhot, V., Orszag, S. A., Thangam, S., Gatski, T. B., Speziale, C. G. Development of turbulence models for shear flows by a double expansion technique, *Physics of Fluids A: Fluid Dynamics*, 4(7), 1510-1520, 1992. <https://doi.org/10.1063/1.858424>
- [17] Anderson, J. D., Wendt, J. *Computational Fluid Dynamics*, McGraw-Hill, 1995.
- [18] Budziak, K. Aerodynamic Analysis with Athena Vortex Lattice (AVL). 1–72, 2015. <https://doi.org/10.15488/2551>
- [19] Redalyc. Introduction to Vortex Lattice theory. (2015).

STABILITY ASSESSMENT OF UNMANNED AERIAL VEHICLE WITH TWIST-MORPHING WING

Assist. Prof. Dr., Yüksel ERASLAN

¹İskenderun Technical University, Faculty of Aeronautics and Astronautics, Aerospace
Engineering Department, - 0000-0002-5158-5171

Prof. Dr., Tuğrul OKTAY

²Erciyes University, Faculty of Aeronautics and Astronautics, Aircraft Engineering
Department, - 0000-0003-4860-2230

ABSTRACT

Unmanned aerial vehicles (UAVs) are one of the most popular design issues among aircraft design enthusiasts and scientists around the world. Rather than the conventional concepts, modern design ideas on UAVs have evolved and expanded to the morphing applications by means of developments in material technology. Fixed-wing aircraft point of view, the main applications of morphing have been mainly focused on the main wing which is the lifting surface of the vehicle. Geometrically, wing geometry could be defined in various parameters such as sweep angle, taper ratio, span, aspect ratio, or twist angle. For a twist-morphing idea, there are two types of application that are “wash-in” and “wash-out”, which are related to the incidence angles of the root and tip of the wing design. The wash-out is the case when the tip airfoil is at a negative (nose-down) angle compared to the root airfoil, which is the most common application to prevent tip stall and revise the lift distribution to elliptical. In this study, the potential behind the wash-out twist-morphing wing design for the stability of a fixed-wing UAV is investigated. For that purpose, aerodynamical, geometrical and inertial changes on a base aerial vehicle with various twist angles are assessed to obtain and compare the stability coefficients with the base model. In conclusion, the variation in stability coefficients are presented and the potential for such a morphing idea is discussed for further studies.

Keywords: Morphing wing, twist, stability, aircraft design.

1. INTRODUCTION

Aircraft design methodologies have been substantially evolving from the beginning of the 19th century up to nowadays. In the past, especially before the 1st World War, the main purpose for an aircraft design is to perform only a successful flight with maximum range without any crash [1]. Flight performance point of view, the expectations from an aircraft design have started to evolve after their usage in the war zone, where maneuverability, climb rate, takeoff, or landing performances have an important role in achievement. From these days, aircraft designers care about such performance metrics and corresponding aerodynamic characteristics of the vehicles. Parallel to these developments, unmanned aerial vehicles (UAV) have come to the fore and control and stability issues required to be assessed concurrent with flight performances. In that context, modern design ideas on UAVs have arisen and expanded to the morphing applications thanks to developments in the material technology [2, 3].

Morphing applications on fixed-wing aircraft mainly focused on the main wing, which could be defined geometrically in various parameters such as sweep angle, taper ratio, span, aspect ratio, or twist angle. For a twist-morphing scenario, there are two types of application called “wash-in” and “wash-out” with respect to the incidence angles of the root and tip of the wing design. The wash-out is the case when the tip airfoil is at a negative (nose-down) angle compared to the root airfoil, which is the most common application to prevent tip stall and revise the lift distribution to elliptical. There are various studies in the literature about the structural, aerodynamic, stability or control assessments of twist-morphing applications on UAVs. For instance, Gatto [4] studied on a UAV platform to investigate morphing wing warping technology, which supposed to result in active twist control capability to provide enhanced flight performance parameters together with improved structural strength. The study conducted with wind tunnel experiments combined with numerical analyses, and resulted in a dramatical lift-to-drag ratio and its maximum value improvement without minimum drag increase. Bishay and Aguilar [5] investigated strength of a hybrid composite skin for a twist-morphing wing design with periodic laminated composite sections to obtain out-of-plane rigidity. It was shown that twist-morphing application can provide increased torsional compliance. Vale et al. [6] studied on a coupled twist and camber morphing wing concept for roll control, drag minimization and active load alleviation. The performed experimental validation and ground and flight tests shown a potential on roll control, flight efficiency, and load alleviation improvement. Rodrigue et al. [7] proposed an original concept on twist morphing application for a UAV made from smart soft composite and tested experimentally in still-air and open-type wind tunnel. The aerodynamic performance improvement at low angles of attack was shown, while wing found to be suffered some drawbacks at high angles of attack due to the softness of the matrix. Ismail et al. [8] performed FSI (fluid-structure interaction) analyses on a MAV (micro aerial vehicle) design to compare twist-morphing with membrane and rigid wing design. Results shown that morphing wing was capable of producing higher lift coefficient up to 20%, but have stall angle of attack smaller than membrane.

In this study, inspiring from the literature, the potential behind the wash-out twist-morphing wing design for stability improvement on a fixed-wing UAV is to be investigated. For that purpose, aerodynamical, geometrical and inertial changes on a UAV with various twist angles

are assessed to obtain and compare the longitudinal and lateral-directional stability derivatives with the base model.

2. MATERIAL AND METHOD

The base model for the stability assessment is determined as ZANKA-I fixed-wing UAV, which has 1.3 meters wing span [9]. In order to investigate stability effects of twist-morphing on the vehicle; firstly aerodynamical, geometrical and inertial investigation should be performed.

2.1. Geometrical and Inertial Assessment

Geometrical point of view, the base wing model has no wash-out application as shown in Figure 1a. The root section of the base model twisted to have higher angle of attack from the tip section, which is known as aforesaid wash-out. The three-dimensional view of maximum applied wash-out (6-degree) is given in Figure 1b. It is clear from the figure that, there is no any variation obtained in geometrical parameters such as wing span, wing area, taper ratio, or aspect ratio.

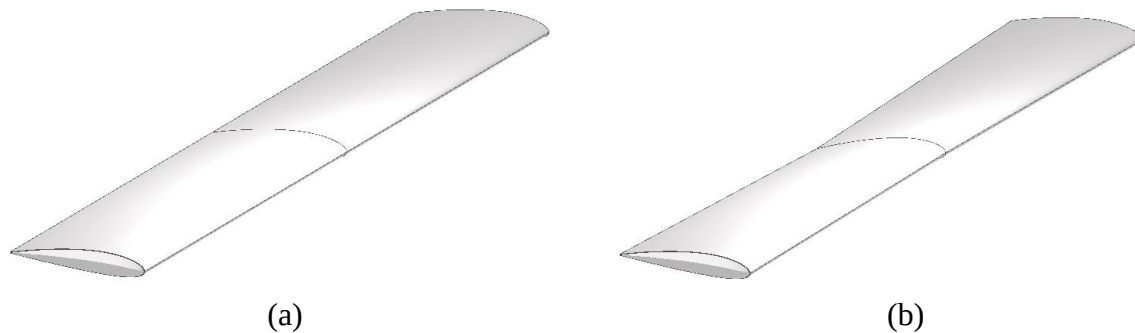


Figure 1. Three-dimensional view of wing designs with a) 0-degree washout b) 6-degree washout

Inertial point of view, rather than the analytical methods, the variation due to the wash-out application is to be obtained from the CAD model constructed on XFLR5 program, where aerodynamic analyses will also be performed.

2.2. Aerodynamic Assessment

Investigation of aerodynamic effects of the twist-morphing application is to be carried out on general public licensed vortex-lattice solver XFLR5 program. The main parameters to be assessed are zero-lift drag coefficient, lift coefficient, lift-curve slope, drag coefficient, drag-curve slope and Oswald efficiency factor, all of which have remarkable effects on stability derivatives of the aircraft.

In order to have accurate results independent from the number of panel elements, grid-independence analyses were performed for ZANKA-I UAV for the case of cruising flight at 16.6 m/s in our past study which is formerly resulted in 5000 panel elements [2].

2.3. Stability Assessment

Stability point of view, a fixed-wing aircraft could be investigated in terms of both longitudinal and lateral-directional behaviors. The aircraft equations of motion are commonly organized parametrically and used in control applications in the form of state-space representation [10,

11]. In such a representation, there are various terms related with geometrical, inertial or aerodynamical variables of the aerial vehicle, and an example is given in Equation 1.

$$Z_w = \frac{-(C_{L_\alpha} + C_{D_0})QS}{mu_0} \quad (1)$$

In the equation, the term Z_w is a stability derivative related with lift-curve slope, zero-lift drag coefficient, dynamic pressure (Q), wing area (S), mass (m) and airspeed (u_0). The analytical formulations of all longitudinal and lateral-directional stability derivatives for fixed-wing aircraft could be achieved from [10]. In this paper, aerodynamical, geometrical and inertial investigations will be linked with these formulations and selected critical derivatives will be assessed by means of using analytical formulations.

3. RESULTS AND DISCUSSION

2.1. Inertial Assessment Results

Inertial variables of an aircraft defined as x-axis, y-axis, z-axis and xz-plane moment of inertia terms, which are naturally affected the change in geometry of the vehicle. The increased angle of wash-out application resulted decrease in all of the inertial terms, while x-axis, z-axis and xz-plane moments of inertia decreased slightly, y-axis moment of inertia seen to be decreased especially moderate level of twisting. The variation in inertial terms with respect to twisting are presented in Figure 2.

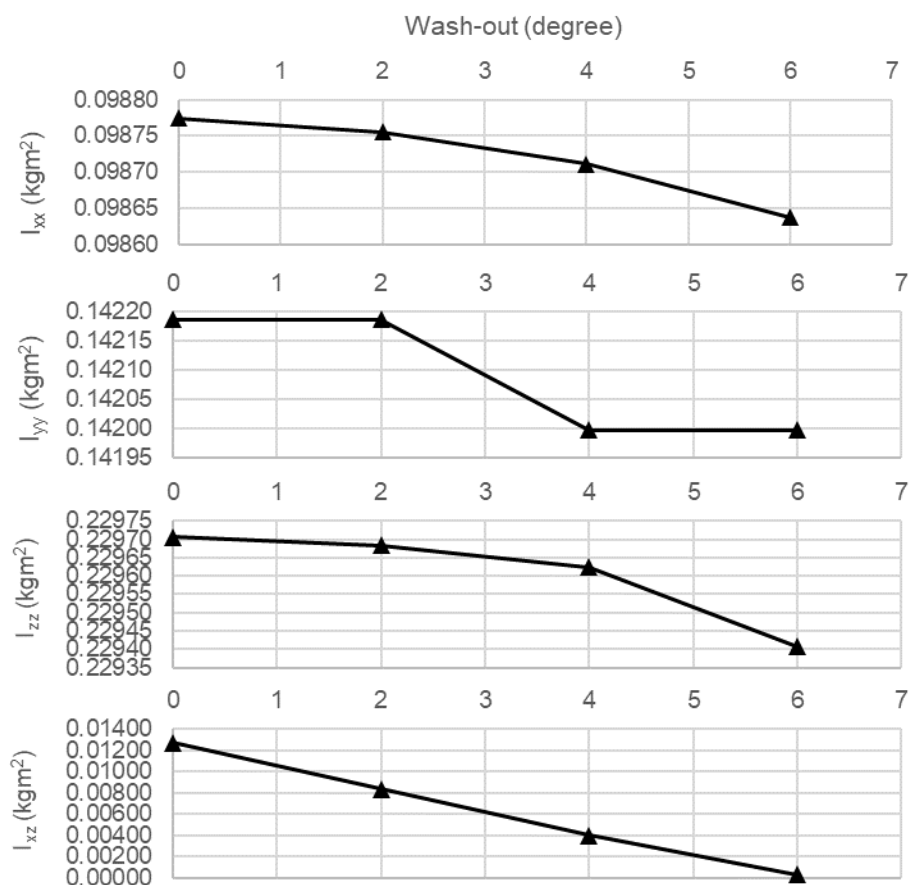


Figure 2. Inertial alterations with respect to wash-out angle

2.2. Aerodynamic Analysis Results

The aerodynamic analyses on XFLR5 for wash-out angles varying from 0-degree to 6-degree with 2-degree increment were shown that, increasing wash-out applications decreased the zero-lift drag coefficient, drag curve-slope and reference lift coefficient for each increment. On the other hand, lift curve-slope have been decreasing up to 2-degree washout angle and increasing for higher values. Similarly, wash-out seen to be lead increase in Oswald efficiency at small angle of applications, but higher than 4-degree, the efficiency found to be decreased. The results for aerodynamic analyses varying with wash-out angle were presented in Figure 3.

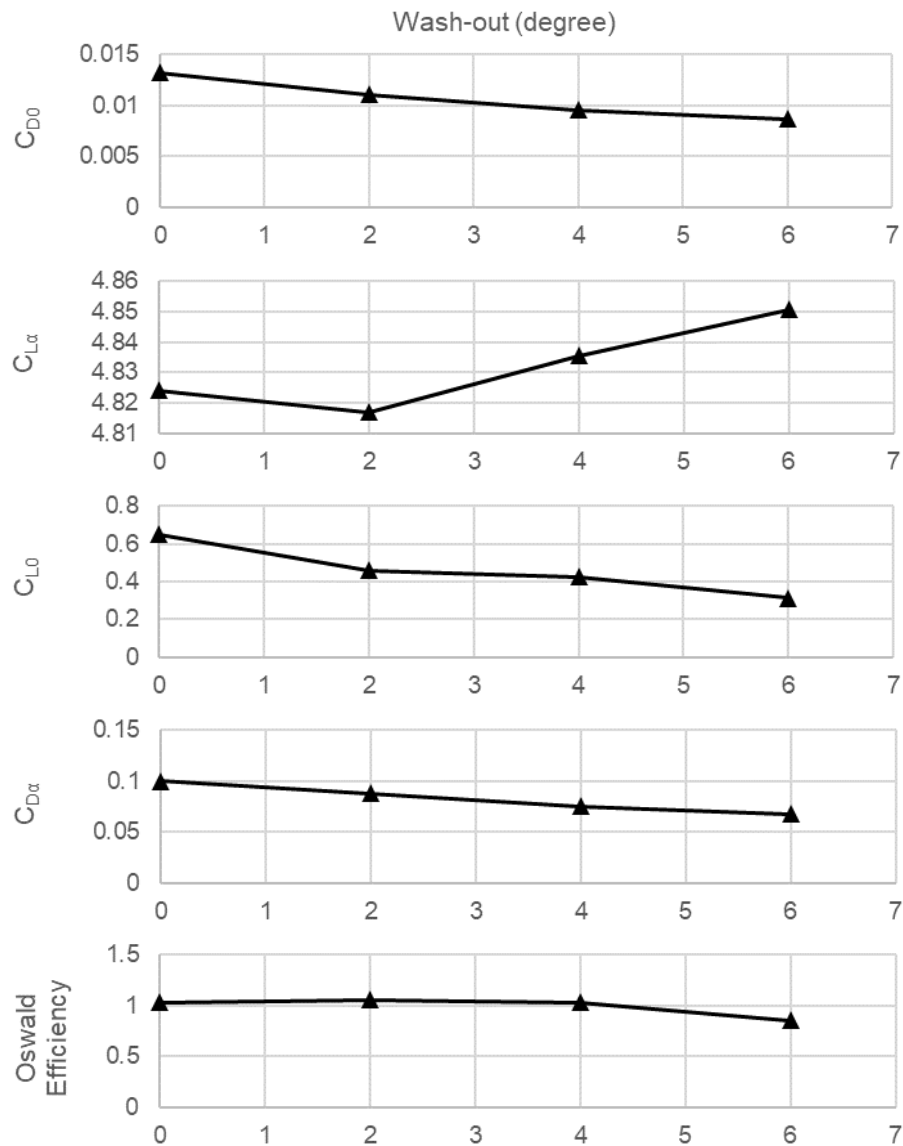


Figure 3. Aerodynamic alterations with respect to wash-out angle

2.4. Lateral-Directional Stability Assessment Results

Stability point of view; static directional stability term, $C_{n\beta}$, and yaw damping term, C_{nr} , were found to be stayed constant with twisting. Adverse yaw term, $C_{n\delta a}$, decreased as desired up to 2-degrees twisting but higher values of wash-out angle resulted negatively.

Lateral stability point of view, the roll damping term, C_{lp} , negatively affected from twisting up to 2-degrees, while higher values of wash-out angle improved the damping. Lateral control power term, $C_{l\delta a}$, and the term related with C_l due to rudder deflection, $C_{l\delta r}$, undesirably decreased up to 2-degrees of wash-out angle, but improved at higher values of twisting.

2.3. Longitudinal Stability Assessment Results

Longitudinal stability of an aircraft relates mostly with the stability derivatives of $C_{m\alpha}$ and C_{mq} . The pitching moment curve slope ($C_{m\alpha}$) should be negative to have a statically stable aerial vehicle. The base model ZANKA-I UAV originally has positive value of $C_{m\alpha}$ but the variation with washout resulted in improvement in longitudinal stability up to 2-degrees. Higher twisting values were resulted in instable tendency of the vehicle as seen in Figure 5. The stability derivative C_{mq} point of view, twisting found not to be affected its value.

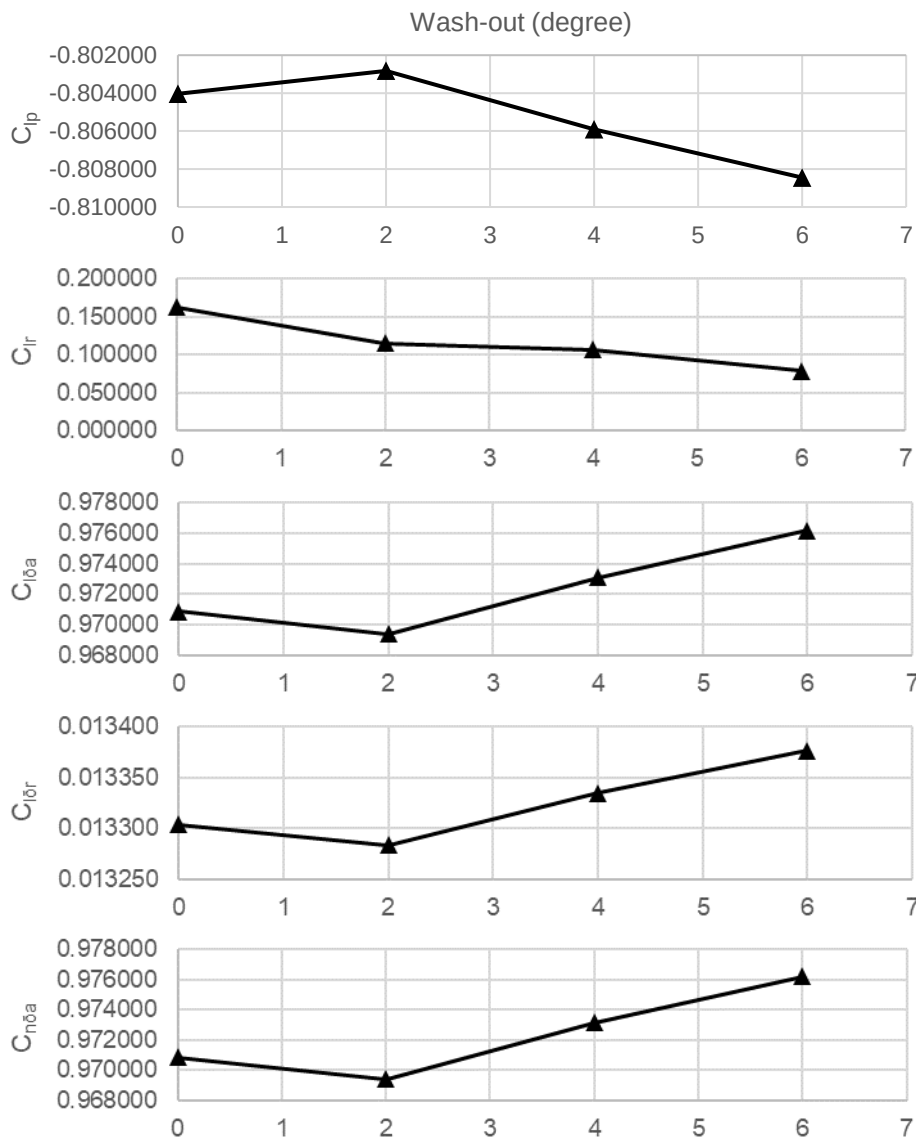


Figure 4. Lateral-directional stability derivatives alterations with respect to wash-out angle

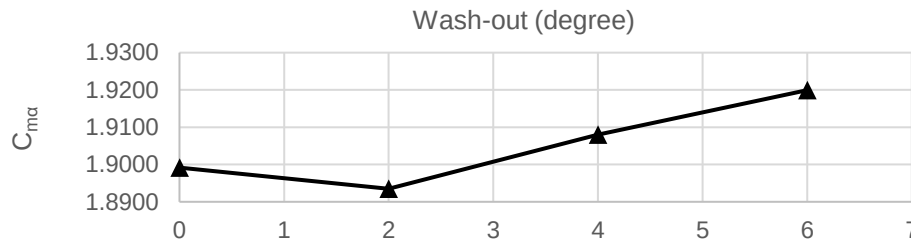


Figure 5. Longitudinal stability derivatives alterations with respect to wash-out angle

4. CONCLUSION

In this conference paper, the potential behind the wash-out twist-morphing wing design was investigated on a fixed-wing UAV via both longitudinal and lateral-directional stability derivatives. The aerodynamical, geometrical and inertial variations with respect to washout angle shown that it is a complex issue to assess stability of an aerial vehicle applied such a morphing scenario. Moreover, the potential of twist-morphing on improvement of longitudinal stability was clearly revealed. Correspondingly the existing potential of improved lateral-directional stability was obtained, but the complex behaviors of stability derivatives indicated the requirement of advanced optimization algorithms to have totally benefit the morphing application. As a further study, the data obtained from this study could be used for optimization of the wing design and obtain advanced benefits.

REFERENCES

- [1] Anderson, J.D., Bowden, M.L., *Introduction to Flight*, McGraw-Hill Higher Education New York, NY, USA, 2005.
- [2] Oktay, T., Eraslan, Y. Autonomous flight performance optimization of fixed-wing unmanned aerial vehicle with morphing wingtip, *Aircraft Engineering and Aerospace Technology*, 2024.
- [3] Eraslan, Y., Oktay, T. Multidisciplinary Performance Enhancement on a Fixed-wing Unmanned Aerial Vehicle via Simultaneous Morphing Wing and Control System Design, *Information Technology and Control*, 52, 4, p. 833-848, 2023.
- [4] Gatto, A. Development of a morphing UAV for optimal multi-segment mission performance, *The Aeronautical Journal*, 127, 1314, p. 1320-1352, 2023.
- [5] Bishay, P.L., Aguilar, C. Parametric study of a composite skin for a twist-morphing wing, *Aerospace*, 8, 9, p. 259, 2021.
- [6] Lobo do Vale, J., Raffaelli, J., Suleman, A. Experimental validation and evaluation of a coupled twist-camber morphing wing concept, *Applied Sciences*, 11, 22, p. 10631, 2021.

- [7] Rodrigue, H., Cho, S., Han, M. W., Bhandari, B., Shim, J. E., Ahn, S. H. Effect of twist morphing wing segment on aerodynamic performance of UAV, *Journal of Mechanical Science and Technology*, 30, 229-236, 2016.
- [8] Ismail, N. I., Zulkifli, A. H., Basri, M. H., Talib, R. J., Yusoff, H. Lift performance of a twist morphing MAV wing, *Jurnal Teknologi*, 75, 8, 31-35, 2015.
- [9] Oktay, T., Konar, M., Onay, M., Aydin, M., Mohamed, M. A. Simultaneous small UAV and autopilot system design, *Aircraft Engineering and Aerospace Technology*, 88, 6, 818-834, 2016.
- [10] Nelson, R.C., *Flight stability and automatic control*, WCB/McGraw Hill New York, 1998.

DESIGN OF OPTIMAL PID CONTROLLER FOR LIQUID TANK SYSTEM USING PSO AND ABC ALGORITHMS

Şahin YILDIRIM

Erciyes University, Engineering Faculty, Department of Mechatronics Engineering, Kayseri,
Turkey, s - ORCID ID: 0000-0002-7149-3274

Mehmet Safa BİNGÖL

Nigde Omer Halisdemir University, Engineering Faculty, Department of Mechatronics
Engineering, Nigde, Turkey, - ORCID ID: 0000-0002-4188-2025

Sertaç SAVAŞ

Erciyes University, Engineering Faculty, Department of Mechatronics Engineering, Kayseri,
Turkey, tr - ORCID ID: 0000-0001-8096-1140

ABSTRACT

Liquid tank systems are widely used in systems such as factory automation, agricultural irrigation system, chemical industry. Water, oil or various chemicals can be used in tank systems. Industrial process firstly need liquids to be pumped, stored in the tank and pumped again to another tank for certain desired level. It is desired that the filling of the tank system should be fast and there should be minimum overflow. In this study, Proportional–Integral–Derivative (PID) level control of a liquid tank system is implemented. The metaheuristic algorithms Particle Swarm Optimization (PSO) and Artificial Bee Colony (ABC) algorithms are used to optimize the PID parameters. In addition to these two optimization algorithms, MATLAB's PID tuning algorithm is also used. The PID parameters tuned by optimization algorithms are implemented on the liquid tank system and evaluated in terms of different error metrics such as maximum overshoot, rise time, settling time, steady-state error. The results obtained are given in graphs and tables.

Keywords: PID controller, particle swarm optimization algorithm, artificial bee colony optimization algorithm.

1. INTRODUCTION

Nowadays, in the chemical industry, water treatment, petrochemical refining, construction material production, and power generation liquid level management is always in high demand.

Industrial process firstly need liquids to be pumped, stored in the tank and pumped again to another tank in various technical operations. Liquids are subjected to processes such as shaking, mixing, resting or processing through chemical reactions in tanks that are part of automation systems. Liquid tank systems have an important place in today's automation systems. In these automation systems, there can be one tank or multiple tanks connected to each other [1]. In order to reduce production times and costs in automation systems, it is of great importance to improve the quality of these systems.

Proportional–Integral–Derivative (PID) is a feedback controller method widely used in industrial control systems. Turan designed PID controller with a new method based on proportional gain for cruise control system [2]. In the proposed method, the proportional gain (K_p) that minimizes settling time and overshoot error rate is found and then the other parameters of the PID controller are tuned. As a result of numerical simulations, it is observed that the performance of the PID controller designed with the proposed method is more successful than other controllers such as state space, fuzzy logic, classical, and genetic algorithm methods. Mohanty et al. conducted a study on load frequency control of multi-source power systems [3]. In the study, differential evolution algorithm is used to adjust the PID parameters. The results showed that the dynamic performance of proposed controller is better than optimal output feedback controller. Han et al. investigated the optimization of PID parameters for the hybrid magnetic bearing system [4]. Experimental and simulation results of the study show that the rotor can maintain stable operation under different frequency excitations. The electrical system is constantly undergoing abrupt modifications that compromise its stability. Osheba et al. investigated the optimization of PID parameters to ensure stability in power systems [5]. Archimedes optimization algorithm is used to optimize PID parameters. To assess the effectiveness of the suggested methods, two different disturbance types, a mechanical disturbance on the rotor shaft and an electrical three-phase short circuit fault at the generator terminals, have been simulated. The proposed method responded faster and showed lower oscillation. Yakout et al. studied on over frequency control in micro grid [6]. Neural network based PID is used in the study. PID parameters are optimized in two stages with honey badger algorithm. It is observed that the proposed method gives better results compared to Ziegler-Nichols. Tumari et al. tuned the PID parameters in crane systems with multiple inputs and multiple outputs with the marine predators algorithm [7]. The results obtained showed that the proposed method performs better than many other metaheuristic algorithms. Abid et al., aimed to increase frequency stability in power systems in their study [8]. Cascaded PD-PI controller is used for this purpose. Slime mold optimizer is used to adjust PD-PI parameters. Cascaded PD-PI controller gave better results than traditional PID and PI controller. It is aimed to increase driving comfort by reducing vibration in vehicles. Liu et al used fuzzy PID for quarter vehicle semi-active suspension control [9]. Grey wolf optimizer is used to tune the parameters. As a result of the simulations, it is seen that the proposed method increases driving comfort for various road conditions. It is very important to keep the humidity and temperature constant in neonatal incubators. for this purpose Woldeamanuel and Ramaveerapathiran, designed of multivariable PID control in their study [10]. Simulation results showed that control values for both humidity and temperature improved.

In addition to standard PIDs, Fractional Order PID controllers have also begun to be used frequently. Fractional order PID can be defined as a generalized form of integer order PID. Fractional order PID controller has been preferred recently due to some advantages. Fractional order PID systems are used in applications such as automatic voltage regulators [11-13], evaporator systems [14], pmsm speed servo systems [15], and Cooperative Flight Control of a Fleet of Quadrotors [16].

Metaheuristic algorithms such as PSO and ABC are widely used to adjust PID parameters [17]. Sing et al. used ABC with predator effect to tune PID control parameters in their study [18]. The simulation results of the proposed method demonstrate its effectiveness in solving engineering design problems. Liu et al. controlled the robotic arm with Fuzzy PID [19]. PSO is used to adjust the parameters. The results obtained showed that control performance improved.

In this study, PID control design for liquid tank filling system is implemented. For this purpose, firstly a tank system is modeled and the transfer function is derived. Afterwards, PSO, ABC, and MATLAB's PID tuning algorithms are used to optimize PID control parameters. Finally, simulation studies carried out in MATLAB have shown the effectiveness of the used optimization algorithms.

2. MATERIAL AND METHOD

PID control has a very wide application area in industrial applications. PID control has a feedback system structure. It aims to minimize error over time by adjusting control variables based on the difference between the desired set point and the measured process variable [20, 21]. Schematic representation of the PID control system is given in Figure 1.

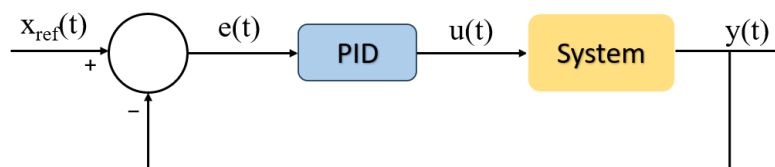


Figure 1. Schematic representation of the PID control system

Where $x_{ref}(t)$ is the reference value, $e(t)$ is the error value, $u(t)$ is the control signal, $y(t)$ is the output value. The PID control technique uses three parameters, proportional, integral, and derivative, to reduce the error. PID control mathematical expression is given in Equation 1.

$$u = K_p e(t) + \frac{K_p}{T_i} \int_0^t e(t) dt + K_p T_d \frac{de(t)}{dt} \quad (1)$$

Where K_p , T_i , and T_d are the proportional, integral, and derivative constants. These 3 parameters are of great importance for PID control. Therefore, different methods have been developed to adjust these parameters. One of them is the PSO algorithm. PSO algorithm is proposed by

Kennedy and Eberhart in 1995 [22]. PSO was created by observing how flocks of birds forage. PSO is a computational technique that iteratively advances the answer, beginning with a candidate solution and working its way up to the best option while optimizing the problem [23]. The general working logic of the PSO algorithm is as follows: First, a random position and velocity value is assigned to a particle. In the next step, the previous and next fitness values ($P_{best,i}$) are compared to reach the optimal solution in the same space. Then, the best and global best positions (G_{best}) are compared to select the overall fitness value. In each iteration, P_{best} and G_{best} are updated and these values are stored for the next step [24-26]. The flow diagram of PSO is given in Figure 2 [27].

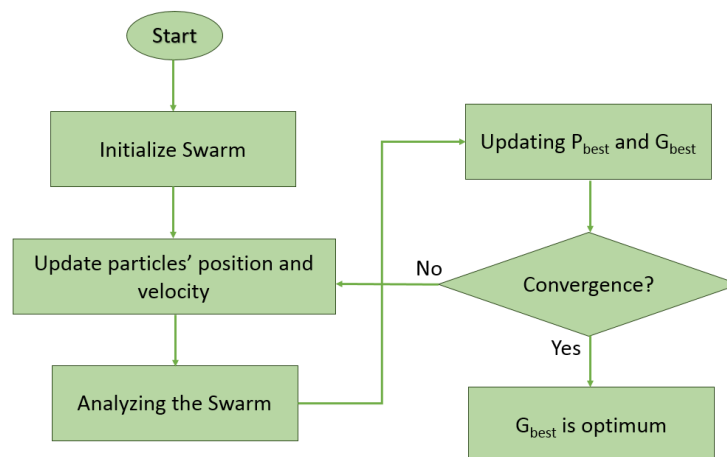


Figure 2. The flow diagram of PSO

ABC algorithm, like PSO algorithm, is based on swarm intelligence. ABC algorithm is proposed by Karaboga and Basturk in 2007 [28]. In the ABC algorithm, the colony of artificial bees contains three groups of bees: employed bees, onlookers and scouts. The flow diagram of ABC is given in Figure 3 [29].

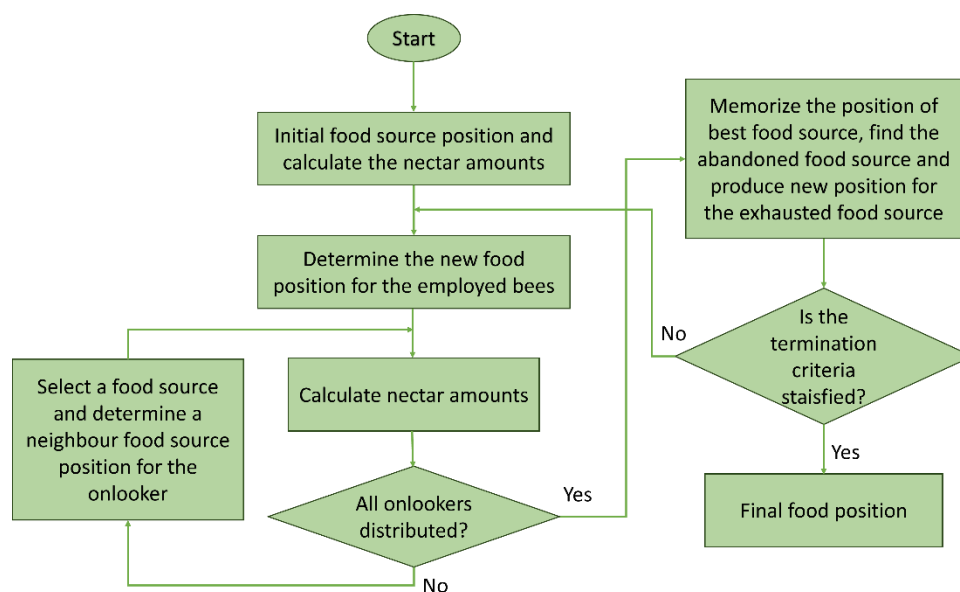


Figure 3. The flow diagram of ABC

An onlooker bee is one that is waiting on the dancing area to decide which food source to visit, and an employed bee is one that is heading to the food source it previously visited on its own. A scout bee is one that forages at random. The artificial bees that are deployed make up the first half of the colony in the ABC algorithm, while the observers make up the second half. There is one working bee for each food source. Put another way, the quantity of food sources surrounding the hive determines the amount of bees that are actively working. Once the food supply is depleted by both working bees and bystander bees, the employed bee transforms into a scout.

3. SIMULATION RESULTS

In order to realize PID control of the liquid tank filling system, the tank system is first modeled mathematically. The parameters used when modeling the tank system are given in Table 1.

Table 1. Liquid tank system parameters

Parameters	Value	Units
Height (H)	10	cm
Radius of tank	5	cm
Area of tank (A)	78.5398	cm ²
R	5	sec/cm ²

Area of tank is represented by A (cm²). Liquid is flowing to the tank at flowrate $q(t)$ (lit/hr.) and the outlet flow is $q_0(t)$ (lit/hr.). The tank's cross-sectional area is uniform and the inlet and outflow flowrate densities are constant. Schematic representation of the liquid tank is given in Figure 4.

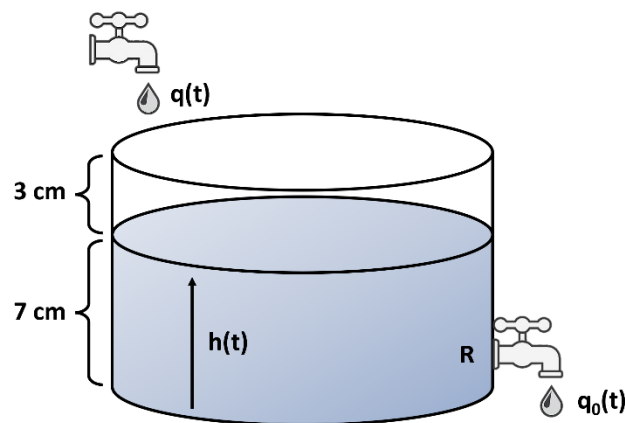


Figure 4. Schematic representation of the liquid tank

The transfer function of the modeled liquid tank system is given in Equation 2.

$$\text{Transfer Function} = \frac{5}{392.7s+1} \quad (2)$$

Different methods such as Ziegler-Nichol (Z-N) and Cohen-Coon (C-C) are also used to adjust the PID control parameters of the tank system [30]. In this study, metaheuristic algorithms PSO and ABC are used. MATLAB's PID tuning algorithm is also used.

The total absolute value of error (Integral Absolute Error-IAE) fitness function is used as the performance metric of the optimization methods. Mathematical expression of IAE is given in Equation 3.

$$IAE = \int_0^{\infty} (|r(t) - y(t)|)dt = \int_0^{\infty} |e(t)|dt \quad (3)$$

In Equation 3, r is the reference value and y is the actual system output. E refers to the error values that are the difference between these two values.

For the PSO and ABC algorithms used in the study, the population number is selected as 20 and the maximum number of iterations is selected as 50. IAE is used as criteria for both algorithms. Calculated cost values are given in Table 2.

Table 2. Optimization cost values

Algorithm	MaxIt	nPop	Fitness Criteria	Cost Values
PSO	50	20	IAE	350.8302
ABC	50	20	IAE	279.7146

PID parameters obtained as a result of PSO, ABC and MATLAB's PID tuning algorithms are given in Table 3.

Table 3. Optimized PID parameters with PSO, ABC and MATLAB autotune algorithms

Optimized PID Controller	P	I	D
Autotuned-PID	8.6074	0.2163	10.2960
PSO-PID	19.9906	19.5096	15.2666
ABC-PID	19.9992	0.0551	12.6064

When the obtained parameters are used, the system response of PID controllers is given in Figure 5.

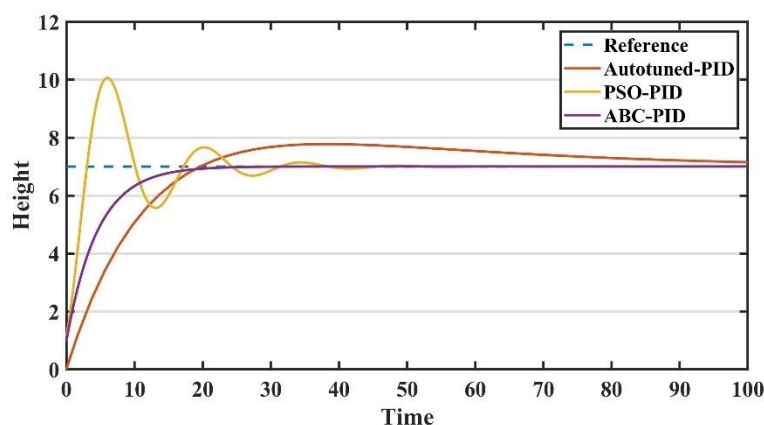


Figure 5. The system response of PID controllers

Max overshoot, rise time, setting time, steady-state error performance evaluation metrics are obtained for all 3 algorithms. The obtained values are given in Table 4. PID performance metrics are given in Figure 6.

Table 4. Performance metrics of PID controllers

PID Controller	Max overshoot (%)	Rise Time (sec)	Settling Time (sec)	Steady-State Error (rad/sec)
Autotuned-PID	11.1033	14.0376	100	0.1517
PSO-PID	43.7130	2.6685	34.6346	0.0001
ABC-PID	0.0735	9.8075	16.7200	0.0046

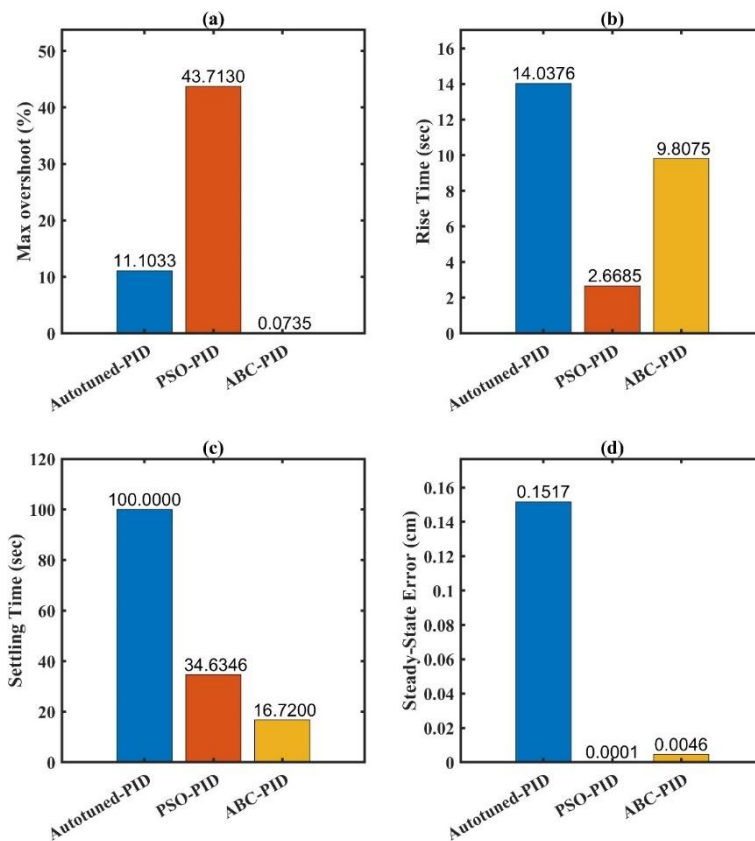


Figure 6. PID performance metrics

When the results obtained are examined, the highest overshoot belongs to PSO-PID with 43.713%, and the least overshoot belongs to ABC-PID with 0.0735%. The fastest rise time belongs to PSO-PID with 2.6685 seconds, and the slowest rise time belongs to Autotuned-PID with 14.0376 seconds. The shortest settling time is ABC-PID with 16.72 seconds, and the longest settling time is Autotuned-PID with 100 seconds. PSO-PID had the lowest steady state error at 0.0001 cm, and Autotuned-PID had the highest at 0.1517 cm.

4. CONCLUSIONS

This study implements a PID control design for a liquid tank filling system. To begin with, a tank system is modeled and the transfer function is determined for this purpose. PID control parameters are then optimized using PSO, ABC, and MATLAB's PID tuning methods. The same number of particles and number of iterations are chosen for PSO and ABC algorithms. Since the volumes of tank systems are certain, it is desired that the excess should not be too much. In addition, the filling process is required to be completed as soon as possible so that the automation system can continue uninterrupted. In addition, as in all systems, the steady state error in tank filling systems is expected to be zero or close to zero. Considering all these expectations, ABC-PID with the least overshoot and acceptable steady-state error gave the best results. The simulation results suggest that the ABC-PID controller can be applied to the liquid tank filling system various industries such as factory automation, agricultural irrigation system, chemical industry.

REFERENCES

- [1] Mien, T. L. *Liquid Level Control of Coupled-Tank System Using Fuzzy-PID Controller*, International Journal of Engineering Research & Technology (IJERT), 6, 11, 2017.
- [2] Turan, A. *PID Controller Design with a New Method Based on Proportional Gain For Cruise Control System*, Journal of Radiation Research and Applied Sciences, 17, 1, 100810, 2024.
- [3] Mohanty, B., Panda, S., and Hota, P. K. *Controller Parameters Tuning of Differential Evolution Algorithm and Its Application to Load Frequency Control of Multi-Source Power System*, International journal of electrical power & energy systems, 54, 77-85, 2014.
- [4] Han, J., Li, Y., Lin, Y., Zhang, N., and Xiong, F. *Research on Tuning Method of PID Controller Parameter for Hybrid Magnetic Bearing*, Journal of Mechanical Science and Technology, 1-11, 2024.
- [5] Osheba, D. S., Hemeida, M. G., Senjyu, T., and Hussein, M. M. *Power System Stability Enhancement Based Optimized PID controller using Archimedes optimization algorithm*, In 2023 IEEE Conference on Power Electronics and Renewable Energy (CPERE), 1-8, IEEE, February, 2023.
- [6] Yakout, A. H., Dashtdar, M., AboRas, K. M., Ghadi, Y. Y., Elzawawy, A., Yousef, A., and Kotb, H. *Neural Network-Based Adaptive PID Controller Design for Over-Frequency Control in Microgrid Using Honey Badger Algorithm*, IEEE Access, 12, 27989-28005, 2024.
- [7] Mohd Tumari, M. Z., Ahmad, M. A., Suid, M. H., Ghazali, M. R., and Tokhi, M. O. *An Improved Marine Predators Algorithm Tuned Data-Driven Multiple-Node Hormone Regulation Neuroendocrine-PID Controller for Multi-Input–Multi-Output Gantry Crane System*, Journal of Low Frequency Noise, Vibration and Active Control, 42, 4, 1666-1698, 2023.
- [8] Abid, S., El-Rifaie, A. M., Elshahed, M., Ginidi, A. R., Shaheen, A. M., Moustafa, G., and Tolba, M. A. *Development of Slime Mold Optimizer with Application for Tuning Cascaded*

- PD-PI Controller to Enhance Frequency Stability in Power Systems*, Mathematics, 11, 8, 1796, 2023.
- [9] Liu, Y., As'array, A., Ahmed, H., Hairuddin, A. A., Hassan, M. K., Zakaria, M. Z., and Yang, S. *Online Optimal Tuning of Fuzzy PID Controller Using Grey Wolf Optimizer for Quarter Car Semi-Active Suspension System*, Advances in Mechanical Engineering, 16, 2, 16878132231219620, 2024.
- [10] Woldeamanuel, L. H., and Ramaveerapathiran, A. *Design of Multivariable PID Control Scheme for Humidity and Temperature Control of Neonatal Incubator*, IEEE Access, 2024.
- [11] Micev, M., Čalasan, M., and Oliva, D. *Fractional Order PID Controller Design for an AVR System Using Chaotic Yellow Saddle Goatfish Algorithm*, Mathematics, 8, 7, 1182, 2020.
- [12] Mohd Tumari, M. Z., Ahmad, M. A., Suid, M. H., and Hao, M. R. *An Improved Marine Predators Algorithm-Tuned Fractional-Order PID Controller for Automatic Voltage Regulator System*, Fractal and Fractional, 7, 7, 561, 2023.
- [13] Izci, D., Abualigah, L., Can, Ö., Andiç, C., and Ekinçi, S. *Achieving Improved Stability for Automatic Voltage Regulation with Fractional-Order PID Plus Double-Derivative Controller and Mountain Gazelle Optimizer*, International Journal of Dynamics and Control, 1-16, 2024.
- [14] Pati, S., Pachori, N., Manik, G., and Verma, O. P. *Design and Optimal Tuning of Fraction Order Controller for Multiple Stage Evaporator System*, Digital Chemical Engineering, 9, 100125, 2023.
- [15] Chen, P., and Luo, Y. *Analytical Fractional-Order PID Controller Design with Bode's Ideal Cutoff Filter for PMSM Speed Servo System*, IEEE Transactions on Industrial Electronics, 70, 2, 1783-1793, 2022.
- [16] Alabsari, N., Saif, A. W. A., El-Ferik, S., Duffua, S., and Derbel, N. *Cooperative Flight Control of a Fleet of Quadrotors Using Fractional Sliding Mode with Potential Field Algorithms*, IEEE Access, 2024.
- [17] Joseph, S. B., Dada, E. G., Abidemi, A., Oyewola, D. O., and Khammas, B. M. *Metaheuristic Algorithms for PID Controller Parameters Tuning: Review, Approaches and Open Problems*, Heliyon, 8, 5, 2022.
- [18] Singh, N. J., Chopra, V., and Pandey, S. *Artificial Bee Colony with Predator Effect Algorithm for Proportional Integral Derivative Controller Tuning*, Journal of Vibration and Control, 10775463231220422, 2024.
- [19] Liu, Y., Jiang, D., Yun, J., Sun, Y., Li, C., Jiang, G., ... and Fang, Z. *Self-tuning Control of Manipulator Positioning Based on Fuzzy PID and PSO Algorithm*, Frontiers in Bioengineering and Biotechnology, 9, 817723, 2022.
- [20] Ma'arif, A., Raharja, N. M., Rosyady, P. A., Baswara, A. R. C., and Nuryono, A. A. *Control of DC Motor Using Proportional Integral Derivative (PID): Arduino Hardware Implementation*, In 2020 2nd International Conference on Industrial Electrical and Electronics (ICIEE), 74-78, IEEE, October, 2020.
- [21] Anggara, B. P., Ma'arif, A., and Abu, N. S. *Design of a Liquid Tank Filling Control System Using PID*, Buletin Ilmiah Sarjana Teknik Elektro, 5, 3, 367-375, 2023.

- [22] Eberhart, R., and Kennedy, J. *Particle Swarm Optimization*, In Proceedings of the IEEE International Conference on Neural Networks, 4, 1942-1948, November, 1995.
- [23] Yazgan, H., Yener, F., Soysal, S., and Ahmet, G. *Comparison Performances of PSO and GA to Tuning PID Controller for the DC Motor*, Sakarya University Journal of Science, 23, 2, 162-174, 2019.
- [24] Said, S. Z., and Thiaw, L. *Performance of Artificial Neural Network and Particle Swarm Optimization Technique based Maximum Power Point Tracking for Photovoltaic System under Different Environmental Conditions*, In Journal of Physics: Conference Series, IOP Publishing, 1049, 1, 012047, July, 2018.
- [25] Nouri, A., Lachheb, A., and El Amraoui, L. *Optimizing Efficiency of Vehicle-To-Grid System with Intelligent Management and ANN-PSO Algorithm for Battery Electric Vehicles*, Electric Power Systems Research, 226, 109936, 2024.
- [26] Rahman, M. M., and Islam, M. S. *PSO and ANN Based Hybrid MPPT Algorithm for Photovoltaic Array Under Partial Shading Condition*, Eng. Int, 8, 1, 9-24, 2020.
- [27] SaberChenari, K., Abghari, H., and Tabari, H. *Application of PSO Algorithm in Short-Term Optimization of Reservoir Operation*, Environmental monitoring and assessment, 188, 1-11, 2016.
- [28] Karaboga, D., and Basturk, B. *A Powerful and Efficient Algorithm for Numerical Function Optimization: Artificial Bee Colony (ABC) Algorithm*, Journal of Global Optimization, 39, 459-471, 2007.
- [29] Şahin, A. Ş., Kılıç, B., and Kılıç, U. *Design and Economic Optimization of Shell and Tube Heat Exchangers Using Artificial Bee Colony (ABC) Algorithm*, Energy Conversion and Management, 52, 11, 3356-3362, 2011.
- [30] Mahmood, Q. A., Nawaf, A. T., and Mohamedali, S. A. *Simulation and Performance of Liquid Level Controllers for Linear Tank*, Jurnal Teknologi, 82, 3, 75-82, 2020.

İSVEÇ ÇAMI (*Pinus contorta*) AHŞABINDA BAZI VERNİK TÜRLERİNİN UYGULANMASI

Doç. Dr. Ümit AYATA¹ ve Prof. Dr. Bekir Cihad BAL²

¹Bayburt Üniversitesi, Sanat ve Tasarım Fakültesi, İç Mimarlık ve Çevre Tasarımı Bölümü, Bayburt, ORCID NO: 0000-0002-6787-7822

²Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu, Malzeme Bölümü, Kahramanmaraş, ORCID NO: 0000-0001-7097-4132

Özet

İsveç çamı ahşabı maden kirişleri, demiryolu traversleri ve direkler için kullanılmaktadır. Bu çalışmada, İsveç çamı (*Pinus contorta*) ahşabında bazı vernik türlerinin (solvent bazlı yarı örtücü ahşap verniği, solvent bazlı akrilik reçine esaslı vernik ve solvent bazlı yat verniği) uygulanması sonrasında renk parametreleri kıyaslanmıştır. Belirlenmiş olan sonuçlara göre, varyans analizleri anlamlı olarak bütün renk parametrelerinde elde edilmiştir. Bütün vernik türlerinin ahşap malzemeye uygulanması ile a^* , b^* ve C^* parametrelerinde artışlar bulunurken, L^* parametresinde azalışlar tespit edilmiştir. ΔE^* değerleri solvent bazlı akrilik reçine esaslı verniğinde 5.93, yat verniğinde 4.16 ve şeffaf örtücü verniğinde 8.49 olarak elde edilmiştir. Bütün vernik türlerinde ΔL^* değerleri negatif olarak belirlenirken, Δa^* , Δb^* ve ΔC^* değerleri pozitif olarak bulunmuştur. a^* , b^* ve C^* parametrelerinde en düşük sonuçlar kontrol örneklerinde (vernik uygulaması yok) bulunmuştur.

Anahtar kelimeler: Solvent bazlı vernik, akrilik vernik, İsveç çamı, renk parametreleri

Application of Some Varnish Types on Lodgepole Pine (*Pinus contorta*) Wood

Abstract

Lodgepole pine wood is used for mine beams, railway sleepers, and poles. In this study, the color parameters of Lodgepole pine (*Pinus contorta*) wood were compared after the application of some types of varnishes (solvent-based semi-opaque wood varnish, solvent-based acrylic resin varnish, and solvent-based yacht varnish). According to the determined results, analysis of variance revealed significant differences in all color parameters. Increases in the a^* , b^* , and C^* parameters were found with the application of all types of varnishes to the wood material, while decreases were observed in the L^* parameter. The ΔE^* values were obtained as 5.93 for solvent-based acrylic resin varnish, 4.16 for yacht varnish, and 8.49 for clear topcoat varnish. In all types of varnishes, the ΔL^* values were determined to be negative, while the Δa^* , Δb^* , and ΔC^* values were found to be positive. The lowest results for the a^* , b^* , and C^* parameters were found in the control samples (without varnish application).

Keywords: Solvent-based varnish, acrylic varnish, Lodgepole pine, color parameters

1. Giriş

Ağaç, karmaşık bir canlı organizma olarak üç ana bölüme ayrılabilir: yapraklarıyla dallar, gövde ve kökler. Kökler ağacı yere bağlar ve topraktan çözünmüş minerallerle su emer. Yapraklar havadaki karbondioksiti emer ve güneş ışığının varlığında, bir katalizör olarak klorofil ile birlikte, karbondioksiti su ile birleştirerek şeker üretir. Sürecin bir yan ürünü olan oksijen, yapraklardan difüze olur. Suda çözünmüş şekerler, dallar boyunca ve gövde boyunca aşağıya taşınır ve gerekirse büyüme için ağacın selülozuna dönüştürülür. Gövde, ağaca yapısal güç sağlar ve mineraller ve nişasta gibi besinler için bir depo görevi görür ve ayrıca iki yönlü bir taşıma ortamı olarak işlev görür (Lyons, 2012).

Hava koşullarının ahşap üzerindeki olumsuz etkisini azaltmak için ahşabın uygun maddelerle yüzey işlemleri ve emprenye edilmesi etkili yöntemler arasında önerilmektedir (Bhat ve ark., 2010; Bonaduce ve ark., 2016; Chang ve Chou, 2000; Rini ve ark., 2021).

Yüzey kaplamaları olarak kullanılan tipik doğal reçineler arasında sandarac, mastik, kolofonya ve dammar sayılabilir. Diğerleri ise örneğin amber, kauri ve copal, sözde fosilleşmiş durumda, yani tarih öncesi ağaç reçinelerinin bir ürünü olarak toprak altında bulunur. Bu reçineler, daha genç ve taze ağaç reçinelerinden önemli ölçüde daha sert ve dayanıklıdır. Bu nedenle, daha fazla aşınma ve yıpranmaya maruz kalan yüzey kaplamalarına, örneğin koltuklar veya mobilyalar için kaplamalara sıkça eklenirler (van den Burg ve Seymour, 2022).

Bir restorasyon verniği, koruyucu tarafından uygulanan ve genellikle tüm boyanmış yüzeyi kaplayan ya da yerel olarak uygulanabilen fırça veya püskürtme yoluyla uygulanan “vernik” olarak tanımlanır (Ford, 2022).

Vernikler genellikle organik çözücülerle ıslatılmış bir pamuklu çubuğun mekanik ve kimyasal etkisiyle çıkarılır. Eski ve oksitlenmiş bir verniği çıkarmak için oldukça polar çözücüler gereklidir ve bu işlem bir tabloya zarar verebilir: boya katmanlarının şişmesi ve şişmesi mekanik streslere yol açar ve çözünür bileşenler boyadan çıkarılabilir (Stolow, 1985).

Akrilik reçineler, olağanüstü berraklık ve renk tutma ile yüksek parlaklıkta malzemeler halinde formüle edilebilir. Mükemmel sertliğe, darbe dayanımına ve dayanıklılığa sahiptirler, bu nedenle otomotiv son katlarında pazara hâkimdirler. Ultraviyole radyasyon, su ve kimyasallar tarafından bozunmaya karşı olağanüstü bir dirence sahiptirler (Randall, 1992). Akrilik polimerler, güneş ışığına karşı yağ bazlı boyalara göre daha dayanıklıdır (Finishes, 2000).

Literatürde çeşitli vernik uygulamalarının yapıldığı bildirilmiştir (Akter ve ark., 2019; Altıparmak, 2017; Ayata, 2014; Aykaç, 2016; Bilgen, 2010; Ceylan, 2016; Çakıcıer, 2007; Dalyan, 2010; Güler, 2010; Gürleyen, 2018; Kılıç, 2019; Koç, 2023; Naide ve ark., 2022; Özder, 2023; Pelit, 2007; Saygın, 2016; Sönmez, 1989; Ulay, 2018; Yazıcı, 2020). Yapılan bu çalışmalarda elde edilen vernik katmanlarında çeşitli üst yüzey testlerinin yapıldığı bildirilmiştir (ısı iletkenlik, renk, parlaklık, yüzey pürüzlülüğü, yüzeye yapışma direnci, vb.).

İsveç çamı (*Pinus contorta*) ahşabında öz odunu açık sarıdan açık sarı-kahverengiye kadar değişir. Odun kabuğu sarı veya neredeyse beyazdır. Ahşap genellikle dar büyüme halkaları olan düz damarlıdır. Ahşap ortalama olarak hafif, oldukça işlenmesi kolay ve ortalama büzülme oranına sahiptir. Kereste, maden kırımları, demiryolu traversleri ve direkler için kullanılır. Daha az önemli kullanımlar arasında direkler ve yakıt üretimi de bulunur (Anonim, 1955).

Bu çalışmada, İsveç çamı (*Pinus contorta*) ahşabı yüzeylerine uygulanmış bazı vernik türlerine ait katmanlarda (solvent bazlı yarı örtücü ahşap verniği, yat verniği ve solvent bazlı akrilik reçine esaslı vernik) elde edilen renk parametreleri kıyaslanmıştır.

2. Materyal ve Metot

2.1. Materyal

2.1.1. Ahşap Malzeme

İsveç çamı (*Pinus contorta*) odunları 100 mm x 100 mm x 15 mm boyutlarında hazırlanmıştır. Numuneler üzerinde iklimlendirme uygulamaları yapılmıştır (20±2°C ile %65 bağıl nem) (ISO 554, 1976).

2.1.2. Vernikler

2.1.2.1. Yat Verniği

Çalışmada, özel bir firmaya ait olan yüksek sertlik özelliğine sahip ve suya karşı çok dirençli olan solvent bazlı yat verniği (katı madde miktarı: %50, yağlı alkid reçine içerikli %60-70, yoğunluğu: 0.87-0.92 g/ml, 2 kat uygulama, 14-16 m²/lt) kullanılmıştır.

2.1.2.2. Solvent Bazlı Yarı Örtücü Ahşap Verniği

Araştırmada, iç ve dış mekân ahşap kaplamaları için formüle edilmiş doğal yağlar, balmumları ve reçinelerin bir karışımı olan özel bir firmaya ait ürün (şeffaf, yoğunluk: 0.87 gr/cm³, uygulama: 16-20 m²/lt, ilk kat kuruma süresi: 6-8 saat, tam kuruma süresi 24-48 saat, 2 kat uygulama) kullanılmıştır.

2.1.2.3. Solvent Bazlı Akrilik Reçine Esaslı Vernik

Çalışmada, özel bir firmaya ait olan solvent bazlı, akrilik reçine esaslı vernik (2 kat uygulama, mat - parlak, yoğunluk: 0.95 gr/cm³, dokunma kuruluğu: 6-8 saat, tam sertleşme: en az 24 saat, viskozite: 24 saniye, katı madde miktarı: %27, iki kat uygulama, 200-250 gr/m²) kullanılmıştır.

2.2. Metot

2.2.1. Verniklerin Ahşap Malzeme Yüzeylerine Uygulanması

Çalışmada, deney örnekleri 80, 120 ve 180 kum zımparalar ile zımparalandıktan sonra yüzeyler bir kompresör yardımıyla temizlenmiştir. Katlar arasında kuruma için 24 saat süre ile beklenilmiştir. Bütün vernikler endüstriyel uygulamalara göre ahşap malzeme yüzeylerine bir fırça yardımıyla uygulanmıştır.

2.2.2. Renk Özelliklerinin Belirlenmesi

CS-10 cihazı kullanılarak renk değişimleri belirlenmiştir (ASTM D 2244-3, 2007). Aşağıdaki formüller ile toplam renk farklılıklarına ait sonuçlar belirlenmiştir.

$$C^* = [(a^*)^2 + (b^*)^2]^{0.5} \quad (1)$$

$$h^0 = \arctan (b^*/a^*) \quad (2)$$

$$\Delta C^* = (C^*_{\text{vernük uygulanmış deney örneği}} - C^*_{\text{vernük uygulanmamış deney örneği}}) \quad (3)$$

$$\Delta a^* = (a^*_{\text{vernük uygulanmış deney örneği}} - a^*_{\text{vernük uygulanmamış deney örneği}}) \quad (4)$$

$$\Delta L^* = (L^*_{\text{vernük uygulanmış deney örneği}} - L^*_{\text{vernük uygulanmamış deney örneği}}) \quad (5)$$

$$\Delta b^* = (b^*_{\text{vernük uygulanmış deney örneği}} - b^*_{\text{vernük uygulanmamış deney örneği}}) \quad (6)$$

$$\Delta H^* = [(\Delta E^*)^2 - (\Delta L^*)^2 - (\Delta C^*)^2]^{0.5} \quad (7)$$

$$\Delta E^* = [(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2]^{0.5} \quad (8)$$

Literatürde ΔC^* : kroma kısmı veya doygunluk farkı ve ΔH^* : ton bölümü veya gölge farkı olarak tanımlanmıştır (Lange, 1999).

Çizelge 1. ΔL^* , Δa^* , Δb^* ve ΔC^* değerlerine ait tanımlamalar (Lange, 1999)

Negatif durumda	Parametre	Pozitif durumda
Referanstan daha koyu	ΔL^*	Referanstan daha açık
Referanstan daha yeşil	Δa^*	Referanstan daha kırmızı
Referanstan daha mavi	Δb^*	Referanstan daha sarı
Mat, referanstan daha bulanık	ΔC^*	Referanstan daha net, daha parlak

Çizelge 2. ΔE^* kıyaslama kriterleri (DIN 5033, 1979)

Toplam renk farkı (ΔE^*)	Görsel renk puanı farkı
<0.2	Algılanamaz
0.2 ila 0.5	Çok zayıf
0.5 ila 1.5	Zayıf
1.5 ila 3.0	Belirgin
3.0 ila 6.0	Çok belirgin
6.0 ila 12.0	Güçlü
> 12.0	Çok güçlü

2.3. İstatistiksel Analiz

Bir istatistik programı ile standart sapmaları, maksimum ve minimum değerleri, ortalama değerleri, homojenlik grupları, varyans analizleri ve yüzde (%) değişim oranları hesaplanmıştır.

3. Bulgular ve Tartışma

Çizelge 3’de toplam renk farklılıklarına ait sonuçları sunulmuştur. Renk değiştirme kriterlerine göre, solvent bazlı akrilik reçine esaslı verniğinde (5.93) ve yat verniğinde (4.16) “çok belirgin (3.0 ila 6.0)” sonuçları elde edildikleri belirlenirken, şeffaf örtücü verniğinde (8.49) “güçlü (6.0 ila 12.0)” kriterinin tespit edildiği görülmüştür. Bütün verniklerin ahşap malzeme yüzeylerine uygulanması ile ΔL^* değerlerinde negatif (referanstan daha koyu) sonuçlar bulunurken, Δa^* , Δb^* ve ΔC^* değerlerinde ise pozitif sonuçlar elde edilmiştir (sırası ile referanstan daha kırmızı, referanstan daha sarı ve referanstan daha net, daha parlak) (Çizelge 3).

Çizelge 3. Toplam renk farklılıklarına ait sonuçları

Vernik Türü	ΔL^*	Δa^*	Δb^*	ΔC^*	ΔH^*	ΔE^*	Renk Değiştirme Kriterleri (DIN 5033, 1979)
Akrilik	-3.32	1.26	4.74	4.90	0.21	5.93	Çok belirgin (3.0 ila 6.0)
Yat verniği	-1.50	1.14	3.71	3.83	0.61	4.16	Çok belirgin (3.0 ila 6.0)
Şeffaf örtücü	-4.57	3.26	6.37	7.07	1.12	8.49	Güçlü (6.0 ila 12.0)

Çizelge 4’de bütün renk parametrelerine ait belirlenmiş olan varyans analizi sonuçları verilmiştir. Vernik türü faktörü bütün renk parametreleri için anlamlı olarak elde edilmiştir (Çizelge 4).

Çizelge 4. Varyans analizi sonuçları

Varyans Kaynağı	Test	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Ortalama Kare	F Değeri	$\alpha \leq 0.05$
Vernik Türü	Işıklılık (L^*)	121.217	3	40.406	192.637	0.000*
	Kırmızı (a^*) renk tonu	55.163	3	18.388	184.751	0.000*
	Sarı (b^*) renk tonu	219.194	3	73.065	795.759	0.000*
	Kroma (C^*)	262.657	3	87.552	801.164	0.000*
	Ton (h°) açısı	46.220	3	15.407	49.263	0.000*
Hata	Işıklılık (L^*)	7.551	36	0.210		
	Kırmızı (a^*) renk tonu	3.583	36	0.100		
	Sarı (b^*) renk tonu	3.305	36	0.092		
	Kroma (C^*)	3.934	36	0.109		
	Ton (h°) açısı	11.259	36	0.313		
Toplam	Işıklılık (L^*)	208989.072	40			
	Kırmızı (a^*) renk tonu	2826.144	40			
	Sarı (b^*) renk tonu	27804.953	40			
	Kroma (C^*)	30604.656	40			
	Ton (h°) açısı	210182.797	40			
Düzeltilmiş Toplam	Işıklılık (L^*)	128.768	39			
	Kırmızı (a^*) renk tonu	58.746	39			
	Sarı (b^*) renk tonu	222.500	39			
	Kroma (C^*)	266.592	39			
	Ton (h°) açısı	57.479	39			
$\alpha \leq 0.05$ sütunu için *: Anlamlı						

Çizelge 5’de bütün renk parametrelerine ait belirlenmiş olan ölçüm sonuçları gösterilmiştir.

Çizelge 5. Bütün renk parametrelerine ait belirlenmiş olan ölçüm sonuçları

Test	Vernik Türü	Ölçüm Sayısı	Ortalama	Değişim Oranı (%)	HG	SS	Minimum	Maksimum	COV
Işıklılık (L^*)	Kontrol	10	74.61	-	A*	0.21	74.28	74.90	0.29
	Akrilik	10	71.29	↓4.45	C	0.39	70.61	71.78	0.55
	Yat verniği	10	73.11	↓2.01	B	0.72	71.75	74.05	0.99
	Şeffaf örtücü	10	70.04	↓6.13	D**	0.35	69.59	70.57	0.50
Kırmızı (a^*) Renk Tonu	Kontrol	10	6.90	-	C**	0.11	6.70	7.06	1.62
	Akrilik	10	8.16	↑18.26	B	0.22	7.88	8.62	2.65
	Yat verniği	10	8.05	↑16.67	B	0.50	7.54	9.11	6.24
	Şeffaf örtücü	10	10.17	↑47.39	A*	0.29	9.76	10.75	2.90
Sarı (b^*) Renk Tonu	Kontrol	10	22.55	-	D**	0.19	22.18	22.88	0.83
	Akrilik	10	27.30	↑21.06	B	0.20	26.96	27.49	0.74
	Yat verniği	10	26.26	↑16.45	C	0.49	25.67	26.79	1.88
	Şeffaf örtücü	10	28.93	↑28.29	A*	0.22	28.60	29.32	0.76
Kroma (C^*)	Kontrol	10	23.59	-	D**	0.18	23.25	23.95	0.77
	Akrilik	10	28.49	↑20.77	B	0.25	28.09	28.81	0.86
	Yat verniği	10	27.42	↑16.24	C	0.52	26.90	28.30	1.91
	Şeffaf örtücü	10	30.66	↑29.97	A*	0.26	30.26	31.04	0.86
Ton (h°) Açısı	Kontrol	10	72.98	-	A	0.29	72.53	73.55	0.40
	Akrilik	10	73.36	↑0.52	A*	0.33	72.58	73.69	0.45
	Yat verniği	10	72.94	↓0.05	A	0.91	71.21	74.20	1.24
	Şeffaf örtücü	10	70.64	↓3.21	B**	0.48	69.66	71.19	0.69

COV: Varyasyon Katsayısı, SS: Standart Sapma,
Homojenlik Grubu (HG) sütunu için *: En yüksek değer, **: En düşük değer

Bütün vernik türlerinin ahşap malzemeye uygulanması ile L^* parametresinde azalışlar elde edilirken, a^* , b^* ve C^* parametrelerinde artışlar bulunmuştur. b^* , a^* ve C^* parametrelerinde en düşük sonuçlar kontrol örneklerinde (verniki uygulaması yok) elde edilmiştir. L^* değerinde en düşük azalış oranı %2.01 ile yat verniğinde görülürken, en yüksek azalış oranı ise %6.13 ile solvent bazlı yarı örtücü ahşap verniğinde görülmüştür. a^* için en düşük artış oranı %16.67 ile yat verniğinde belirlenirken, en yüksek artış oranı ise %47.39 ile solvent bazlı yarı örtücü ahşap verniğinde elde edilmiştir. b^* değerinde en düşük artış oranı %16.45 ile yat verniğinde bulunurken, en yüksek artış oranı ise %28.29 ile solvent bazlı yarı örtücü ahşap verniğinde tespit edilmiştir. C^* parametresinde en düşük artış oranı %16.24 ile yat verniğine ait örnekler üzerinde elde edilirken, en yüksek artış oranı ise %29.97 ile solvent bazlı yarı örtücü ahşap verniğine sahip deney örneklerinde bulunmuştur. h^0 değerinde ise solvent bazlı akrilik reçine esaslı vernikte %0.52 ile artış belirlenirken, yat verniği ile %0.05 ve solvent bazlı yarı örtücü ahşap vernik ile %3.21 ile azalışlar görülmüştür (Çizelge 5).

4. Sonuçlar

- Bütün vernik türlerinin ahşap malzemeye uygulanması ile a^* , b^* ve C^* parametrelerinde artışlar bulunurken, L^* parametresinde azalışlar tespit edilmiştir.
- ΔE^* değerleri yat verniğinde 4.16, solvent bazlı akrilik reçine esaslı verniğinde 5.93 ve şeffaf örtücü verniğinde 8.49 olarak belirlenmiştir.

Kaynaklar

- Akter, M., Attin, A., and Konmaz, C.K., (2019). The effects of water-based color-protective barriers on natural wood veneer, Sigma Journal of Engineering and Natural Sciences, 10(1): 59-68.
- Altıparmak, M., (2017). Ahşap yatlarda kullanılan çeşitli verniklerin farklı ağaç malzemeler üzerindeki performanslarının karşılaştırılması, Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ağaç İşleri Endüstri Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Muğla.
- Anonim, (1955). Forest Products Laboratory (US), Wood Handbook; Basic Information on Wood as a Material of Construction with Data for Its Use in Design and Specification (No. 72). US Government Printing Office.
- ASTM D 2244-3, (2007). Standard practice for calculation of color tolerances and color differences from instrumentally measured color coordinates, ASTM International, West Conshohocken, PA.
- Ayata, Ü., (2014). Isıl işlem görmüş (ThermoWood) bazı ağaç türlerinde kullanılan su-bazlı vernik katmanlarının hızlandırılmış UV yaşlandırma etkisine karşı direncinin belirlenmesi, Düzce Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı, Doktora Tezi, Düzce.
- Aykaç, S., (2016). Çeşitli üstyüzey işlem malzemelerinin bambuda kullanım performansının incelenmesi, Dumlupınar Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İleri Teknolojiler Ana Bilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Kütahya.
- Bhat, I.U.H., Khalil, H.P.S.A., Awang, K.B., Bakare, I.O., and Issam, A.M., (2010). Effect of weathering on physical, mechanical and morphological properties of chemically modified wood materials. Mater. Design, 31: 4363-4368.

- Bilgen, S., (2010). Dış ortam şartlarının verniklenmiş ardıç odununun bazı fiziksel özelliklerine etkisi, Karabük Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Mobilya ve Dekorasyon Eğitimi Ana Bilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Karabük.
- Bonaduce, I., Girolamo, F.D., Corsi, I., Degano, I., Tinè, M.R., and Colombini, M.P., (2016). Terpenoid oligomers of dammar resin. J. Nat. Prod., 79: 845-856.
- Ceylan, H., (2016). Mimoza (*Acacia mollissima*) ve kebrako (*Schinopsis lorentzii*) tanenleri ile emprenye edilen ahşap malzemelerin üst yüzey işlemlerine uygunluklarının araştırılması, Düzce Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Endüstri Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Düzce
- Chang, S.T., and Chou, P.L., (2000). Photodiscoloration inhibition of wood coated with UV-curable acrylic clear coatings and its elucidation. Polym. Degrad. Stab., 69: 355-360.
- Çakıcıer, N., (2007). Ağaç malzeme yüzey işlemi katmanlarında yaşlanma sonucu belirlenen değişiklikler, Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi İstanbul, İstanbul.
- Dalyan, B., (2010). Marine koşullarının verniklenmiş ahşap malzeme üzerine etkileri, Karabük Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Mobilya ve Dekorasyon Eğitimi Ana Bilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Karabük.
- DIN 5033, (1979). Deutsche Normen, Farbmessung. Normenausschuß Farbe (FNF) im DIN Deutsches Institut für Normung eV, Beuth, Berlin März.
- Finishes, F.F., (2000). Paint, Stain, Varnish, or Preservative? It's Your Choice.
- Ford, T., (2022). Revisiting the surface, Edvard Munch and varnishes: a group case study and non-invasive approach to decision-making for painting collections, Faculty of Humanities, University of Oslo, degree of Doctor of Philosophy (PhD).
- Güler, F.D., (2010). Bazı ağaç türlerinde ısı işlem uygulamasının vernik katman özellikleri üzerine etkisi, Düzce Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Endüstri Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Düzce.
- Gürleyen, T., (2018). Isıl işlem görmüş bazı ağaç türlerine uygulanan sentetik vernik, su-bazlı vernik ve tik yağı katmanlarının hızlandırılmış UV yaşlandırma etkisine karşı direncinin saptanması, Düzce Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı, Doktora Tezi, Düzce.
- ISO 554, (1976). Standard atmospheres for conditioning and/or testing, International Standardization Organization, Geneva, Switzerland.
- Kılıç, K., (2019). Doğal yaşlanmış ağaç malzemede üstyüzey işlemlerinin performans özellikleri, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ağaç İşleri Endüstri Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Ankara.
- Koç, E., (2023). Bazı ahşap verniklerinin katman özelliklerine farklı ısı işlem uygulamalarının etkisi, Düzce Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ağaç İşleri Endüstri Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Düzce.
- Lange, D. R. (1999). Fundamentals of Colourimetry - Application Report No. 10e. DR Lange: New York, NY, USA.
- Lyons, A., (2012). Materials for architects and builders. Routledge.
- Naide, T.L., Gonzalez de Cademartori, P.H., Nisgoski, S., and Bolzon de Muñiz, G.I., (2022). Preliminary evaluation of the incorporation of cellulose nanofibers as reinforcement in waterborne wood coatings, Maderas. Ciencia y tecnología, 24(53): 1-12. DOI: 10.4067/s0718-221x2022000100453.
- Özder, C., (2023). Farklı nano malzemeler ile modifiye edilmiş verniklerin ahşap malzemede üst yüzey işlemleri ve antimikrobiyal özelliklerine etkisi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ağaç İşleri Endüstri Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Doktora Tezi, Ankara.
- Pelit, H., (2007). Ağaç malzeme rutubet miktarının su bazlı vernik katman özelliklerine etkisi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Mobilya ve Dekorasyon Eğitimi Ana Bilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Ankara.

- Randall, P.M., (1992). Pollution prevention methods in the surface coating industry, *Journal of Hazardous Materials*, 29(2): 275-295.
- Rini, B., Anwar, K., Teguh, T. K., and Daimon, S., (2021). Production of wood varnish from ambalau resin of *Durio zibethinus* (Murr.): a preliminary study.
- Saygın, E., (2016). Reçine temizleme işleminin su bazlı verniklerin katman performansına etkisi, Düzce Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ağaç İşleri Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Düzce.
- Sönmez, A., (1989). Ağaçtan yapılmış mobilya üst yüzeylerinde kullanılan verniklerin önemli mekanik fiziksel ve kimyasal etkilere karşı dayanıklılıkları, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Ankara.
- Stolow, N., (1985). Solvent Action, in *On Picture Varnishes and their Solvents* (Eds.: R.L. Feller, N. Stolow, E.H. Jones), National Gallery of Art, Washington D.C., pp. 47-116.
- Ulay, G., (2018). Yat ve tekne mobilyalarında kullanılan bazı ağaç türlerine uygulanan termal modifikasyon ve UV yaşlandırma işlemlerinin vernik katman performansları üzerine etkisinin incelenmesi, Düzce Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı, Doktora Tezi, Düzce.
- van den Burg, J.M., and Seymour, K., (2022). Varnishing and Inpainting/Retouching, *Paintings conservation Part 6*.
- Yazıcı, N., (2020). Reçine temizleme işlemlerinin sarıçam ağaç malzemeye uygulanan su bazlı vernikte bazı yüzey özelliklerine etkisi, Kastamonu Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Endüstri Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Kastamonu.

ATIK CAM UNU VE GERİ DÖNÜŞTÜRÜLMÜŞ POLİPROPİLEN İLE ÜRETİLEN KOMPOZİT MALZEMELER ÜZERİNDE BAZI YÜZEY ÖZELLİKLERİNİN ARAŞTIRILMASI

Prof. Dr. Bekir Cihad BAL¹ ve Doç. Dr. Ümit AYATA²

¹Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu, Malzeme Bölümü, Kahramanmaraş, ORCID NO: 0000-0001-7097-4132

²Bayburt Üniversitesi, Sanat ve Tasarım Fakültesi, İç Mimarlık ve Çevre Tasarımı Bölümü, Bayburt, ORCID NO: 0000-0002-6787-7822

Özet

Bu çalışmada, atık plastik sandalyelerden elde edilen geri dönüştürülmüş polipropilen (PP) ve atık cam unu ile üretilen kompozit malzemelerde (grup 1: %100 PP + %0 atık cam unu, grup 2: %85 PP + %15 atık cam unu, grup 3: %70 PP + %30 atık cam unu ve grup 4: %55 PP + %45 atık cam unu ve grup 5: %40 PP + %60 atık cam unu) bazı yüzey özellikleri (beyazlık indeksi: WI^* , parlaklık değerleri ve renk parametreleri) üzerine karışım oranının etkileri araştırılmıştır. Cam unu miktarının artması ile bütün parlaklık derecelerinde, b^* ve h^0 değerlerinde artışlar tespit edilirken, WI^* , a^* ve C^* değerlerinin azalmalar görülmüştür. ΔE^* değerleri grup 2 ile 1.97, grup 3 ile 6.17, grup 4 ile 8.21 ve grup 5 ile 10.74 olarak tespit edilmiştir. Grup 2, 3, 4 ve 5 numaralı örnekler üzerinde ΔL^* ve ΔC^* değerleri negatif olarak tespit edilirken, Δb^* değerleri pozitif olarak bulunmuştur. Cam unu miktarının artması ile ΔH^* , Δb^* ve ΔE^* değerlerinde artışlar belirlenmiştir. Farklı karışım oranları ile farklı yüzey özelliklerine sahip malzemelerin üretildiği görülmüştür.

Anahtar kelimeler: Atık cam unu, atık plastik, renk, kompozit malzeme, parlaklık

Investigation of Some Surface Properties on Composite Materials Produced with Waste Glass Powder and Recycled Polypropylene

Abstract

This study investigates the effects of mixing ratios on certain surface properties (whiteness index: WI^* , glossiness values, and color parameters) of composite materials produced from recycled polypropylene (PP) obtained from waste plastic chairs and waste glass flour (sheet 1: 100% PP + 0% waste glass flour, sheet 2: 85% PP + 15% waste glass flour, sheet 3: 70% PP + 30% waste glass flour, sheet 4: 55% PP + 45% waste glass flour, and group 5: 40% PP + 60% waste glass flour). With the increase in the amount of glass flour, increases in all glossiness levels, b^* and h^0 values are observed, while decreases in WI^* , a^* , and C^* values are seen. The ΔE^* values were determined as 1.97 for group 2 compared to group 1, 6.17 for group 3 compared to group 2, 8.21 for group 4 compared to group 3, and 10.74 for group 5 compared to group 4. Negative ΔL^* and ΔC^* values were observed for samples numbered 2, 3, 4, and 5, while positive Δb^* values were found. With an increase in the amount of glass flour, increases have been determined in ΔH^* , Δb^* , and ΔE^* values. It has been observed that materials with different surface properties are produced with different mixing ratios.

Keywords: Waste glass flour, waste plastic, color, composite material, glossiness

1. Giriş

Plastik kelimesi, “esnek” anlamına gelen “pliable” kelimesinden türetilmiştir ve kolayca şekil verilebilir anlamına gelir. Plastikler istenilen işlevlerine göre kolayca bir şekilden diğerine dönüştürülebilirler. Ayrıca, plastikler polimerler olarak da bilinirler veya “monomerlerin uzun zincirleri” olarak adlandırılırlar, bu da aynı türden alt birimlerin bir araya gelerek bir polimer oluşturduğu anlamına gelir. Polimerler doğal kökenli olabilir, örneğin bitki hücre duvarlarını oluşturan temel alt birimler olan selüloz gibi ve bu da hücrelerin fonksiyonlarını adapte etmelerine yardımcı olur (Asgher ve ark., 2020; Qamar ve ark., 2020; Evode ve ark., 2021).

Polietilen (P.E.), polipropilen (P.P.), polivinil klorür (PVC), polistiren (P.S.), poliüretan (PUR) ve polietilen tereftalat (PET), günlük ihtiyaçları karşılamak için piyasalarda yaygın olarak kullanılan altı farklı plastik türüdür (Shoubi ve ark., 2013; Thakur, 2021).

Plastik atık yönetimi, üç aşamadan oluşan faaliyetleri içerir: toplama, sınıflandırma ve geri kazanım/uzaklaştırma. Sınıflandırma, plastiklerin geri dönüşümü için kritik bir adımdır ve muhtemelen en zorlu adımdır çünkü atık akışında çok çeşitli plastikler bulunmaktadır (Lee, 2002).

Plastik malzemeler hızla dünyaya yayılmaktadır. Plastiğin avantajı, hafif olması ve çok iyi mukavemet, dayanıklılık ve mükemmel şok emme kapasitesine sahip olmasıdır. Plastik korozyona dayanıklı ve kimyasal olarak inerttir. Termal genleşme katsayıları düşüktür. İyi bir termal ve elektriksel yalıtım özelliğine sahiptir. Plastik su geçirmezdir ve iyi bir bağlama özelliğine sahiptir (Al-Tayyar, 2021).

Geri dönüştürülmüş polipropilenin başlıca uygulamalarından biri, doğal liflere dayalı kompozit malzemelerin üretimi için polimerik matris olarak kullanılmasıdır. Bu malzemelerin mekanik özellikleri, başlangıçtaki polipropilen ile benzerdir, bu da geri dönüştürülmüş malzemenin kullanımını kolaylaştırır (BalamCocom ve ark., 2006; Palmay-Paredes ve ark., 2021).

Cam, dünya çapında en temel ve yaygın olarak kullanılan malzemelerden biridir. Kullanım sonrasında, atık cam elekten geçirilebilir, temizlenebilir ve yeni cam ürünleri üretmek için yeniden eritilebilir. Ancak, kirlilikler, çeşitli türler, renkler ve elekten geçirme tesislerinin eksikliği, bu yeniden kullanımı engelleyen bir bariyer oluşturur ve genellikle stoklarda birikir veya depolama alanlarına gönderilir (Dong ve ark., 2021; Amin ve ark., 2022; Hamada ve ark., 2022).

Cam, birçok formda üretilir, bunlar arasında ambalaj veya kap camı (şişeler ve kavanozlar), düz cam (pencereler ve ön camlar), ampul camı (ampul camları) ve katot ışın tüpü camı (TV ekranları, monitörler vb.) bulunur; hepsi de üretildikleri şekilde sınırlı bir ömre sahiptir ve çevresel sorunlara yol açacak biçimde biriktirilirse veya depolama alanlarına gönderilirse, tekrar kullanılması/geri dönüştürülmesi gerekir. Bu makale, kap camının geri dönüşüm yönleriyle ilgilenmektedir ve bundan sonra geçen “cam” terimi sadece bu türü ifade eder (Shayan ve Xu, 2004).

Şişe camı atıkları, çok büyük miktarlarda mevcut olup cam endüstrisi için önemli bir kaynak oluşturur. Ayrıca, bina malzemeleri endüstrisi için mevcut malzemelere alternatif olarak köpük cam olarak da değerlendirilebilir. Son on yıllarda, genel olarak geri dönüşüm malzemelerine ve özellikle cam atıklarına olan ilgi, sürdürülebilir bir kalkınma gereksinimi sonucunda artmıştır (Dragoescu ve ark., 2018).

Bu çalışmada, atık plastik sandalyelerden elde edilen geri dönüştürülmüş polipropilen (PP) ve atık cam unu ile üretilen kompozit malzemeler üzerinde bazı yüzey özellikleri üzerine karışım oranının etkileri incelenmiştir.

2. Materyal ve Metot

2.1. Materyal

2.1.1. Atık Plastik Malzeme

Bu araştırmada, polimer matris olarak çöplerden elde edilen eski ve atık plastik sandalye malzemeleri kullanılmıştır. Yapılan diferansiyel taramalı kalorimetre (DSC) analizine göre polimer matrisinin polipropilen (PP) ve doğrusal düşük yoğunluklu polietilen (LLDPE) içeriğine sahip oldukları anlaşılmıştır.

2.1.2. Atık Cam Unu Malzeme

Evsel kullanımdan toplanan içecek şişeleri cam unu için kullanılmıştır. Şişeler çekiçe küçük parçalara bölünmüştür. Bir öğütücü kullanılarak öğütme işlemi gerçekleştirilmiştir. Daha sonra bu cam unu elenmiştir. Eleme sonunda elde edilen, 60 mesh elekten geçen ve 80 mesh elek üzerinde kalan cam unu bu araştırmada kullanılmıştır.

2.2. Metot

2.2.1. Kompozit Grupların Üretimi

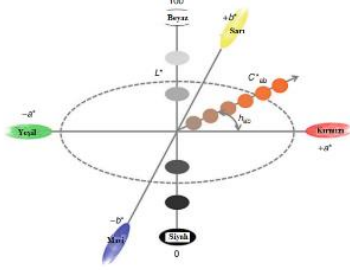
Çalışmada 5 farklı grupta kompozit malzeme üretilmiştir (grup 1: %100 PP + %0 atık cam unu, grup 2: %85 PP + %15 atık cam unu, grup 3: %70 PP + %30 atık cam unu ve grup 4: %55 PP + %45 atık cam unu ve grup 5: %40 PP + %60 cam unu). Atık sandalyeler küçük parçalara bölündükten sonra atık cam unu ile karıştırılmıştır. Daha sonra karışım, tek vidalı ekstruder ile 150°C, 165°C ve 175°C sıcaklıklarda gerçekleştirilmiştir. Karışım ekstruder çıkışındaki 3 mm çapındaki nozuldan iplik halinde alınarak masa üzerinde soğumaya bırakılmıştır. Devamında bu malzeme parçalanarak küçük peletler elde edilmiştir. Homojen bir karışım elde etmek için malzeme ekstruderde iki kez işlenmiştir. Daha sonra bu peletler tekrar ekstruderden geçirilmiş, tekrar masa üzerinde soğutulmuş ve tekrar kırılarak küçük peletler elde edilmiştir. Bu peletler metal bir kalıba yerleştirilmiş ve 180°C sıcaklıkta elektrikle ısıtılan sıcak prese aktarılmıştır. Yapışmayı önlemek için yapışmaz pişirme kâğıdı kullanılmıştır. Peletler 12 dakikalık bir süre boyunca ısıtılmış ve eritilmiştir. Bu süre sonunda eriyen kompozitler metal kalıp ile sıcak prestan çıkarılarak hemen soğuk pres içerisine yerleştirilmiştir. Soğuk preste 5 dakika boyunca toplam 5 ton basınç uygulanmıştır. Presleme işleminden sonra kompozit plaka metal kalıptan çıkarılarak 3.5 mm x 175 mm x 175 mm (kalınlık x genişlik x uzunluk) boyutlarında kompozit plakalar elde edilmiştir. Bu plakalardan test örnekleri hazırlanmıştır.

2.2.2. Testler

Çalışmada yapılan testlere ait çeşitli bilgiler ve cihazlara ait resimler Çizelge 1’de, Δa^* , ΔC^* , Δb^* ve ΔL^* tanımlamaları (Lange, 1999) Çizelge 2’de ve ΔE^* kıyaslama kriterleri (DIN 5033, 1979) Çizelge 3’de verilmiştir.

Bir istatistik programı ile minimum ortalamaları, maksimum ölçüm değerleri, homojenlik grupları, ölçüm değerleri, standart sapmaları, çok değişkenli varyans analizleri ve yüzde (%) değişim oranları hesaplanmıştır.

Çizelge 1. Çalışmada yapılan testlere ait çeşitli bilgiler ve cihazlara ait resimler

Test	Ölçüm Cihazına ait Resim	Test Hakkında Bilgiler
Parlaklık Ölçümleri		Parlaklık cihazı (ETB-0833 model gloss meter) (Vetus Electronic Technology Co., Ltd., CN) 20°, 60° ve 85°'lerde Standart: ISO 2813, (1994)
Renk Ölçümleri		Renk cihazı (CS-10 colorimeter) (CHN Spec, Çin) [Ölçüm koşulları: CIE 10° standart gözlemci; CIE D65 ışık kaynağı, aydınlatma sistemi: 8/d (8°/dağılık aydınlatma)] $\Delta a^* = [a^*_{\text{cam unu + plastik}}] - [a^*_{\text{plastik}}]$ (1) $\Delta L^* = [L^*_{\text{cam unu + plastik}}] - [L^*_{\text{plastik}}]$ (2) $\Delta b^* = [b^*_{\text{cam unu + plastik}}] - [b^*_{\text{plastik}}]$ (3) $\Delta E^* = [(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2]^{1/2}$ (4) Standart: ASTM D2244-3, (2007)  CIELAB renk uzayının şematik gösterimi (Cheung, 2016)
Beyazlık İndeksi (WI*) Ölçümleri		Beyazlık indeksi ölçüm cihazı (Whiteness Meter BDY-1) Standart: ASTM E313-15e1, (2015)

Çizelge 2. Δa^* , ΔC^* , Δb^* ve ΔL^* tanımlamaları (Lange, 1999)

Test	Pozitif durumdaki açıklama	Negatif durumdaki açıklama
Δb^*	Referanstan daha sarı	Referanstan daha mavi
ΔL^*	Referanstan daha açık	Referanstan daha koyu
Δa^*	Referanstan daha kırmızı	Referanstan daha yeşil
ΔC^*	Referanstan daha net, daha parlak	Referanstan daha bulanık, mat

Çizelge 3. ΔE^* kıyaslama kriterleri (DIN 5033, 1979)

Toplam renk farkı (ΔE^*)	Görsel renk puanı farkı
<0.2	Algılanamaz
0.2 ila 0.5	Çok zayıf
0.5 ila 1.5	Zayıf
1.5 ila 3.0	Belirgin
3.0 ila 6.0	Çok belirgin
6.0 ila 12.0	Güçlü
> 12.0	Çok güçlü

3. Bulgular ve Tartışma

Varyans analizi sonuçları Çizelge 4’de sunulmaktadır. Bütün testler üzerinde karışım oranı faktörü anlamlı olarak elde edilmiştir (Çizelge 4).

Çizelge 4. Varyans analizi sonuçları

Varyans Kaynağı	Test	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Ortalama Kare	F Değeri	$\alpha \leq 0.05$
Karışım Oranı	Işıklılık (L^*)	37.496	4	9.374	429.908	0.000*
	Kırmızı (a^*) renk tonu	722.130	4	180.532	735.523	0.000*
	Sarı (b^*) renk tonu	43.548	4	10.887	763.541	0.000*
	Kroma (C^*)	562.538	4	140.634	447.836	0.000*
	Ton (h°) açısı	908.404	4	227.101	1030.116	0.000*
	20°’de parlaklık	5.400	4	1.350	60.750	0.000*
	60°’de parlaklık	1175.456	4	293.864	1810.498	0.000*
	85°’de parlaklık	11622.216	4	2905.554	2130.033	0.000*
	Beyazlık indeksi	36.586	4	9.147	337.648	0.000*
Hata	Işıklılık (L^*)	0.981	45	0.022		
	Kırmızı (a^*) renk tonu	11.045	45	0.245		
	Sarı (b^*) renk tonu	0.642	45	0.014		
	Kroma (C^*)	14.131	45	0.314		
	Ton (h°) açısı	9.921	45	0.220		
	20°’de parlaklık	1.000	45	0.022		
	60°’de parlaklık	7.304	45	0.162		
	85°’de parlaklık	61.384	45	1.364		
	Beyazlık indeksi	1.219	45	0.027		
Toplam	Işıklılık (L^*)	66524.747	50			
	Kırmızı (a^*) renk tonu	34250.369	50			
	Sarı (b^*) renk tonu	3197.005	50			
	Kroma (C^*)	37477.333	50			
	Ton (h°) açısı	16379.936	50			
	20°’de parlaklık	32.320	50			
	60°’de parlaklık	6425.640	50			
	85°’de parlaklık	61991.520	50			
	Beyazlık indeksi	352.810	50			
Düzeltilmiş Toplam	Işıklılık (L^*)	38.477	49			
	Kırmızı (a^*) renk tonu	733.175	49			
	Sarı (b^*) renk tonu	44.190	49			
	Kroma (C^*)	576.669	49			
	Ton (h°) açısı	918.325	49			
	20°’de parlaklık	6.400	49			
	60°’de parlaklık	1182.760	49			
	85°’de parlaklık	11683.600	49			
	Beyazlık indeksi	37.805	49			
*: Anlamlı						

Renk parametrelerine ait belirlenmiş olan ölçüm sonuçları Çizelge 5’de verilmiştir. L^* için en yüksek sonuç grup 5 numaralı örnekler üzerinde (37.95) elde edilirken, en düşük sonuç ise grup 2 numaralı kompozit örnekler üzerinde (35.56) tespit edilmiştir. a^* parametresinde cam unu miktarının artması ile azalışlar görülmüştür. a^* değerlerinde en yüksek sonuç grup 1 numaralı kompozit örnekler üzerinde (31.11) bulunurken, en düşük sonuç ise grup 5 numaralı örneklerde (20.79) belirlenmiştir. b^* testinde cam unu miktarının artması ile artışlar tespit edilmiştir. b^* değerlerinde en yüksek sonuç grup 5 numaralı malzemelerde (9.03) tespit edilirken, en düşük sonuç ise grup 1 numaralı örnekler üzerinde (6.71) bulunmuştur. C^* parametresinde cam unu miktarının artması ile azalışlar elde edilmiştir. C^* değerlerinde en yüksek sonuç grup 1 numaralı kompozit malzemelerde (31.82) belirlenirken, en düşük sonuç ise grup 5 numaralı örnekler

üzerinde (22.67) görülmüştür. h^o değerlerinde cam unu miktarının artması ile artışlar belirlenmiştir. h^o için en yüksek sonuç grup 5 numaralı örnekler üzerinde (23.49) görülürken, en düşük sonuç ise grup 1 numaralı örnekler kompozit malzemeler üzerinde (12.17) elde edilmiştir (Çizelge 5).

Çizelge 5. Renk parametrelerine ait belirlenmiş olan ölçüm sonuçları

Test	Grup Türü	PP (%)	Cam Unu (%)	Ölçüm Sayısı	Orta-lama	Değişim (%)	HG	SS	Mini-mum	Maksi-mum	COV
L^*	Grup 1	100	0	10	36.07	-	C	0.11	35.91	36.25	0.30
	Grup 2	85	15	10	35.56	↓1.41	E**	0.16	35.16	35.76	0.46
	Grup 3	70	30	10	35.85	↓0.61	D	0.06	35.72	35.92	0.15
	Grup 4	55	45	10	36.91	↑2.33	B	0.18	36.71	37.35	0.49
	Grup 5	40	60	10	37.95	↑5.21	A*	0.19	37.57	38.20	0.49
a^*	Grup 1	100	0	10	31.11	-	A*	0.13	30.91	31.28	0.42
	Grup 2	85	15	10	29.22	↓6.08	B	0.42	28.77	30.04	1.44
	Grup 3	70	30	10	25.16	↓19.13	C	0.76	23.92	26.02	3.01
	Grup 4	55	45	10	23.18	↓25.49	D	0.55	22.10	23.93	2.36
	Grup 5	40	60	10	20.79	↓33.17	E**	0.40	20.15	21.38	1.93
b^*	Grup 1	100	0	10	6.71	-	E**	0.14	6.53	6.83	2.08
	Grup 2	85	15	10	6.96	↑3.73	D	0.09	6.89	7.18	1.24
	Grup 3	70	30	10	8.35	↑24.44	C	0.07	8.24	8.43	0.81
	Grup 4	55	45	10	8.66	↑29.06	B	0.15	8.44	8.94	1.71
	Grup 5	40	60	10	9.03	↑34.58	A*	0.13	8.87	9.20	1.47
C^*	Grup 1	100	0	10	31.82	-	A*	0.11	31.65	31.95	0.34
	Grup 2	85	15	10	30.04	↓5.59	B	0.41	29.61	30.84	1.36
	Grup 3	70	30	10	26.51	↓16.69	C	0.97	25.30	28.35	3.67
	Grup 4	55	45	10	24.79	↓22.09	D	0.56	23.79	25.83	2.28
	Grup 5	40	60	10	22.67	↓28.76	E**	0.35	22.01	23.19	1.56
h^o	Grup 1	100	0	10	12.17	-	E**	0.28	11.83	12.42	2.32
	Grup 2	85	15	10	13.40	↑10.11	D	0.24	13.14	14.02	1.78
	Grup 3	70	30	10	18.36	↑50.86	C	0.38	17.95	19.00	2.08
	Grup 4	55	45	10	20.51	↑68.53	B	0.69	19.46	21.75	3.37
	Grup 5	40	60	10	23.49	↑93.02	A*	0.58	22.76	24.35	2.49
PP: Polipropilen, COV: Varyasyon Katsayısı, *: En yüksek sonuç, **: En düşük sonuç, SS: Standart Sapma, HG: Homojenlik Grubu											

Beyazlık indeksi (WI^*) değerlerine ait belirlenmiş olan ölçüm sonuçları Çizelge 6'da gösterilmiştir.

Çizelge 6. Beyazlık indeksi (WI^*) değerlerine ait belirlenmiş olan ölçüm sonuçları

Test	Grup Türü	PP (%)	Cam Unu (%)	Ölçüm Sayısı	Orta-lama	Değişim (%)	HG	SS	Mini-mum	Maksi-mum	COV
WI^*	Grup 1	100	0	10	4.15	-	A*	0.31	3.60	4.50	7.47
	Grup 2	85	15	10	1.86	↓55.18	D**	0.05	1.80	1.90	2.78
	Grup 3	70	30	10	1.95	↓53.01	D	0.07	1.80	2.00	3.63
	Grup 4	55	45	10	2.03	↓51.08	C	0.16	1.80	2.20	7.72
	Grup 5	40	60	10	2.56	↓38.31	B	0.08	2.50	2.70	3.29
PP: Polipropilen, COV: Varyasyon Katsayısı, *: En yüksek sonuç, **: En düşük sonuç, SS: Standart Sapma, HG: Homojenlik Grubu											

En yüksek WI^* değerleri grup 1 numaralı örneklerde (4.15) belirlenirken, en düşük sonuçlar ise grup 2 numaralı örneklerde (1.86) görülmüştür. Cam unu miktarının artması ile WI^* değerlerinin azaldığı görülmektedir (Çizelge 6).

Parlaklık değerlerine ait belirlenmiş olan ölçüm sonuçları Çizelge 7’de sunulmuştur. Bütün parlaklık derecelerinde cam unu miktarının artması ile artışlar tespit edilmiştir. Bütün derecelerde en düşük sonuçlar grup 1 numaralı örnekler üzerinde tespit edilmiştir. 20 ve 60 derecelerde en düşük sonular grup 5 numaralı kompozit örneklerde bulunurken, 85 derecedeki parlaklık değerlerinde ise grup 4 numaralı örnekler üzerinde bulunmuştur (Çizelge 7).

Çizelge 7. Parlaklık değerlerine ait belirlenmiş olan ölçüm sonuçları

Test	Grup Türü	PP (%)	Cam Unu (%)	Ölçüm Sayısı	Orta-lama	Değişim (%)	HG	SS	Mini-mum	Maksi-mum	COV
20°	Grup 1	100	0	10	0.32	-	E**	0.20	0.10	0.60	63.87
	Grup 2	85	15	10	0.50	↑56.25	D	0.00	0.50	0.50	0.00
	Grup 3	70	30	10	0.66	↑106.25	C	0.17	0.40	0.90	25.95
	Grup 4	55	45	10	0.84	↑162.50	B	0.20	0.70	1.20	23.27
	Grup 5	40	60	10	1.28	↑300.00	A*	0.04	1.20	1.30	3.29
60°	Grup 1	100	0	10	2.26	-	E**	0.42	1.90	2.80	18.80
	Grup 2	85	15	10	7.90	↑249.56	D	0.22	7.50	8.10	2.80
	Grup 3	70	30	10	11.86	↑424.78	C	0.41	11.30	12.50	3.45
	Grup 4	55	45	10	12.60	↑457.52	B	0.64	11.90	13.70	5.07
	Grup 5	40	60	10	16.58	↑633.63	A*	0.08	16.50	16.70	0.48
85°	Grup 1	100	0	10	1.60	-	D**	0.00	1.60	1.60	0.00
	Grup 2	85	15	10	34.80	↑2075.00	C	0.99	33.40	36.10	2.84
	Grup 3	70	30	10	39.64	↑2377.50	B	0.50	39.10	40.50	1.25
	Grup 4	55	45	10	41.34	↑2483.75	A*	2.07	39.20	44.00	5.00
	Grup 5	40	60	10	41.22	↑2476.25	A	1.15	39.10	42.00	2.79
PP: Polipropilen, COV: Varyasyon Katsayısı, *: En yüksek sonuç, **: En düşük sonuç, SS: Standart Sapma, HG: Homojenlik Grubu											

Toplam renk farklılıklarına ait sonuçları Çizelge 8’de sunulmuştur. ΔE^* değerleri grup 2’de 1.97 ile “zayıf (0.5 ila 1.5)” kriteri olarak, grup 3’de 6.17 ile “çok belirgin (3.0 ila 6.0)” kriteri olarak, grup 4’de 8.21 ile “güçlü (6.0 ila 12.0)” kriteri olarak ve grup 5’de 10.74 ile “çok güçlü (> 12.0)” kriteri olarak elde edilmiştir. ΔC^* ve Δa^* değerleri negatif (sırasıyla: referanstan daha bulanık, mat ve referanstan daha yeşil) olarak bulunurken, Δb^* değerleri pozitif (referanstan daha sarı) olarak bulunmuştur. Cam unu miktarının artması ile ΔH^* , Δb^* ve ΔE^* değerlerinde artışlar elde edilmiştir. (Çizelge 8).

Çizelge 8. Toplam renk farklılıklarına ait sonuçlar

Grup Türü	PP (%)	Cam Unu (%)	ΔL^*	Δa^*	Δb^*	ΔC^*	ΔH^*	ΔE^*	Renk değiştirme kriteri (DIN 5033, 1979)
Grup 2	85	15	-0.51	-1.88	0.25	-1.78	0.67	1.97	Zayıf (0.5 ila 1.5)
Grup 3	70	30	-0.22	-5.94	1.64	-5.31	3.13	6.17	Çok belirgin (3.0 ila 6.0)
Grup 4	55	45	0.84	-7.93	1.95	-7.03	4.15	8.21	Güçlü (6.0 ila 12.0)
Grup 5	40	60	1.88	-10.32	2.32	-9.15	5.30	10.74	Çok güçlü (> 12.0)

Literatürde üretilen çeşitli kompozit malzemeler (kullanılan malzemeler: yüksek ve düşük yoğunluklu polietilen, atık cam unu, atık odun unu) üzerinde de farklı karışım oranları sonrasında farklı renk özelliklerinin elde edildikleri bildirilmiştir (Bal ve Ayata, 2022a;b;c;d;2023a;b;c; Çavuş, 2017).

4. Sonuçlar ve Öneriler

- Cam unu miktarının artması ile ΔH^* , Δb^* ve ΔE^* değerlerinde artışlar görülmüştür.

- Farklı karışım oranları ile farklı yüzey özelliklerine sahip malzemelerin üretildiği görülmüştür.
- Elde edilen kompozit malzemeler üzerinde korozyon testi, tuzlu sis korozyon testi, termal, yapay veya doğal yaşlandırma uygulamalarının yapılması önerilmektedir.

Kaynaklar

- Al-Tayyar, T.A., (2021). Characteristics of plastic solid wastes in Mosul city and their reuse, IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 779(1): 012071. DOI: 10.1088/1755-1315/779/1/012071.
- Amin, M., Zeyad, A.M., Tayeh, B.A., and Agwa, I.S., (2022). Effect of ferrosilicon and silica fume on mechanical, durability, and microstructure characteristics of ultra high-performance concrete, Construction and Building Materials, 320: 126233. DOI: 10.1016/j.conbuildmat.2021.126233.
- Asgher, M., Afzal, M., Qamar, S.A., and Khalid, N., (2020). Optimization of biosurfactant production from chemically mutated strain of Bacillus subtilis using waste automobile oil as low-cost substrate, Environmental Sustainability, 3: 405-413.
- ASTM D 2244-3, (2007). Standard practice for calculation or color tolerances and color, differences from instrumentally measured color coordinates, ASTM International, West Conshohocken, PA.
- ASTM E313-15e1, (2015). Standard practice for calculating yellowness and whiteness indices from instrumentally measured color coordinates, ASTM International, West Conshohocken, PA.
- Bal, B.C., ve Ayata, Ü., (2022a). Düşük yoğunluklu polietilen ile üretilen odun plastik kompozit malzemenin renk ve parlaklığı üzerine karışım oranının etkisi, Karabakh III. International Congress of Applied Sciences, 7-10 Haziran 2022, Karabağ, Azerbaycan, 88-97.
- Bal, B.C., ve Ayata, Ü., (2022b). Yüksek yoğunluklu polietilen (YYPE) ve karaçam odun unundan hazırlanmış odun plastik kompozit malzemelerin renk, parlaklık ve beyazlık indeksinin belirlenmesi, Latin Amerika 4. Uluslararası Bilimsel Araştırmalar Kongresi, 5-6 Kasım 2022, Mexico City, 354-364.
- Bal, B.C., ve Ayata, Ü., (2022c). Odun unu, tetra Pak® kutu ve geri dönüşümden elde edilen polietilen ile üretilen odun-plastik kompozit malzemelerin renk özelliklerinin belirlenmesi, Akdeniz 8. Uluslararası Uygulamalı Bilimler Kongresi, 19-20 Kasım 2022, Girne, 295-304.
- Bal, B.C., ve Ayata, Ü., (2022d). Yüksek yoğunluklu polietilen (YYPE) ve ceviz meyvesi kabuğu unu kullanılarak üretilen odun plastik kompozit malzemelerde bazı yüzey özellikleri üzerine karışım oranının etkisi, 4. Uluslararası Bilimsel Araştırmalar ve İnovasyon Kongresi, 24-25 Aralık 2022, İstanbul, Türkiye, 491-501.
- Bal, B.C., ve Ayata, Ü., (2023a). Atık cam unu, odun unu ve geri dönüştürülmüş polietilen ile üretilen odun plastik kompozit malzemenin renk, parlaklık ve beyazlık indeksinin belirlenmesi üzerine bir araştırma, European Conferences 2. Uluslararası Sağlık, Mühendislik Ve Uygulamalı Bilimler Kongresi, 4-6 Ağustos 2023 Belgrad, 83-94.
- Bal, B.C., ve Ayata, Ü., (2023b). Atık cam unu ve yüksek yoğunluklu polietilen (YYPE) kullanılarak üretilmiş kompozit malzemelerin parlaklık, renk ve beyazlık indeksi üzerine parçacık boyutunun etkisi, Avrasya Zirvesi 7. Uluslararası Uygulamalı Bilimler Kongresi, 10-12 Mart 2023, Budapeşte, Macaristan, 304-313.
- Bal, B.C., ve Ayata, Ü., (2023c). Tetra Pak® kutu, atık cam unu ve geri dönüştürülmüş düşük yoğunluklu polietilen (GD-DYPE) kullanılarak üretilmiş kompozit malzemelerde bazı yüzey özellikleri üzerine karışım oranının etkisi, European Conferences 1. Uluslararası Sağlık, Mühendislik Ve Uygulamalı Bilimler Kongresi, 5-7 Mayıs 2023, Bükreş, 567-577.

- Balam-Cocom, R.J., Duarte-Aranda, S., and Canché-Escamilla, G., (2006). Obtención y caracterización de materiales compuestos de fibras de la “piña” de henequén y polipropileno, *Revista Mexicana de Ingeniería Química*, 5: 39- 44.
- Cheung, T.L.V., (2016). Uniform Color Spaces, Chen, J., Cranton, W., and Fihn, M. (Eds.). (2016). *Handbook of visual display technology*, Berlin/Heidelberg, Germany: Springer.
- Çavuş, V., (2017). Farklı erime akış indeksine sahip polipropilen esaslı ahşap polimer kompozitlerin özelliklerinin belirlenmesi, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Endüstri Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Doktora Tezi, Kahramanmaraş.
- DIN 5033, (1979). Deutsche Normen, Farbmessung. Normenausschuß Farbe (FNF) im DIN Deutsches Institut für Normung eV, Beuth, Berlin März.
- Dong, W., Li, W., and Tao, Z., (2021). A comprehensive review on performance of cementitious and geopolymeric concretes with recycled waste glass as powder, sand or cullet. *Resources, Conservation and Recycling*, 172: 105664. DOI: 10.1016/j.resconrec.2021.105664.
- Dragoescu, M.F., Paunescu, L., Axinte, S.M., and Fiti, A., (2018). Influence of the color of bottle glass waste on the characteristics of foam glass produced in microwave field, *International Journal of Science and Engineering Investigations*, 7(72): 95-100.
- Evode, N., Qamar, S.A., Bilal, M., Barceló, D., and Iqbal, H.M., (2021). Plastic waste and its management strategies for environmental sustainability, *Case Studies in Chemical and Environmental Engineering*, 4: 100142. DOI: 10.1016/j.cscee.2021.100142.
- Hamada, H., Alattar, A., Tayeh, B., Yahaya, F., and Thomas, B., (2022). Effect of recycled waste glass on the properties of high-performance concrete: A critical review, *Case Studies in Construction Materials*, 17: e01149. DOI: 10.1016/j.cscm.2022.e01149.
- ISO 2813, (1994). Paints and varnishes - determination of specular gloss of non-metallic paint films at 20 degrees, 60 degrees and 85 degrees, International Organization for Standardization, Geneva, Switzerland.
- Lange, D.R., (1999). *Fundamentals of Colourimetry - Application Report No. 10e*. DR Lange: New York, NY, USA.
- Lee, C.Y.D., (2002). Extended Producer Responsibility and the Market Development for Recycled Plastics. Two Norwegian Cases of Using Recycled Polypropylene in Chairs, Master of Science in Environmental Management and Policy Lund, Sweden, Master's Theses, September 2002.
- Palmay-Paredes, P.G., Morocho-Delgado, S., Puente-Guijarro, C., and Donoso-Quimbata, C., (2021). Thermic pyrolysis of polypropylene waste as a source of fuel. *Revista Mexicana de Ingeniería Química*, 20(2): 1019-1027. DOI: 10.24275/rmiq/IA2321.
- Qamar, S.A., Ashiq, M., Jahangeer, M., Riasat, A., and Bilal, M., (2020). Chitosan-based hybrid materials as adsorbents for textile dyes-A review, *Case Studies in Chemical and Environmental Engineering*, 2: 100021. DOI: 10.1016/j.cscee.2020.100021.
- Shayan, A., and Xu, A., (2004). Value-added utilisation of waste glass in concrete. *Cement and concrete research*, 34(1): 81-89. DOI: 10.1016/S0008-8846(03)00251-5.
- Shoubi, M.V., Shoubi, M.V., and Barough, A.S., (2013). Investigating the application of plastic bottle as a sustainable material in the building construction. *International Journal of Science, Engineering and Technology Research*, 2(1): 28-34.
- Thakur, A., and Singh, A. (2021). Review on utilization of waste plastic in civil engineering construction projects, *International Journal of Engineering Research & Technology (IJERT)* ISSN, 2278-0181.

GERİ DÖNÜŞTÜRÜLMÜŞ POLİPROPİLEN VE ODUN UNU İLE ÜRETİLEN KOMPOZİT MALZEMENİN BAZI YÜZEY ÖZELLİKLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI

Prof. Dr. Bekir Cihad BAL¹ ve Doç. Dr. Ümit AYATA²

¹Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu, Malzeme Bölümü, Kahramanmaraş, ORCID NO: 0000-0001-7097-4132

²Bayburt Üniversitesi, Sanat ve Tasarım Fakültesi, İç Mimarlık ve Çevre Tasarımı Bölümü, Bayburt, ORCID NO: 0000-0002-6787-7822

Özet

Bu çalışmada, farklı karışım oranları ile üretilen kompozit malzemelerin (grup 1: %100 PP + %0 atık odun unu, grup 2: %85 PP + %15 atık odun unu, grup 3: %70 PP + %30 atık odun unu ve grup 4: %55 PP + %45 atık odun unu) seçilmiş bazı yüzey özellikleri (beyazlık indeksi: WI^* , parlaklık değerleri ve renk parametreleri) araştırılmıştır. Bütün testler üzerinde karışım oranı faktörü için varyans analizlerinin anlamlı olarak elde edildikleri görülmüştür. ΔE^* değerleri grup 2 ile 3.64, grup 3 ile 2.63 ve grup 4 ile 4.15 olarak tespit edilmiştir. Grup 2, 3 ve 4 ile üretime sahip örneklerde grup 1'e kıyasla WI^* değerlerinde, L^* , a^* , b^* ve C^* değerlerinde azalışlar elde edilirken, 20 ve 60 derecelerde parlaklık değerlerinde ve h^0 değerinde artışlar bulunmuştur. Grup 2, 3 ve 4 numaralı örnekler üzerinde Δb^* , ΔL^* , Δa^* ve ΔC^* değerleri negatif olarak elde edilmiştir. Farklı karışım oranları ile üretilen kompozit malzemeler üzerinde renk, parlaklık ve beyazlık indeksi testleri açısından farklı sonuçların elde edildiği belirlenmiştir.

Anahtar kelimeler: Atık odun unu, parlaklık, atık plastik, kompozit malzeme, renk

Comparison of Some Surface Properties of Composite Material Produced with Recycled Polypropylene and Wood Flour

Abstract

This study compares selected surface properties (whiteness index: WI^* , glossiness values, and color parameters) of composite materials produced at different ratios (sheet 1: 100% PP + 0% waste wood flour, sheet 2: 85% PP + 15% waste wood flour, sheet 3: 70% PP + 30% waste wood flour, and sheet 4: 55% PP + 45% waste wood flour). Across all tests, variance analyses for the mixture ratio factor have shown statistically significant results. In samples with plates 2, 3, and 4 in production, decreases were observed in the WI^* , L^* , a^* , b^* , and C^* values compared to plate 1, while increases were found in glossiness values at 20 and 60 degrees and in the h^0 value. ΔE^* values were determined as 3.64 for sheet 2 compared to sheet 3, 2.63 for sheet 3 compared to sheet 4, and 4.15 for sheet 4 compared to sheet 2. Negative Δb^* , ΔL^* , Δa^* , and ΔC^* values were obtained for samples numbered 2, 3, and 4. It has been determined that different results are obtained in terms of color, glossiness, and whiteness index tests on composite materials produced in different proportions.

Keywords: Waste wood flour, glossiness, waste plastic, composite material, color

1. Giriş

Ahşap, selüloz, ligninler, hemiselülozlar ve bir hücreli yapı içinde bulunan bir miktar yabancı madde içeren bir bileşikten oluşur. Bu yapı, etilen grupları, karbonil grupları, benzen halkaları, ortokinon, biaromatik halkalar ve paraquinon gibi kromoforik grupları içerir; ayrıca hidroksil grupları, karboksil grupları, amino grupları ve eter grupları gibi oksokromik grupları içerir. Bunların arasında, ligninlerdeki koniferil grupları ve lignin oksidasyonu, renk oluşumunun ana nedenleridir (Ayadi ve ark., 2003; Dennis ve Morén, 2006; Cao ve ark., 2012).

Ahşap, özellikle yapı, mobilya, ambalaj ve enerji gibi geniş bir uygulama yelpazesinde kullanılmak üzere belirli fiziksel ve kimyasal özelliklere sahip doğal bir kaynaktır (Parham ve Gray, 1984; Faraca ve ark., 2019).

Avrupa Birliği Direktifi 2003/30/EC tarafından, biyokütle tarım (bitkisel ve hayvansal maddeleri içeren), ormancılık ve ahşap işleme endüstrilerinden ürünlerinin, atıklarının biyobozunabilir bileşeni olduğu söylenmiştir. Ayrıca, enerjide kullanılmak üzere izin verilen belediye ve endüstriyel atıkların biyobozunabilir bileşenini de içermekte olduğu da bildirilmiştir (Dodić ve ark., 2012).

Testere kesim yüzeyi minimal olduğunda ve işçiler etkin olduğunda dahi önlenemeyen veya engellenemeyen ahşap atıklar elde edilmektedir. Bunlar testere talaşı, dönüştürülemeyen kütükler ve şeritler gibi içerir. Öte yandan, diğer atıklar, ağaç ve kütüklerin önceden incelenmemesi, yeterli testere bakımı ve zayıf hasat teknikleri nedeniyle oluşur. Bu da ormanda dallar, ağaç tacı, kesim artıkları, dallar, kökler, küçük çaplı tomruklar vb. şeklinde kalıntılara neden olur (Aina, 2006).

Ahşap bileşeni (örneğin, hurda kereste, dolaplar ve ahşap mobilyalar), ahşap konteynerleri, paletleri vb. içerir. “Bahçe atıkları” terimi, çalılar, yapraklar, çim biçme artıkları, ağaç budamaları ve sökme işlemlerini içerir (Falk ve McKeever 2012; Anonim, 2013; Lyon ve Bond, 2014).

Odun plastik kompozitler (WPC’ler), polimerik matrisi doğal takviyelerle birleştiren daha geniş bir yelpazenin parçalarıdır. Bu kompozitler, termoplastik bir polimer içine belirli miktarda doğal partikül veya lif eklenerek elde edilen maliyet ve ekolojik faydaları nedeniyle artan bir ilgi görüyor (Bledzki ve ark., 1998; Galland, 2009).

WPC, bir veya iki adımda üretilen termoplastik matrislere entegre edilmiş ahşap partiküllerdir. EN 15534-1 (CEN 2014a), WPC’yi bir veya birkaç selüloz bazlı malzemenin bir veya birkaç termoplastikle kombinasyonunun sonucu olarak oluşan veya üretilen, plastik işleme teknikleri yoluyla işlenmeyi amaçlayan veya işlenen malzeme veya ürün olarak tanımlar (Sommerhuber, 2016). WPC’lerin büyük bir kısmı güverte ve korkuluk sistemleri için kullanılmaktadır (güverte tahtaları, merdivenler, direkler ve direk kılıfları, el koruyucuları ve alt raylar, direk kapakları, korkuluklar ve diğer küçük aksesuarlar) ve konutların dışına monte edilen benzer yapılar, ayrıca ahşap yollar için kullanılmaktadır (Klyosov, 2007).

Plastik ile ahşabı karıştırmak veya istenilen kompozit özelliklere ulaşmak için uyumlaştırıcılar, yağlayıcılar, renklendiriciler, pigmentler ve köpükleyici ajanlar gibi farklı tipte katkı maddeleri gerekebilir. Uyumlaştırıcılar en sık kullanılan katkı maddeleridir. Çünkü hidrofilik ahşap partiküller genellikle hidrofobik termoplastik polimerlerle uyumsuzdur. Uyumlaştırıcılar, ahşap ile polimer matris arasındaki iç bağlantıyı etkilemek için eklenir. Performans artırıldığında kompozitin dağılımını, akışını ve mekanik özelliklerini iyileştirmeye yardımcı olur. Bugün en yaygın kullanılan uyumlaştırıcılar, maleik anhidrit aşılansız polipropilen ve maleik anhidrit aşılansız polietilen’dir (Rowell, 2006).

Bu çalışmada, farklı oranlarda üretilen kompozit malzemeler (odun unu ve geri dönüştürülmüş polipropilen: PP) üzerinde seçilmiş bazı yüzey özelliklerinin karşılaştırılmıştır.

2. Materyal ve Metot

2.1. Materyal

2.1.1. Atık Plastik Malzeme

Bu çalışmada polimer matris olarak çöplerden elde edilen eski ve atık plastik sandalyeler kullanılmıştır. Bu çalışmada yapılan DSC (diferansiyel taramalı kalorimetre) analizine göre polimer matrisinin PP (polipropilen) ve LLDPE (doğrusal düşük yoğunluklu polietilen) içerdiği belirlenmiştir.

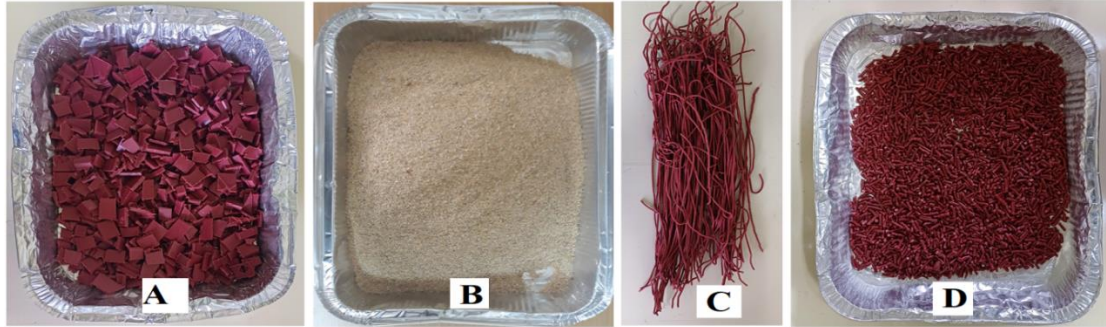
2.1.2. Atık Odun Unu

Kahramanmaraş ilindeki bir kereste atölyesinden karaçam (*Pinus nigra*) odun testere tozu elde edilmiştir. Testere tozu elenmiş ve dolgu maddesi olarak 40 meshten geçen ve 60 mesh üzerinde kalan odun unu kompozit üretiminde kullanılmıştır.

2.2. Metot

2.2.1. Kompozit Grupların Üretimi

Çalışmada 4 farklı grupta kompozit malzemeler üretilmiştir (grup 1: %100 PP + %0 atık odun unu, grup 2: %85 PP + %15 atık odun unu, grup 3: %70 PP + %30 atık cam unu ve grup 4: %55 PP + %45 atık odun unu). Atık sandalyeler küçük parçalara bölündükten (Şekil 1-A) sonra atık odun unu (Şekil 1-B) ile karıştırılmıştır. Daha sonra karışım, tek vidalı ekstruder ile 150°C, 165°C ve 175°C sıcaklıklarda karıştırılmıştır. Karışım ekstruder çıkışındaki 3 mm çapındaki nozuldan iplik halinde (Şekil 1-C) alınarak masa üzerinde soğumaya bırakılmıştır. Devamında bu malzeme ezilerek küçük peletler (Şekil 1-D) elde edilmiştir. Homojen bir karışım elde etmek için malzeme ekstruderde iki kez işlenmiştir.



Şekil 1. Atık plastik sandalye parçaları (A), odun unu (B), ekstruder çıkışından alınan karışım (C) ve peletler (D)

Daha sonra bu peletler tekrar ekstruderden geçirilmiş, tekrar masa üzerinde soğutulmuş ve tekrar kırılarak küçük peletler elde edilmiştir. Bu peletler metal bir kalıba yerleştirilmiş ve 180°C sıcaklıkta elektrikle ısıtılan sıcak pres arasına aktarılmıştır. Yapışmayı önlemek için yapışmaz pişirme kâğıdı kullanılmıştır. Peletler 12 dakikalık bir süre boyunca ısıtılmış ve eritilmiştir. Bu süre sonunda eriyen kompozitler metal kalıp ile sıcak presten çıkarılarak hemen soğuk pres içerisine yerleştirilmiştir. Soğuk preste 5 dakika boyunca kalıba toplam 5 ton basınç uygulanmıştır. Presleme işleminden sonra kompozit grup metal kalıptan çıkarılarak 3.5 mm x 175 mm x 175 mm (kalınlık x genişlik x uzunluk) boyutlarında kompozit grup elde edilmiştir. Bu gruplardan test örnekleri hazırlanmıştır.

2.2.2. Testler

Parlaklık Özelliklerinin Belirlenmesi: ETB-0833 model gloss meter cihazında üç farklı açıda olacak şekilde (20°, 60° ve 85°) liflere dik ve paralel yönlerde olacak şekilde yapılmıştır (Şekil 2-A) (ISO 2813, 1994).

Renk Özelliklerinin Belirlenmesi: ASTM D 2244-3, (2007) standardına göre, CIELAB renk sistemi ile bir CS-10 (CHN Spec, Çin) [CIE 10° standart gözlemci; CIE D65 ışık kaynağı, aydınlatma sistemi: 8/d (8°/dağınık aydınlatma)] cihazı (Şekil 2-B) kullanılarak ölçülmüştür. Aşağıdaki formüller yardımıyla toplam renk farklılıklarına ait sonuçlar belirlenmiştir.

$$C^* = [(a^*)^2 + (b^*)^2]^{0.5} \quad (1)$$

$$h^0 = \arctan (b^*/a^*) \quad (2)$$

$$\Delta C^* = (C^*_{\text{atık odun unu}} + \text{atık plastik sandalye karışımına ait grup} - C^*_{\text{atık plastik sandalye ile üretilen grup}}) \quad (3)$$

$$\Delta a^* = (a^*_{\text{atık odun unu}} + \text{atık plastik sandalye karışımına ait grup} - a^*_{\text{atık plastik sandalye ile üretilen grup}}) \quad (4)$$

$$\Delta L^* = (L^*_{\text{atık odun unu}} + \text{atık plastik sandalye karışımına ait grup} - L^*_{\text{atık plastik sandalye ile üretilen grup}}) \quad (5)$$

$$\Delta b^* = (b^*_{\text{atık odun unu}} + \text{atık plastik sandalye karışımına ait grup} - b^*_{\text{atık plastik sandalye ile üretilen grup}}) \quad (6)$$

$$\Delta H^* = [(\Delta E^*)^2 - (\Delta L^*)^2 - (\Delta C^*)^2]^{0.5} \quad (7)$$

$$\Delta E^* = [(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2]^{0.5} \quad (8)$$

ΔE^* kıyaslama kriterleri (DIN 5033, 1979) Çizelge 1’de verilmiştir.

Çizelge 1. ΔE^* değerlendirmesi için kıyaslama kriterleri (DIN 5033, 1979)

Toplam renk farkı (ΔE^*)	Görsel renk puanı farkı
<0.2	Algılanamaz
0.2 ila 0.5	Çok zayıf
0.5 ila 1.5	Zayıf
1.5 ila 3.0	Belirgin
3.0 ila 6.0	Çok belirgin
6.0 ila 12.0	Güçlü
> 12.0	Çok güçlü

Δa^* , ΔC^* , Δb^* ve ΔL^* tanımlamaları (Lange, 1999) Çizelge 2’de verilmiştir.

Çizelge 2. Δa^* , ΔC^* , Δb^* ve ΔL^* tanımlamaları (Lange, 1999)

Test	Pozitif durumdaki açıklama	Negatif durumdaki açıklama
Δb^*	Referanstan daha sarı	Referanstan daha mavi
ΔL^*	Referanstan daha açık	Referanstan daha koyu
Δa^*	Referanstan daha kırmızı	Referanstan daha yeşil
ΔC^*	Referanstan daha net, daha parlak	Referanstan daha bulanık, mat

Beyazlık İndeksi (WI^*) Özelliklerinin Belirlenmesi: Whiteness Meter BDY-1 cihazının kullanılması ile belirlenmiştir (ASTM E313-15e1, 2015) (Şekil 2-C).



Şekil 2. Parlaklık ölçüm cihazı (A), renk ölçüm cihazı (B) ve beyazlık indeksi (WI^*) ölçüm cihazı (C)

2.3. İstatistiksel Analiz

Bir istatistik programı ve çalışmaya ait ölçüm değerlerinin kullanılması ile minimum ortalamaları, maksimum ölçüm değerleri, homojenlik grupları, ölçüm değerleri, standart sapmaları, çok değişkenli varyans analizleri ve yüzde (%) değişim oranları hesaplanmıştır.

3. Bulgular ve Tartışma

Çizelge 3’de renk parametrelerine ait varyans analizi sonuçları gösterilmektedir. Bütün renk parametreleri üzerinde karışım oranı faktörü anlamlı olarak elde edilmiştir (Çizelge 3).

Çizelge 3. Renk parametrelerine ait varyans analizi sonuçları

Varyans Kaynağı	Test	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Ortalama Kare	F Değeri	$\alpha \leq 0.05$
Karışım Oranı	Işıklılık (L^*)	7.606	3	2.535	121.941	0.000*
	Kırmızı (a^*) renk tonu	99.030	3	33.010	1391.023	0.000*
	Sarı (b^*) renk tonu	0.531	3	0.177	7.162	0.001*
	Kroma (C^*)	96.890	3	32.297	835.192	0.000*
	Ton (h°) açısı	8.620	3	2.873	28.628	0.000*
Hata	Işıklılık (L^*)	0.749	36	0.021		
	Kırmızı (a^*) renk tonu	0.854	36	0.024		
	Sarı (b^*) renk tonu	0.889	36	0.025		
	Kroma (C^*)	1.392	36	0.039		
	Ton (h°) açısı	3.613	36	0.100		
Toplam	Işıklılık (L^*)	50267.238	40			
	Kırmızı (a^*) renk tonu	32863.488	40			
	Sarı (b^*) renk tonu	1697.406	40			
	Kroma (C^*)	34505.305	40			
	Ton (h°) açısı	6610.196	40			
Düzeltilmiş Toplam	Işıklılık (L^*)	8.355	39			
	Kırmızı (a^*) renk tonu	99.885	39			
	Sarı (b^*) renk tonu	1.420	39			
	Kroma (C^*)	98.282	39			
	Ton (h°) açısı	12.233	39			
*: Anlamlı						

Renk parametrelerine ait belirlenmiş olan ölçüm sonuçları Çizelge 4’de verilmiştir.

L^* testinde odun unu miktarının artması ile grup 2, 3 ve 4 numaralı örneklerde azalışlar tespit edilmiştir. L^* değeri için en yüksek sonuç grup 1 numaralı kompozit deney örnekleri üzerinde (36.07) bulunurken, en düşük sonuç ise grup 3 numaralı örnekler üzerinde (34.84) belirlenmiştir. L^* değerinde en düşük azalma oranı grup 4 ile %1.66 oranında bulunurken, en yüksek azalış oranı ise %3.41 ile grup 3 numaralı deney örneklerinde elde edilmiştir (Çizelge 4).

a^* değeri için en yüksek sonuç grup 1 numaralı deney örnekleri üzerinde (31.11) belirlenirken, en düşük sonuç ise grup 4 numaralı deney örneklerinde (27.01) tespit edilmiştir. a^* parametresinde odun unu miktarının artması ile grup 2, 3 ve 4 numaralı örneklerde azalışlar elde edilmiştir. a^* değerinde en düşük azalma oranı grup 3 ile %7.43 oranında belirlenirken, en yüksek azalış oranı %13.18 ile grup 4 numaralı deney örneklerinde bulunmuştur (Çizelge 4).

b^* değeri için en yüksek sonuç grup 1 numaralı kompozit deney örnekleri üzerinde (6.71) elde edilirken, en düşük sonuç ise grup 4 numaralı kompozit örnekler üzerinde (6.41) görülmüştür. b^* değerinde odun unu miktarının artması ile grup 2, 3 ve 4 numaralı deney örneklerinde azalışlar görülmüştür. b^* testinde en düşük azalma oranı %3.58 ile grup 3 numaralı kompozit malzemeler üzerinde tespit edilirken, en yüksek azalış oranı %4.57 ile grup 4 numaralı deney örneklerinde bulunmuştur (Çizelge 4).

C^* değeri için en yüksek sonuç grup 1 numaralı örneklerde (31.82) tespit edilirken, en düşük sonuç ise grup 4 numaralı kompozit malzemeler üzerinde (27.77) elde edilmiştir. C^* testinde odun unu miktarının artması ile grup 2, 3 ve 4 numaralı deney örneklerinde azalışlar elde edilmiştir. C^* değerinde en düşük azalma oranı grup 3 ile %7.54 oranında bulunurken, en yüksek azalış oranı %12.73 ile grup 4 numaralı örnekler üzerinde görülmüştür (Çizelge 4).

Çizelge 4. Renk parametrelerine ait belirlenmiş olan ölçüm sonuçları

Test	Grup Türü	PP (%)	Odun Unu (%)	Ölçüm Sayısı	Orta-lama	Değişim (%)	HG	SS	Mini-mum	Maksi-mum	COV
L^*	Grup 1	100	0	10	36.07	-	A*	0.11	35.91	36.25	0.30
	Grup 2	85	15	10	35.41	↓1.83	B	0.17	35.14	35.68	0.49
	Grup 3	70	30	10	34.84	↓3.41	C**	0.12	34.70	35.05	0.34
	Grup 4	55	45	10	35.47	↓1.66	B	0.16	35.22	35.65	0.47
a^*	Grup 1	100	0	10	31.11	-	A*	0.13	30.91	31.28	0.42
	Grup 2	85	15	10	27.56	↓11.41	C	0.16	27.38	27.84	0.58
	Grup 3	70	30	10	28.80	↓7.43	B	0.13	28.58	28.97	0.45
	Grup 4	55	45	10	27.01	↓13.18	D**	0.19	26.63	27.24	0.70
b^*	Grup 1	100	0	10	6.71	-	A*	0.14	6.53	6.83	2.08
	Grup 2	85	15	10	6.46	↓3.73	B	0.16	6.18	6.76	2.48
	Grup 3	70	30	10	6.47	↓3.58	B	0.16	6.28	6.61	2.47
	Grup 4	55	45	10	6.41	↓4.47	B**	0.17	6.15	6.74	2.61
C^*	Grup 1	100	0	10	31.82	-	A*	0.11	31.65	31.95	0.34
	Grup 2	85	15	10	28.31	↓11.03	C	0.15	28.12	28.53	0.52
	Grup 3	70	30	10	29.42	↓7.54	B	0.29	28.68	29.72	0.99
	Grup 4	55	45	10	27.77	↓12.73	D**	0.19	27.39	28.00	0.68
h^o	Grup 1	100	0	10	12.17	-	C**	0.28	11.83	12.42	2.32
	Grup 2	85	15	10	13.19	↑8.38	A	0.35	12.60	13.88	2.65
	Grup 3	70	30	10	12.67	↑4.11	B	0.28	12.32	12.96	2.25
	Grup 4	55	45	10	13.35	↑9.70	A*	0.34	12.79	13.98	2.57
PP: Polipropilen, COV: Varyasyon Katsayısı, *: En yüksek sonuç, **: En düşük sonuç, SS: Standart Sapma, HG: Homojenlik Grubu											

h^o testinde için en düşük sonuç grup 1 numaralı kompozit malzemeler üzerinde (12.17) görülürken, en yüksek sonuç ise grup 4 numaralı kompozit malzemelerde (13.35) bulunmuştur.

h^0 parametresinde odun unu miktarının artması ile grup 2, 3 ve 4 numaralı deney örneklerinde artışlar belirlenmiştir. h^0 değerinde en düşük artış oranı %4.11 ile grup 3 numaralı örneklerde bulunurken, en yüksek artış oranı %9.70 ile grup 4 numaralı kompozit malzemeler üzerinde tespit edilmiştir (Çizelge 4).

Toplam renk farklılıklarına ait sonuçları Çizelge 5’de sunulmuştur. Grup 2, 3 ve 4 numaralı örnekler üzerinde ΔL^* , Δb^* , Δa^* ve ΔC^* değerleri negatif olarak bulunmuştur (sırasıyla: referanstan daha mavi, referanstan daha koyu, referanstan daha yeşil ve referanstan daha bulanık, mat). ΔE^* değerleri grup 2 ile 3.64, grup 3 ile 2.63 ve grup 4 ile 4.15 olarak elde edilmiştir. Renk değiştirme kriterlerine göre kıyaslandıklarında ise grup 2 ve 4 numaralı kompozit malzemelerde “çok belirgin (3.0 ila 6.0)” kriteri ve grup 3 numaralı kompozit malzemelerde ise “belirgin (1.5 ila 3.0)” kriteri ile belirlendikleri görülmektedir. ΔH^* değerleri grup 2 numaralı kompozit deney örnekleri ile 0.55 ve grup 4 numaralı kompozit deney örnekleri ile 0.63 olarak hesaplanmıştır (Çizelge 5).

Çizelge 5. Toplam renk farklılıklarına ait sonuçlar

Grup Türü	PP (%)	Odun Unu (%)	ΔL^*	Δa^*	Δb^*	ΔC^*	ΔH^*	ΔE^*	Renk değiştirme kriteri (DIN 5033, 1979)
Grup 2	85	15	-0.64	-3.58	-0.25	-3.54	0.55	3.64	Çok belirgin (3.0 ila 6.0)
Grup 3	70	30	-1.23	-2.31	-0.23	-2.40	-	2.63	Belirgin (1.5 ila 3.0)
Grup 4	55	45	-0.60	-4.09	-0.30	-4.05	0.63	4.15	Çok belirgin (3.0 ila 6.0)

Çizelge 6’da parlaklık değerlerine ait varyans analizi sonuçları sunulmaktadır. Parlaklık değerlerinde bütün dereceler üzerinde karışım oranı faktörü anlamlı olarak bulunmuştur (Çizelge 6).

Çizelge 6. Parlaklık değerlerine ait varyans analizi sonuçları

Varyans Kaynağı	Test	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Ortalama Kare	F Değeri	$\alpha \leq 0.05$
Karışım Oranı	20°’de parlaklık	5.144	3	1.715	65.949	0.000*
	60°’de parlaklık	965.368	3	321.789	2604.410	0.000*
	85°’de parlaklık	9801.739	3	3267.246	4405.936	0.000*
Hata	20°’de parlaklık	0.936	36	0.026		
	60°’de parlaklık	4.448	36	0.124		
	85°’de parlaklık	26.696	36	0.742		
Toplam	20°’de parlaklık	31.680	40			
	60°’de parlaklık	2628.760	40			
	85°’de parlaklık	21084.460	40			
Düzeltilmiş Toplam	20°’de parlaklık	6.080	39			
	60°’de parlaklık	969.816	39			
	85°’de parlaklık	9828.435	39			
*: Anlamlı						

3 farklı açılarda ölçülen parlaklık değerlerine ait belirlenmiş olan sonuçları Çizelge 7’de sunulmaktadır. 20 ve 60 derecelerde yapılan parlaklık değerlerinde grup 2, 3 ve 4 numaralı kompozit örneklerde artışlar elde edilmiş olup, en düşük sonuçlar grup 2 numaralı örneklerde belirlenirken, en yüksek sonuçlar ise grup 4 numaralı örneklerde bulunmuştur. 85 derecede parlaklık değerlerinde en düşük sonuçlar grup 2 numaralı örneklerde bulunurken, en yüksek sonuçlar ise grup 4 numaralı malzemeler üzerinde tespit edilmiştir. 85 derecede yapılan parlaklık ölçümlerinde ise grup 2 numaralı kompozit malzemelerde azalışlar görülmürken, grup 3 ve 4 numaralı kompozit örneklerde artışlar belirlenmiştir (Çizelge 7).

Çizelge 7. Parlaklık değerlerine ait belirlenmiş olan ölçüm sonuçları

Test	Grup Türü	PP (%)	Odun Unu (%)	Ölçüm Sayısı	Ortalama	Değişim (%)	HG	SS	Minimum	Maksimum	COV
20°	Grup 1	100	0	10	0.32	-	D**	0.20	0.10	0.60	63.87
	Grup 2	85	15	10	1.00	↑212.50	B	0.12	0.80	1.10	11.55
	Grup 3	70	30	10	0.62	↑93.75	C	0.10	0.50	0.80	16.66
	Grup 4	55	45	10	1.26	↑293.75	A*	0.20	1.00	1.50	15.52
60°	Grup 1	100	0	10	2.26	-	C**	0.42	1.90	2.80	18.80
	Grup 2	85	15	10	2.34	↑3.54	C	0.16	2.20	2.60	6.74
	Grup 3	70	30	10	6.84	↑202.65	B	0.28	6.50	7.20	4.09
	Grup 4	55	45	10	14.32	↑533.63	A*	0.46	13.90	14.90	3.21
85°	Grup 1	100	0	10	1.60	-	C	0.00	1.60	1.60	0.00
	Grup 2	85	15	10	1.18	↓26.25	C**	0.15	1.00	1.30	13.13
	Grup 3	70	30	10	28.08	↑1655.00	B	0.23	27.80	28.40	0.80
	Grup 4	55	45	10	36.24	↑2165.00	A*	1.70	34.00	38.10	4.69
PP: Polipropilen, COV: Varyasyon Katsayısı, *: En yüksek sonuç, **: En düşük sonuç, SS: Standart Sapma, HG: Homojenlik Grubu											

Çizelge 8’de beyazlık indeksi (WI*) değerlerine ait varyans analizi sonuçları gösterilmektedir. WI* testi üzerinde karışım oranı faktörü anlamlı olarak elde edilmiştir (Çizelge 8).

Çizelge 8. Beyazlık indeksi (WI*) değerlerine ait varyans analizi sonuçları

Varyans Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Ortalama Kare	F Değeri	$\alpha \leq 0.05$
Karışım Oranı	19.961	3	6.654	227.260	0.000*
Hata	1.054	36	0.029		
Toplam	411.640	40			
Düzeltilmiş Toplam	21.015	39			
*: Anlamlı					

Beyazlık indeksi (WI*) değerlerine ait belirlenmiş olan ölçüm sonuçları Çizelge 9’da verilmiştir. WI* değerinde odun unu miktarının artması ile grup 2, 3 ve 4 numaralı deney örneklerinde azalışlar görülmüştür. WI* değeri için en yüksek sonuç grup 1 numaralı kompozit malzemeler üzerinde (4.15) bulunurken, en düşük sonuç ise grup 4 numaralı kompozit deney örnekleri üzerinde (2.31) görülmüştür. WI* testinde en düşük azalma oranı %18.55 ile grup 2 numaralı kompozit malzemeler üzerinde tespit edilirken, en yüksek azalış oranı %44.34 ile grup 4 numaralı deney örneklerinde elde edilmiştir (Çizelge 9).

Çizelge 9. Beyazlık indeksi (WI*) değerlerine ait belirlenmiş olan ölçüm sonuçları

Grup Türü	PP (%)	Odun Unu (%)	Ölçüm Sayısı	Ortalama	Değişim (%)	HG	SS	Minimum	Maksimum	COV
Grup 1	100	0	10	4.15	-	A*	0.31	3.60	4.50	7.47
Grup 2	85	15	10	3.38	↓18.55	B	0.08	3.30	3.50	2.33
Grup 3	70	30	10	2.66	↓35.90	C	0.08	2.60	2.80	3.17
Grup 4	55	45	10	2.31	↓44.34	D**	0.09	2.20	2.40	3.79
PP: Polipropilen, COV: Varyasyon Katsayısı, *: En yüksek sonuç, **: En düşük sonuç, SS: Standart Sapma, HG: Homojenlik Grubu										

Literatürde farklı karışım oranları olarak üretilen çeşitli kompozit malzemeler (kullanılan malzemeler: atık odun unu, atık cam unu, tetra pak® kutu, yüksek ve düşük yoğunluklu polietilen, atık odun unu) üzerinde farklı renk özelliklerinin tespit edildikleri rapor edilmiştir (Bal ve Ayata, 2022a;b;c;d;2023a;b;c; Çavuş, 2017).

4. Sonuçlar Ve Öneriler

- Farklı oranlarda üretilen malzemeler üzerinde renk, parlaklık ve beyazlık indeksi testlerinde farklı sonuçların elde edildiği görülmüştür.
- Elde edilen farklı oranlardaki kompozit malzemeler üzerinde doğal veya yapay yaşlandırma performanslarına ait testlerin yapılması önerilmektedir.

Kaynaklar

- Aina, O.M., (2006). Wood waste utilization for energy generation, In Proceedings of the International Conference on Renewable Energy for Developing Countries (p. 2). Forestry Bangkok.
- Anonim, (2013). US Environmental Protection Agency (EPA), Biomass combined heat and power catalog of technologies. EPA, Washington, D.C. http://www.epa.gov/chp/documents/biomass_chp_catalog.pdf. Accessed November 13, 2013.
- ASTM D 2244-3, (2007). Standard practice for calculation of color tolerances and color differences from instrumentally measured color coordinates, ASTM International, West Conshohocken, PA.
- ASTM E313-15e1, (2015). Standard practice for calculating yellowness and whiteness indices from instrumentally measured color coordinates, ASTM International, West Conshohocken, PA.
- Ayadi, N., Lejeune, F., Charrier, F., Charrier, B., and Merlin, A., (2003). Color stability of heat-treated wood during artificial weathering, Holz als Roh- und Werkstoff, 61: 221-226.
- Bal, B.C., ve Ayata, Ü., (2022a). Düşük yoğunluklu polietilen ile üretilen odun plastik kompozit malzemenin renk ve parlaklığı üzerine karışım oranının etkisi, Karabakh III. International Congress of Applied Sciences, 7-10 Haziran 2022, Karabağ, Azerbaycan, 88-97.
- Bal, B.C., ve Ayata, Ü., (2022b). Yüksek yoğunluklu polietilen (YYPE) ve karaçam odun unundan hazırlanmış odun plastik kompozit malzemelerin renk, parlaklık ve beyazlık indeksinin belirlenmesi, Latin Amerika 4. Uluslararası Bilimsel Araştırmalar Kongresi, 5-6 Kasım 2022, Mexico City, 354-364.
- Bal, B.C., ve Ayata, Ü., (2022c). Odun unu, tetra Pak® kutu ve geri dönüşümden elde edilen polietilen ile üretilen odun-plastik kompozit malzemelerin renk özelliklerinin belirlenmesi, Akdeniz 8. Uluslararası Uygulamalı Bilimler Kongresi, 19-20 Kasım 2022, Girne, 295-304.
- Bal, B.C., ve Ayata, Ü., (2022d). Yüksek yoğunluklu polietilen (YYPE) ve ceviz meyvesi kabuğu unu kullanılarak üretilen odun plastik kompozit malzemelerde bazı yüzey özellikleri üzerine karışım oranının etkisi, 4. Uluslararası Bilimsel Araştırmalar ve İnovasyon Kongresi, 24-25 Aralık 2022, İstanbul, Türkiye, 491-501.
- Bal, B.C., ve Ayata, Ü., (2023a). Atık cam unu, odun unu ve geri dönüştürülmüş polietilen ile üretilen odun plastik kompozit malzemenin renk, parlaklık ve beyazlık indeksinin belirlenmesi üzerine bir araştırma, European Conferences 2. Uluslararası Sağlık, Mühendislik Ve Uygulamalı Bilimler Kongresi, 4-6 Ağustos 2023 Belgrad, 83-94.
- Bal, B.C., ve Ayata, Ü., (2023b). Atık cam unu ve yüksek yoğunluklu polietilen (YYPE) kullanılarak üretilmiş kompozit malzemelerin parlaklık, renk ve beyazlık indeksi üzerine parçacık boyutunun etkisi, Avrasya Zirvesi 7. Uluslararası Uygulamalı Bilimler Kongresi, 10-12 Mart 2023, Budapeşte, Macaristan, 304-313.
- Bal, B.C., ve Ayata, Ü., (2023c). Tetra Pak® kutu, atık cam unu ve geri dönüştürülmüş düşük yoğunluklu polietilen (GD-DYPE) kullanılarak üretilmiş kompozit malzemelerde bazı yüzey özellikleri üzerine karışım oranının etkisi, European Conferences 1. Uluslararası Sağlık, Mühendislik Ve Uygulamalı Bilimler Kongresi, 5-7 Mayıs 2023, Bükreş, 567-577.
- Bledzki, A.K., Reihmane, S., and Gassan, J., (1998). Thermoplastics Reinforced with Wood Fillers: A Literature Review, Polymer - Plastic Technology and Engineering, 37(4):451-468.

- Cao, Y., Jiang, J., Lu, J., Huang, R., Jiang, J., and Wu, Y., (2012). Color change of Chinese fir through steam-heat treatment, *BioResources*, 7(3): 2809-2819.
- CEN (European Committee for Standardization), 2014a. Composites Made from Cellulose-based Materials and Thermoplastics (usually Called Wood-polymer Composites (WPC) or Natural Fibre Composites (NFC))-Part 1: Test Methods for Characterisation of Compounds and Products. European Standard EN 15534-1. European Committee for Standardization, Brussels.
- Çavuş, V., (2017). Farklı erime akış indeksine sahip polipropilen esaslı ahşap polimer kompozitlerin özelliklerinin belirlenmesi, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Endüstri Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Doktora Tezi, Kahramanmaraş.
- Dennis, J., and Morén, T., (2006). The potential of color measurement for strength prediction of thermally treated wood, *Holz als Roh- und Werkstoff*, 64: 104-110.
- DIN 5033, (1979). Deutsche Normen, Farbmessung. Normenausschuß Farbe (FNF) im DIN Deutsches Institut für Normung eV, Beuth, Berlin März.
- Dodić, S.N., Vasiljević, T.Z., Marić, R.M., Kosanović, A.J.R., Dodić, J.M., and Popov, S.D., (2012). Possibilities of application of waste wood biomass as an energy source in Vojvodina, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 16(5): 2355-2360. DOI: 10.1016/j.rser.2012.01.079.
- Falk, B., and McKeever, D., (2012). Generation and recovery of solid wood wastes in the US, *BioCycle*, 53(8): 30-32.
- Faraca, G., Boldrin, A., and Astrup, T., (2019). Resource quality of wood waste: The importance of physical and chemical impurities in wood waste for recycling. *Waste Management*, 87: 135-147. DOI: 10.1016/j.wasman.2019.02.005.
- Galland, S., (2009). Microstructure and micromechanical studies of injection moulded chemically modified wood/poly (lactic acid) composites, Continuation Courses Wood Technology Department of Skellefteå Campus Division of Wood - and Bionanocomposites, Master Thesis.
- ISO 2813, (1994). Paints and varnishes - determination of specular gloss of non-metallic paint films at 20 degrees, 60 degrees and 85 degrees, International Organization for Standardization, Geneva, Switzerland.
- Klyosov, A.A., (2007). Wood-plastic composites. John Wiley & Sons.
- Lange, D.R., (1999). Fundamentals of Colourimetry - Application Report No. 10e. DR Lange: New York, NY, USA.
- Lyon, S., and Bond, B., (2014). What is “urban wood waste”? *Forest Products Journal*, 64(5-6): 166-170. DOI: 10.13073/FPJ-D-14-00023.
- Parham, R.A., and Gray, R.L., (1984). Formation and structure of wood, *The Chemistry of Solid Wood*, Chapter 1, pp: 3-56 DOI: 10.1021/ba-1984-0207.ch001.
- Rowell, R.M., (2006) Advances and challenges of wood polymer composites. In: *Proceedings of the 8th Pacific Rim Bio-based Composites Symposium*, Kuala Lumpur, Malaysia. 11 pp.
- Sommerhuber, P.F., (2016). Resource efficiency of wood-plastic composites: Identifying secondary material substitution potentials and an environmentally sound end-of-life treatment (Doctoral dissertation, Staats-und Universitätsbibliothek Hamburg Carl von Ossietzky).

BASRALOCUS (*Dicorynia guianensis* Amshoff) AHŞABINDA AĞARTMA UYGULAMALARI

Doç. Dr. Ümit AYATA¹ ve Prof. Dr. Bekir Cihad BAL²

¹Bayburt Üniversitesi, Sanat ve Tasarım Fakültesi, İç Mimarlık ve Çevre Tasarımı Bölümü, Bayburt, ORCID NO: 0000-0002-6787-7822

²Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu, Malzeme Bölümü, Kahramanmaraş, ORCID NO: 0000-0001-7097-4132

Özet

Basralocus odunu ağır inşaat işlerinde, köprüler, kaplamalar ve demiryolu köprü bağları yapımında kullanılmaktadır. Bu çalışmada, basralocus (*Dicorynia guianensis* Amshoff) ahşabında ağartma [oksalik asit ($C_2H_2O_4$) ve hidrojen peroksit (H_2O_2) + sodyum hidroksit (NaOH) kimyasalları] uygulamaları yapılmış olup, meydana gelen bazı yüzey özelliklerindeki (beyazlık indeksi: WI^* , renk parametreleri ve parlaklık değerlerleri) değişimler araştırılmıştır. Sonuçlara göre, varyans analiz testlerinde bütün test ölçümleri için ağartma kimyasalı türü anlamlı olarak belirlenmiştir. ΔE^* değerleri $C_2H_2O_4$ ile 3.41 ve $H_2O_2 + NaOH$ ile 12.18 olarak elde edilmiştir. Her iki ağartma kimyasalları ile L^* , C^* , b^* ve h^0 değerlerinde artışlar tespit edilmiştir. a^* değerlerinde $C_2H_2O_4$ ile artış ve $H_2O_2 + NaOH$ ile azalış belirlenmiştir. 60 ve 85 derecelerde parlaklıklarda her iki ağartma kimyasalları ile azalışlar görülmüştür. WI^* değerlerinde ise $C_2H_2O_4$ ile azalış ve $H_2O_2 + NaOH$ ile artış görülmüştür.

Anahtar kelimeler: Ağartma, beyazlık indeksi, basralocus, renk, parlaklık

Basralocus (*Dicorynia guianensis* Amshoff) Wood Bleaching Applications

Abstract

In construction heavy works, such as bridges, decking, and railway bridge ties, basralocus wood is used. In this study, bleaching treatments [using chemicals such as oxalic acid ($C_2H_2O_4$) and hydrogen peroxide (H_2O_2) + sodium hydroxide (NaOH)] were applied to basralocus (*Dicorynia guianensis* Amshoff) wood, and changes in some surface properties (whiteness index: WI^* , color parameters, and glossiness values) were investigated. According to the results, the type of bleaching chemical was found to be significant for all test measurements in the analysis of variance tests. The ΔE^* values are 3.41 for $C_2H_2O_4$ and 12.18 for $H_2O_2 + NaOH$. Increases in L^* , C^* , b^* , and h^0 values were observed with both bleaching agents. An increase in a^* value was determined with $C_2H_2O_4$ and a decrease with $H_2O_2 + NaOH$. Decreases in glossiness were observed at 60 and 85 degrees with both bleaching agents. However, a decrease was observed in WI^* values with $C_2H_2O_4$ and an increase with $H_2O_2 + NaOH$.

Keywords: Bleaching, whiteness index, basralocus, color, glossiness

1. Giriş

Tropikal ahşap, genellikle yüksek dayanıklılığı ve estetik yönleri nedeniyle Avrupa’da çatı tahtalarının üretimi için popüler bir malzemedir. Pazarda bulunan ahşap ticari teklifi güncellenmektedir. Yeni ahşap türlerinden biri, *Dicorynia guianensis* Amsh. türüne ait sürekli yeşil ağaçlardan gelen angélique ahşaptır. Bu ağaç bulunduğu yere bağlı olarak, yerliler tarafından verilen çeşitli isimlere sahiptir; Surinam’dan gelen isimler basralokus ve barakaroeballi’dir. Fransız Guyanası’nda angelique ve teck de guyane isimleri duyulabilir (Chichignoud ve ark., 1990; Ligęza ve Jankowska, 2022).

Angelica (*Dicorynia guianensis* Amsh., Fabaceae, Caesalpinioideae), Leguminosae familyasına ait Guyana Kalkanı’nın (Guyana ve Surinam) endemik bir orman türüdür (Koeppen, 1967). Bu ağaç, Fransız Guyanası’ndaki yerel ormancılık endüstrisinin büyük ilgisini çekmektedir ve 2001 yılında çıkarılan hacmin %36’sını temsil etmektedir (Viitanen ve Ritschkoff, 1989; Vallet, 2002).

Oldukça iyi yapılandırılmış, 50 m yüksekliğe ve 120 cm çapa ulaşan çok büyük bir ağaçtır. Dış kabuğu ince, açık kırmızımsı kahverengi ile koyu kahverengi renktedir. Çok sayıda mercimek içerir. Boşluklarda ve örtü altında yenilenme yeteneği ile ışığa karşı yarı toleranslı bir statüye sahiptir. Ancak, aynı zamanda açık bir ortamda büyüme için güçlü bir kapasiteye sahiptir. Işığa ilişkin bu özellik, türlerin büyük bir büyüme stratejisi çeşitliliği ile sonuçlanan plastisitesinin kökenindedir (Lehnebach, 2015).

Angleique, uzun yıllardır yanlış bir şekilde *Dicorynia paraensis* Benth botanik adı ile tanımlanmıştır. Çiçeklerin yapısı ve sınırlı büyüme aralığı ile bu türden ve *Dicorynia*’nın diğer tarif edilen türlerinden farklıdır. Şu anda *Dicorynia guianensis* olarak bilinen angelique, yalnızca Fransız Guyanası ve Surinam’da görülür. *Dicorynia paraensis*, Rio Negro ve Brezilya’nın Amazonas Bölgesi’ndeki kolları boyunca meydana gelir. Angelique veya diğer adıyla basra lokus dışında, çeşitli *Dicorynia* türlerinin özellikleri ve özellikleri şu anda pratik olarak bilinmemektedir (Kukachka, 1964).

Bu tür, Fransız Guyanası kereste pazarında en çok kullanılan türdür ve yıllık 73.000 metreküp yerel ahşap üretiminin yarısından fazlasını temsil eder (Anonim, 2014). Angelica, çoğunlukla derin drenajlı topraklarda bulunur ve platolar, dağlar ve alçak tepeler için belirgin bir dağılımla hidromorfik alanlardan kaçınır (Bonjour, 1996; Anonim, 2015).

Dicorynia guianensis Amshoff odununda radyal yönde daralma %4.60, teğet yönde daralma %8.20, hacimsel daralma %14.00, hava kurusu halde liflere paralel basınç direnci 49.37 N/mm², maksimum kırılma direnci 62.19 N/mm², enine yüzeyde sertlik 13.86 N/mm², yan yüzeyde sertlik 10.41 N/mm² (Kukachka, 1964) olarak bulunduğu bildirilmiştir.

Gücü ve dayanıklılığı bir araya geldiğinde angelique’i özellikle ağır inşaat, liman kurulumları, köprüler, iskele ve platform döşemesi için kaplamalar ve demiryolu köprü bağları için uygun hale getirir. Öz odun özellikle gemi güvertesi, kalas, tekne çerçeveleri ve su altı elemanları için uygundur (Kukachka, 1964). Bu tür, yüksek ve doğal doğal dayanıklılığı ile bilinir. Öz odunu, beyaz çürüklük mantarları tarafından tehdit edildiğinde çok dayanıklı ile orta derecede dayanıklı arasında sınıflandırılır (Amusant ve ark., 2004).

Angelique, koruyucu bir kaplama olmadan hava koşullarına maruz kaldığında, neredeyse tüm yüzeyi kaplayan karakteristik ince çizgi kontrolleri geliştirir. Bu kontrol zamanla daha kapsamlı hale gelmemektedir. Çoğu yapısal kullanım için olumsuz özellik değildir. Öz odun, nem emilimine oldukça dirençlidir ve bu bakımdan ak meşe ile karşılaştırılabilir (Kukachka, 1964).

Bu çalışmada, basralocus (*Dicorynia guianensis* Amshoff) ahşabında ağartma uygulamaları yapılması sonrasında meydana gelen bazı yüzey değişimleri araştırılmıştır.

2. Materyal ve Metot

2.1. Materyal

2.1.1. Ahşap Malzeme

100 mm x 100 mm x 15 mm boyutlarında hazırlanmış olan basralocus (*Dicorynia guianensis* Amshoff) odununa ait örnekler $20 \pm 2^\circ\text{C}$ ile %65 bağıl nemde olacak şekilde iklimlendirme uygulamalarına tabi tutulmuştur (ISO 554, 1976).

2.1.2. Ağartma Kimyasalları

Araştırmada, oksalik asit ($\text{C}_2\text{H}_2\text{O}_4$) ve hidrojen peroksit (H_2O_2) + sodyum hidroksit (NaOH) kimyasalları kullanılmıştır.

2.2. Metot

2.2.1. Ağartma Uygulanmasının Yapılması

Sürme tekniği ile bu kimyasallar ahşap malzeme yüzeylerine tek kat olarak bir sünger vasıtasıyla uygulanmıştır.

2.2.3. Testler

Shore D Sertlik Değerinin Belirlenmesi: Shore meter ASTM D 2240 (2010)'a göre 10 ölçüm alınarak yapılmıştır.

Renk Özelliklerinin Belirlenmesi: CS-10 (CHN Spec, Çin) [CIE 10° standart gözlemci; CIE D65 ışık kaynağı, aydınlatma sistemi: 8/d (8°/dağılık aydınlatma)] cihazı kullanılarak ölçülmüştür (ASTM D 2244-3, 2007). Literatürde ΔC^* : kroma kısmı veya doygunluk farkı ve ΔH^* : ton bölümü veya gölge farkı olarak tanımlanmıştır (Lange, 1999). Aşağıdaki formüller ile toplam renk farklılıklarına ait sonuçlar belirlenmiştir.

$$C^* = [(a^*)^2 + (b^*)^2]^{0.5} \quad (1)$$

$$h^0 = \arctan(b^* / a^*) \quad (2)$$

$$\Delta C^* = (C^*_{\text{işlem görmüş deney örneği}} - C^*_{\text{işlem görmemiş deney örneği}}) \quad (3)$$

$$\Delta a^* = (a^*_{\text{işlem görmüş deney örneği}} - a^*_{\text{işlem görmemiş deney örneği}}) \quad (4)$$

$$\Delta L^* = (L^*_{\text{işlem görmüş deney örneği}} - L^*_{\text{işlem görmemiş deney örneği}}) \quad (5)$$

$$\Delta b^* = (b^*_{\text{işlem görmüş deney örneği}} - b^*_{\text{işlem görmemiş deney örneği}}) \quad (6)$$

$$\Delta H^* = [(\Delta E^*)^2 - (\Delta L^*)^2 - (\Delta C^*)^2]^{0.5} \quad (7)$$

$$\Delta E^* = [(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2]^{0.5} \quad (8)$$

Çizelge 1. ΔL^* , Δa^* , Δb^* ve ΔC^* değerlerine ait tanımlamalar (Lange, 1999)

Parametre	Pozitif durumda	Negatif durumda
ΔL^*	Referanstan daha açık	Referanstan daha koyu
Δa^*	Referanstan daha kırmızı	Referanstan daha yeşil
Δb^*	Referanstan daha sarı	Referanstan daha mavi
ΔC^*	Referanstan daha net, daha parlak	Mat, referanstan daha bulanık

Çizelge 2. ΔE^* değerlendirmesi için kıyaslama kriterleri (DIN 5033, 1979)

Toplam renk farkı (ΔE^*)	Görsel renk puanı farkı
<0.2	Algılanamaz
0.2 ila 0.5	Çok zayıf
0.5 ila 1.5	Zayıf
1.5 ila 3.0	Belirgin
3.0 ila 6.0	Çok belirgin
6.0 ila 12.0	Güçlü
> 12.0	Çok güçlü

Beyazlık İndeksi (WI^*) Özelliklerinin Belirlenmesi: Whiteness Meter BDY-1 cihazında belirlenmiştir (ASTM E313-15e1, 2015).

Parlaklık Özelliklerinin Belirlenmesi: ETB-0833 model gloss meter cihazında liflere dik ve paralel yönlerde üç farklı açılarda (20° , 60° ve 85°) belirlenmiştir (ISO 2813, 1994).

İstatistiksel Analiz: Bir istatistik programı ile standart sapmaları, maksimum ve minimum değerleri, ortalama değerleri, homojenlik grupları, varyans analizleri ve yüzde (%) değişim oranları hesaplanmıştır.

3. Bulgular ve Tartışma

Shore D sertlik değerine ait sonuç Çizelge 4’de verilmiştir. Shore D sertlik değeri 55.40 HD olarak elde edilmiştir (Çizelge 4).

Çizelge 4. Shore D sertlik değerine ait sonuç

Ölçüm Sayısı	Ortalama (HD)	Standart Sapma	Minimum Ölçüm	Maksimum Ölçüm	Varyasyon Katsayısı
10	55.40	1.96	53.00	58.00	3.53

Varyans analizi sonuçları Çizelge 5’de verilmiştir. Bu sonuçlara göre, bütün testler için ağartma kimyasalı türü faktörünün anlamlı olarak elde edildiği görülmüştür (Çizelge 5).

Çizelge 5. Varyans analizi sonuçları

Test	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Ortalama Kare	F Değeri	$\alpha \leq 0.05$
Işıklılık (L^*)	748.445	2	374.223	644.360	0.000*
Kırmızı (a^*) renk tonu	99.069	2	49.534	1277.086	0.000*
Sarı (b^*) renk tonu	104.597	2	52.299	243.330	0.000*
Kroma (C^*)	71.459	2	35.730	162.053	0.000*
Ton (h°) açısı	910.961	2	455.481	1878.354	0.000*
Parlaklık $\perp 20^\circ$	0.072	2	0.036	11.045	0.000*
Parlaklık $\perp 60^\circ$	0.849	2	0.424	32.456	0.000*
Parlaklık $\perp 85^\circ$	1.603	2	0.801	122.932	0.000*
Parlaklık $\parallel 20^\circ$	0.056	2	0.028	47.250	0.000*
Parlaklık $\parallel 60^\circ$	2.888	2	1.444	69.128	0.000*
Parlaklık $\parallel 85^\circ$	36.152	2	18.076	255.792	0.000*
WI^* ($\perp$)	402.925	2	201.462	865.471	0.000*
WI^* ($\parallel$)	326.312	2	163.156	726.933	0.000*
$\alpha \leq 0.05$ sütunu için *: Anlamlı					

Parlaklık değerlerine ait ölçüm sonuçları Çizelge 6’da, renk parametrelerine ait ölçüm sonuçları Çizelge 7’de, beyazlık indeksi (WI^*) değerlerine ait ölçüm sonuçları Çizelge 8’de ve toplam renk farklılıklarına ait sonuçlar Çizelge 9’da sunulmaktadır.

Çizelge 6. Parlaklık değerlerine ait ölçüm sonuçları

Ağartma Kimyasalı Türü ve Elde Edilen Değerler		20°'de Dik (⊥)	60°'de Dik (⊥)	85°'de Dik (⊥)
Ağartılmamış	Ortalama Sonuç	0.24	1.84	0.60
	Homojenlik Grubu	C**	A*	A*
	Ölçüm Sayısı	10	10	10
	Standart Sapma	0.08	0.17	0.13
	Minimum Ölçüm	0.10	1.60	0.40
	Maksimum Ölçüm	0.30	2.10	0.80
	Varyasyon Katsayısı	33.33	9.24	21.67
C ₂ H ₂ O ₄	Ortalama Sonuç	0.30	1.45	0.10
	Homojenlik Grubu	B	B**	B**
	Değişim Oranı (%)	↑25.00	↓21.30	↓83.33
	Ölçüm Sayısı	10	10	10
	Standart Sapma	0.00	0.05	0.00
	Minimum Ölçüm	0.30	1.40	0.10
	Maksimum Ölçüm	0.30	1.50	0.10
H ₂ O ₂ + NaOH	Ortalama Sonuç	0.36	1.76	0.12
	Homojenlik Grubu	A*	A	B
	Değişim Oranı (%)	↑50.00	↓4.35	↓80.00
	Ölçüm Sayısı	10	10	10
	Standart Sapma	0.05	0.08	0.04
	Minimum Ölçüm	0.30	1.70	0.10
	Maksimum Ölçüm	0.40	1.90	0.20
Ağartma Kimyasalı Türü ve Elde Edilen Değerler	Ortalama Sonuç	0.32	2.42	2.84
	Homojenlik Grubu	B	A*	A*
	Ölçüm Sayısı	10	10	10
	Standart Sapma	0.04	0.23	0.45
	Minimum Ölçüm	0.30	2.20	2.20
	Maksimum Ölçüm	0.40	2.80	3.50
	Varyasyon Katsayısı	12.50	9.50	15.85
C ₂ H ₂ O ₄	Ortalama Sonuç	0.30	1.66	0.70
	Homojenlik Grubu	B**	C**	B
	Değişim Oranı (%)	↓6.25	↓31.40	↓75.35
	Ölçüm Sayısı	10	10	10
	Standart Sapma	0.00	0.10	0.00
	Minimum Ölçüm	0.30	1.60	0.70
	Maksimum Ölçüm	0.30	1.80	0.70
H ₂ O ₂ + NaOH	Ortalama Sonuç	0.40	2.04	0.36
	Homojenlik Grubu	A*	B	C**
	Değişim Oranı (%)	↑25.00	↓15.70	↓87.32
	Ölçüm Sayısı	10	10	10
	Standart Sapma	0.00	0.05	0.12
	Minimum Ölçüm	0.40	2.00	0.20
	Maksimum Ölçüm	0.40	2.10	0.50
Ağartma Kimyasalı Türü ve Elde Edilen Değerler	Ortalama Sonuç	0.40	2.45	33.33
	Homojenlik Grubu	A*	B	C**
	Değişim Oranı (%)	↑25.00	↓15.70	↓87.32
	Ölçüm Sayısı	10	10	10
	Standart Sapma	0.00	0.05	0.12
	Minimum Ölçüm	0.40	2.00	0.20
	Maksimum Ölçüm	0.40	2.10	0.50
H ₂ O ₂ + NaOH	Ortalama Sonuç	0.40	2.45	33.33
	Homojenlik Grubu	A*	B	C**
	Değişim Oranı (%)	↑25.00	↓15.70	↓87.32
	Ölçüm Sayısı	10	10	10
	Standart Sapma	0.00	0.05	0.12
	Minimum Ölçüm	0.40	2.00	0.20
	Maksimum Ölçüm	0.40	2.10	0.50
Homojenlik grubu satırları için *:En yüksek değer , **: En düşük değer				

Çizelge 7. Renk parametrelerine ait ölçüm sonuçları

Ağartma Kimyasalı Türü ve Elde Edilen Değerler		Işıklılık (L^*)	Kırmızı (a^*) Renk Tonu	Sarı (b^*) Renk Tonu
Ağartılmamış	Ortalama Sonuç	50.19	8.39	17.59
	Homojenlik Grubu	B**	B	C**
	Ölçüm Sayısı	10	10	10
	Standart Sapma	0.57	0.24	0.61
	Minimum Ölçüm	49.36	8.10	16.68
	Maksimum Ölçüm	50.92	8.77	18.73
	Varyasyon Katsayısı	1.14	2.86	3.47
C ₂ H ₂ O ₄	Ortalama Sonuç	50.84	9.65	20.69
	Homojenlik Grubu	B	A*	B
	Değişim Oranı (%)	↑1.30	↑15.02	↑17.62
	Ölçüm Sayısı	10	10	10
	Standart Sapma	0.96	0.16	0.40
	Minimum Ölçüm	49.58	9.43	20.19
	Maksimum Ölçüm	51.83	9.89	21.14
	Varyasyon Katsayısı	1.89	1.66	1.93
H ₂ O ₂ + NaOH	Ortalama Sonuç	61.10	5.32	22.05
	Homojenlik Grubu	A*	C**	A*
	Değişim Oranı (%)	↑21.74	↓36.59	↑25.36
	Ölçüm Sayısı	10	10	10
	Standart Sapma	0.71	0.17	0.34
	Minimum Ölçüm	60.12	5.10	21.73
	Maksimum Ölçüm	62.30	5.63	22.70
	Varyasyon Katsayısı	1.16	3.20	1.54
Ağartma Kimyasalı Türü ve Elde Edilen Değerler		Kroma (C^*)	Ton Açısı (h°)	Homojenlik grubu satırları için *: En yüksek değer, **: En düşük değer
Ağartılmamış	Ortalama Sonuç	19.49	64.49	
	Homojenlik Grubu	B**	C**	
	Ölçüm Sayısı	10	10	
	Standart Sapma	0.64	0.46	
	Minimum Ölçüm	18.59	63.85	
	Maksimum Ölçüm	20.68	65.06	
	Varyasyon Katsayısı	3.28	0.71	
C ₂ H ₂ O ₄	Ortalama Sonuç	22.83	64.99	
	Homojenlik Grubu	A*	B	
	Değişim Oranı (%)	↑17.14	↑0.78	
	Ölçüm Sayısı	10	10	
	Standart Sapma	0.39	0.51	
	Minimum Ölçüm	22.29	64.25	
	Maksimum Ölçüm	23.40	65.94	
	Varyasyon Katsayısı	1.71	0.78	
H ₂ O ₂ + NaOH	Ortalama Sonuç	22.69	76.42	
	Homojenlik Grubu	A	A*	
	Değişim Oranı (%)	↑16.42	↑18.50	
	Ölçüm Sayısı	10	10	
	Standart Sapma	0.32	0.50	
	Minimum Ölçüm	22.40	75.50	
	Maksimum Ölçüm	23.35	77.25	
	Varyasyon Katsayısı	1.41	0.65	

Çizelge 8. Beyazlık indeksi (WI^*) değerlerine ait ölçüm sonuçları

Ağartma Kimyasalı Türü Ve Elde Edilen Değerler		Liflere Dik Yönde	Liflere Paralel Yönde
Ağartılmamış	Ortalama Sonuç	13.47	7.50
	Homojenlik Grubu	B	B
	Ölçüm Sayısı	10	10
	Standart Sapma	0.58	0.62
	Minimum Ölçüm	12.80	6.80
	Maksimum Ölçüm	14.10	8.20
	Varyasyon Katsayısı	4.31	8.27
$C_2H_2O_4$	Ortalama Sonuç	11.84	7.16
	Homojenlik Grubu	C**	B**
	Değişim Oranı (%)	↓12.10	↓4.53
	Ölçüm Sayısı	10	10
	Standart Sapma	0.14	0.32
	Minimum Ölçüm	11.70	6.70
	Maksimum Ölçüm	12.00	7.50
$H_2O_2 + NaOH$	Ortalama Sonuç	20.30	14.32
	Homojenlik Grubu	A*	A*
	Değişim Oranı (%)	↑50.71	↑90.93
	Ölçüm Sayısı	10	10
	Standart Sapma	0.58	0.43
	Minimum Ölçüm	19.60	13.80
	Maksimum Ölçüm	21.00	14.80
	Varyasyon Katsayısı	2.86	3.00
Homojenlik grubu satırları için *:En yüksek değer , **: En düşük değer			

Çizelge 9. Toplam renk farklılıklarına ait sonuçlar

Ağartma Kimyasalı Türü	ΔL^*	Δa^*	Δb^*	ΔC^*	ΔH^*	ΔE^*	Renk değiştirme kriterleri (DIN 5033, 1979)
$C_2H_2O_4$	0.65	1.26	3.10	3.34	-	3.41	Çok belirgin (3.0 ila 6.0)
$H_2O_2 + NaOH$	10.91	-3.07	4.46	3.20	4.37	12.18	Çok güçlü (> 12.0)

Her iki yönde 60 ve 85 derecelerde yapılan parlaklık değerlerinde en yüksek sonuçlar kontrol deney örneklerinde tespit edilmiştir. Her iki yönde 20 derecede yapılan parlaklık ölçümlerinde ise en yüksek sonuçlar $H_2O_2 + NaOH$ kimyasalı ile ağartılmış deney örnekleri üzerinde bulunmuştur. 60 derecede her iki yönde yapılan parlaklık değerlerinde ise en düşük sonuçlar $C_2H_2O_4$ kimyasalı kullanılarak ağartma işlemi görmüş deney örneklerinde tespit edilmiştir (Çizelge 6).

L^* parametresinde her iki ağartma kimyasalları ile artışlar tespit edilmiştir ($C_2H_2O_4$ ile %1.30 ve $H_2O_2 + NaOH$ ile %21.74). L^* değerlerinde en yüksek sonuç $H_2O_2 + NaOH$ kimyasalına maruz kalmış örnekler üzerinde (61.10) bulunurken, en düşük sonuç ise kontrol örneklerinde (50.19) tespit edilmiştir. a^* değerinde $H_2O_2 + NaOH$ kimyasalı ile %36.59 oranında azalış belirlenirken, $C_2H_2O_4$ kimyasalı ile %15.02 oranında artış elde edilmiştir. a^* değerlerinde en düşük sonuç $H_2O_2 + NaOH$ kimyasalı ile ağartma uygulaması yapılmış örneklerde (5.32) görülürken, en yüksek sonuç ise $C_2H_2O_4$ kimyasalı uygulanmış örneklerinde (9.65) elde edilmiştir. b^* değerlerinde her iki ağartma kimyasalları ile artışlar elde edilmiştir ($C_2H_2O_4$ ile %17.62 ve $H_2O_2 + NaOH$ ile %25.36). b^* değerlerinde en yüksek sonuç $H_2O_2 + NaOH$ kimyasalı uygulanmış deney örnekleri üzerinde (22.05) elde edilirken, en düşük sonuç

ise kontrol örneklerinde (17.59) görülmüştür. C^* testinde her iki ağartma kimyasalları ile artışlar bulunmuştur ($C_2H_2O_4$ ile %17.14 ve $H_2O_2 + NaOH$ ile %16.42). C^* parametresinde en yüksek sonuç $C_2H_2O_4$ kimyasalına maruz kalmış örnekler üzerinde (22.83) belirlenirken, en düşük sonuç ise kontrol örneklerinde (19.49) bulunmuştur. h^o testinde her iki ağartma kimyasalları ile artışlar görülmüştür ($C_2H_2O_4$ ile %0.78 ve $H_2O_2 + NaOH$ ile %18.50). h^o değerinde en yüksek sonuç $H_2O_2 + NaOH$ kimyasalı ile ağartma işlemi görmüş örneklerde (76.42) bulunurken, en düşük sonuç ise kontrol örneklerinde (64.49) tespit edilmiştir (Çizelge 7).

Beyazlık indeksi (WT^*) değerlerine bakıldığında, her iki yönde (liflere paralel ve dik) $C_2H_2O_4$ kimyasalı ile azalışlar görülürken, $H_2O_2 + NaOH$ kimyasalı ile artışlar tespit edilmiştir. Her iki yönde WT^* değerlerinde en yüksek sonuçlar $H_2O_2 + NaOH$ kimyasalı ile ağartılmış deney örneklerinde belirlenirken, en düşük sonuçlar ise $C_2H_2O_4$ kimyasalı ile ağartma işlemi görmüş deney örnekleri üzerinde tespit edilmiştir (Çizelge 8).

Δa^* değeri $C_2H_2O_4$ ile pozitif (referanstan daha kırmızı) ve $H_2O_2 + NaOH$ ile negatif (referanstan daha yeşil) olarak elde edilmiştir. Her iki ağartma kimyasalları ile Δb^* , ΔL^* ve ΔC^* değerleri pozitif olarak bulunmuştur (sırasıyla: referanstan daha sarı, referanstan daha açık ve referanstan daha net, daha parlak). ΔE^* değerleri $C_2H_2O_4$ ile 3.41 ve $H_2O_2 + NaOH$ ile 12.18 olarak elde edilmiştir. Renk değiştirme kriterine bakıldığında, $C_2H_2O_4$ ile “çok belirgin (3.0 ila 6.0)” ve $H_2O_2 + NaOH$ ile “çok güçlü (> 12.0)” olarak belirlenmiştir (Çizelge 9).

Literatürde hidrojen peroksit (H_2O_2) + sodyum hidroksit ($NaOH$) karışımı ve oksalik asit ($C_2H_2O_4$) kimyasalları kullanılarak yapılan ağartma uygulamalarına ait çalışmalarda parlaklık, renk ve WT^* değerlerinin değiştiği rapor edilmiştir [yalancı akasya (Peker ve Ulusoy, 2023), olon (Peker ve Ayata, 2023), canelo (Peker, 2023a), lotofa (Peker, 2023b), cocobolo (Çamlıbel ve Ayata, 2024), balau red (Peker ve ark., 2024), bulletwood (Peker ve ark., 2023a), movingui (Peker ve ark., 2023b), ilomba (Ayata ve Bal, 2023), ekop (Çamlıbel ve Ayata, 2023b), satinwood ceylon (Ayata ve Çamlıbel, 2023), ıhlamur (Çamlıbel ve Ayata, 2023a) ve izombé (Peker ve ark., 2023c)].

4. Sonuçlar

- Her iki ağartma kimyasalları ile 60 ve 85 derecelerde parlaklıklarda azalışlar elde edilmiştir.
- a^* değerlerinde $C_2H_2O_4$ ile artış ve $H_2O_2 + NaOH$ ile azalış görülmüştür.
- WT^* değerlerinde ise $C_2H_2O_4$ ile azalış ve $H_2O_2 + NaOH$ ile artış bulunmuştur.
- ΔE^* değerleri $C_2H_2O_4$ ile 3.41 ve $H_2O_2 + NaOH$ ile 12.18 olarak hesaplanmıştır.

Kaynaklar

- Amusant, N., Beauchene, J., Fournier, M., Janin, G., and Thevenon, M.F., (2004). Decay resistance in *Dicorynia guianensis* Amsh: analysis of inter-tree and intra-tree variability and relations with wood colour, *Annals of Forest Science*, 61(4): 373-380. DOI: 10.1051/forest:2004030.
- Anonim, (2014). Institut d'Emission des Départements d'Outre-Mer, Guyane annual report, 186 p.
- Anonim, (2015). ONF - Essences forestières de Guyane valorisables en bois de charpente.
- ASTM D 2240, (2010). Standard test method for rubber property-durometer hardness, American Society for Testing and Materials, West Conshohocken, Pennsylvania, United States.

- ASTM D 2244-3, (2007). Standard practice for calculation or color tolerances and color differences from instrumentally measured color coordinates, ASTM International, West Conshohocken, PA.
- ASTM E313-15e1, (2015). Standard practice for calculating yellowness and whiteness indices from instrumentally measured color coordinates, ASTM International, West Conshohocken, PA.
- Ayata, Ü., ve Bal, B.C., (2023). Ilomba (*Pycnanthus angolensis* Exell) odununda bazı yüzey özellikleri üzerine çeşitli ağartıcı kimyasallarının uygulanması, European Conferences 2. Uluslararası Sağlık, Mühendislik Ve Uygulamalı Bilimler Kongresi, 4-6 Ağustos 2023 Belgrad, 95-105.
- Ayata, Ü., ve Çamlıbel, Ç., (2023). İç ve dış mekânda kullanılan satinwood ceylon (*Chloroxylon swietenia* DC) ahşabında ağartma uygulamasının yapılması üzerine bir çalışma, Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 14(2): 273-281. DOI: 10.29048/makufebd.1343434.
- Bonjour, I., (1996). Variabilité de la qualité des bois d'une essence guyanaise: l'Angélique (*Dicorynia guianensis* Amsh.). ENGREF-CIRAD.
- Chichignoud, M., Déon, G., Détienne, P., Parant, B., and Vantomme, P., (1990). Tropical timber ATLAS of Latin America, International Tropical Timber Organization, 62-63.
- Çamlıbel, O., ve Ayata, Ü., (2023a). Ihlamur (*Tilia tomentosa* - Moench.) odununda ağartma uygulaması, Uzakdoğu 2. Uluslararası Uygulamalı Bilimler Kongresi, 20-22 Ekim 2023, Manila, Filipinler, 107-116.
- Çamlıbel, O., ve Ayata, Ü., (2023b). Ahşap ağartıcı kimyasallarının ekop (*Tetraberlinia bifoliolata* Haum.) ahşabında uygulanması, Uzakdoğu 2. Uluslararası Uygulamalı Bilimler Kongresi, 20-22 Ekim 2023, Manila, Filipinler, 125-135.
- Çamlıbel, O., ve Ayata, Ü., (2024). Cocobolo (*Dalbergia retusa* Hemsl.) odununda ağartma uygulamasının denemesi, Journal of Architecture, Engineering & Fine Arts, 6(1). Basım aşamasında.
- DIN 5033, (1979). Deutsche Normen, Farbmessung. Normenausschuß Farbe (FNF) im DIN Deutsches Institut für Normung eV, Beuth, Berlin März.
- ISO 2813, (1994). Paints and varnishes - determination of specular gloss of non-metallic paint films at 20 degrees, 60 degrees and 85 degrees, International Organization for Standardization, Geneva, Switzerland.
- ISO 554, (1976). Standard atmospheres for conditioning and/or testing, International Standardization Organization, Geneva, Switzerland.
- Koeppen, R.C., (1967). Revision of *Dicorynia* (Caesalpiniaceae), Brittonia, New York, 19: 46-61.
- Kukachka, B.F., (1964). Angelique: *Dicorynia guianensis* Amsh., Research note FPL no. 071. Madison, WI : USDA, Forest Service, Forest Products Laboratory. 8, [3] pages.
- Lange, D.R., (1999). Fundamentals of Colourimetry - Application Report No. 10e. DR Lange: New York, NY, USA.
- Lehnebach, R. (2015). Etude de la variabilité ontogénique du profil ligneux chez quelques espèces forestières tropicales de Guyane Française. Montpellier.
- Ligeza, A., and Jankowska, A., (2022). Analysis of the wood properties of *Dicorynia guianensis* Amsh. in the context of using in outdoor architecture, Annals of Warsaw University of Life Sciences-SGGW. Forestry and Wood Technology, 119: 57-70.
- Peker, H., (2023a). Canelo (*Drimys winteri* J.R. Forst. & G. Forst.) ahşabında ağartma uygulamaları, ICAFVP 3. Uluslararası Tarım, Gıda, Veteriner Ve Eczacılık Bilimleri Kongresi, 10-12 Kasım 2023, Beyrut, Lübnan, 165-174.

- Peker, H., (2023b). Lotofa (*Sterculia rhinopetala*) odununda tek ve çift bileşenli ağartıcılarının uygulanması, ICAFPV 3. Uluslararası Tarım, Gıda, Veteriner Ve Eczacılık Bilimleri Kongresi, 10-12 Kasım 2023, Beyrut, Lübnan, 173-182.
- Peker, H., Bilginer, E.H., Ayata, Ü., Çamlıbel, O., ve Gürleyen, L., (2024). Ahşap ağartma kimyasalları uygulandıktan sonra balmumu ile muamele edilmiş balau red (*Shorea guiso*) odununda bazı yüzey özelliklerinin belirlenmesi, Türk Bilim ve Mühendislik Dergisi, basım aşamasında.
- Peker, H., Bilginer, E.H., Ayata, Ü., Çamlıbel, O., ve Gürleyen, L., (2023a). Ağartıcı kimyasallarının (oksalik asit ve hidrojen peroksit + sodyum hidroksit) bulletwood (*Manilkara bidentata* (A.DC.) A. Chev.) ahşabında uygulanması, Sivas Cumhuriyet Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi, 1(2): 48-54.
- Peker, H., Bilginer, E.H., Ayata, Ü., Gürleyen, L., ve Çamlıbel, O., (2023c). İç ve dış mekânlara ait tasarımlarda kullanılan izombé (*Testulea gabonensis* Pellegr.) ahşabında farklı ahşap ağartıcı kimyasallarının uygulanması, 2. Uluslararası Kültür, Sanat ve İletişim Sempozyumu (UKSANİL 2), Bayburt, 15-17 Aralık 2023, 289-303.
- Peker, H., Bilginer, E.H., Ayata, Ü., ve Çamlıbel, O., (2023b). Mobilya sektöründe kullanılan movingui (*Distemonanthus benthamianus* Baillon) odununda tek ve çift bileşenli ahşap ağartıcı kimyasallarının uygulanması üzerine bir araştırma, Sivas Cumhuriyet Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi, 2(2): 73-79.
- Peker, H., ve Ayata, Ü., (2023). Olon (*Zanthoxylum heitzii*) odununun bazı yüzey özellikleri üzerine ağartıcı kimyasalların etkileri, Mobilya ve Ahşap Malzeme Araştırmaları Dergisi, 6(2): 210-218. DOI:10.33725/mamad.1369843.
- Peker, H., ve Ulusoy, H., (2023). Ahşap ağartıcı kimyasalları uygulanmış yalancı akasya (*Robinia pseudoacacia* L.) odununda bazı yüzey özelliklerinin belirlenmesi, 8. Asya Pasifik Uluslararası Modern Bilimler Kongresi, 11-12 Eylül 2023, Delhi, India, 464-465.
- Vallet, A., (2002). La filière bois de Guyane - Stratégie de développement, Cabinet Sagital, Cayenne, 95 p.
- Viitanen, H., and Ritschkoff, A., (1989). Moisture requirements and wood degradation of Pine and Spruce wood by some basidiomycetes - fungi, Document IRG WP No. 1406, pp. 1-8.

SICAK KARIŞIMLI ASFALT KAPLAMALARINDA REAKTİF KATKILARIN PERFORMANSI VE LABORATUVAR DENEYLERİ

Muhammet Can ZEYTİN

Graduate School of Science and Engineering, Yıldız Technical University, Istanbul, Turkey
ORCID #0009-0002-9413-1417

Arş. Gör. Dr. Onur ŞAHİN

Civil Engineering Department, Transportation Department, Yıldız Technical University,
Istanbul, Turkey, ORCID #0000-0002-4574-9272

ÖZET

Karayolu esnek üstyapılarında zamanla trafik yükü, iklim koşulları ve diğer çevresel faktörler nedeniyle deformasyonlar oluşmaktadır. Üst yapı rehabilitasyonu için birçok farklı metot ve teknikler geliştirilmiş ve çeşitli ülkelerde farklı uygulama tipleriyle bakım ve onarım işlemleri yapıldığı gözlemlenmektedir. Bakım süreci bazı durumlarda maliyet ve uygulama süresi açısından katlanılabilir düzeyin üzerine çıkmakta ve tıkanıklık oluşumuna öncül teşkil etmektedir. Genel uygulamada bozulmanın olduğu kısımda yol üstyapısı kazılarak, bitümlü sıcak karışımlar hazırlanmakta ve yeni karışım kazılan bölgeye serilerek üstyapı yeniden oluşturulmaktadır. Asfalt karışımlarının daha uzun hizmet ömrüne sahip olması ve aşınma direncinin artırılması için bitüme ek olarak farklı katkı malzemeleri de kullanılmaktadır. Karışımda kullanılacak olan malzeme ve katkı maddesi tercihlerinin doğru yapılması, sıcak karışimli asfalt kaplamaların aşınma direncini artırma konusunda en önemli faktörlerdendir. Özellikle son zamanlarda, ilerleyen teknoloji ve deneysel araştırmalardaki gelişmeler ile birlikte asfalt kaplama tabakasının, geometrisinin bozulmasını önlemek amacıyla, farklı çeşitlerde katkı malzemeleri denenmiştir. Kullanılan bu malzemelerin etkilerini avantaj ve dezavantajlarını gözlemlemek üzere çeşitli performans testleri yapılmaktadır. Karışımlara Marshall deneyi, parlama noktası deneyi, bitüm penetrasyon deneyi, yumuşama noktası deneyi gibi deneyler uygulanmaktadır. Söz konusu maddelerin asfalt karışımında iyileştirici özellikleri gözlenmiş ancak maliyet açısından uygulanabilirlikleri aşamasında soru işaretleri devam etmektedir. Özel uygulama alanları dışında yaygın bir kullanım sürecine geçilmesi açısından halen maliyet en önemli faktör olarak görülmektedir. Bu durumda esnek üst yapı uygulayıcılarının karar verme aşamalarına doğrudan tesir etmektedir. Bu çalışmada kullanılan katkı maddeleri ve deneyler ile ilgili yapılan çalışmalar ele alınmıştır.

Anahtar Kelimeler: Sıcak karışimli asfalt, Reaktif katkı, Asfalt kaplama

THE PERFORMANCE OF REACTIVE ADDITIVES IN HOT MIXED ASPHALT COATINGS AND LABORATORY EXPERIMENTS

ABSTRACT

In flexible road pavements, deformations occur over time due to traffic load, climate conditions, and other environmental factors. Various methods and techniques have been developed for the rehabilitation of the pavement, and maintenance and repair processes are observed to be carried out with different application types in various countries. In some cases, the maintenance process may exceed a tolerable level in terms of cost and implementation time, leading to congestion. In general practice, in the area where damage occurs, the road pavement is excavated, bituminous hot mixtures are prepared, and the new mixture is spread in the excavated area to rebuild the pavement. In addition to bitumen, different additive materials are also used to increase the service life and wear resistance of asphalt mixtures. The correct selection of materials and additive preferences in the mixture is the most important factor in increasing the wear resistance of hot mix asphalt coatings. Especially in recent times, with advances in technology and experimental research, different types of additive materials have been tried to prevent the deformation of the asphalt coating layer. Various performance tests are conducted to observe the effects and advantages and disadvantages of these materials. Tests such as the Marshall test, flash point test, bitumen penetration test, softening point test are applied to the mixtures. The beneficial properties of these substances in asphalt mixtures have been observed, but questions remain about their applicability in terms of cost. Cost is still seen as the most important factor in transitioning to widespread use outside of special application areas. This situation directly affects the decision-making stages of flexible pavement applicators. This study discusses the use of additive materials and studies related to tests.

Keywords: hot mixed asphalt, reactive additive, asphalt pavement

1.GİRİŞ

Asfalt kaplama tabakasında zamanla hem statik hem de dinamik yükler etkisiyle oturmalar, çökmeler ve çatlaklar gibi deformasyonlar oluşmaktadır. Hizmet süresince bozulmaların olduğu kısımlar bakım ve onarım işlemleri ile düzeltilir. Üstyapı üzerinde oluşacak ağır trafik yüklerinin sürekli tekrarları, oluşan bozulmaları artırmakta ve bu durum daha büyük boyutlu bakım ve onarım faaliyetleri yapılmasına neden olmaktadır [1,2].

Nüfus artışının hızlanması sonucunda ulaştırma eyleminde ve özellikle lojistik hizmeti veren ağır taşıt oranında ciddi oranda bir artış söz konusudur ve yolların taşıma kapasitelerinin artması gerekmektedir. Ülkemizde bulunan yol ağı incelendiğinde rijit kaplama oranının çok düşük olduğu dikkate alınır, bağlayıcı olarak kullanılacak malzemeler önem kazanmaktadır. Bu sebepler sonucunda uzmanlar tarafından asfalt bağlayıcıları geliştirmek adına çeşitli yollar aranmaktadır [3].

Sıcak karışımli asfalt kaplamaların en önemli bileşeni, karışımın performansı üzerinde önemli bir etkisi olan bitümlü bağlayıcılardır. Bitümlü karışımlar, üstyapıya etkileyen yüklere karşı

agregaları bir arada tutarak dağılmasını önler, yolcular için yolun konforlu olmasını sağlar, stabiliteyi artırır ve geçirimsizliği sağlar [4].

Geleneksel olarak kullanılan asfaltların dayanımlarını ve performanslarını artırmak adına farklı özelliklerde katkı malzemeleri kullanılarak yeni karışımlar elde edilmektedir. Yapılan analizler sonucunda kullanılan katkı maddeleri, karışımda iyileştirici etkiler gösterse de çoğunlukla yüksek maliyetler çıkarmaktadır. Maliyeti azaltmak için atık maddeler de karışımlara dahil edilmeye başlanmıştır. Karışımlara dahil edilen katkı maddelerinin çoğunluğu polimerler oluşturmaktadır. Araştırmacılar tarafından sıklıkla kullanılan malzemeler polietilen, polipropilen, polivinil klorid, nikel oksit, Stiren-Butadien-Stiren, styrene-butadiene-rubber, polistiren, etilen vinil asetat, neopren, reaktif polimer, kauçuk, filler malzemeler ve çözücülerdir [3-6].

2.MATERYAL VE METOT

Bu çalışma kapsamında sıcak karışimli asfalt kaplamalarında kullanılan reaktif katkı maddeleri ve karışımların değerlendirmesi aşamasında kullanılan laboratuvar deneyleri hakkında literatür araştırması yapılmıştır.

2.1. REAKTİF KATKI MADDELERİ

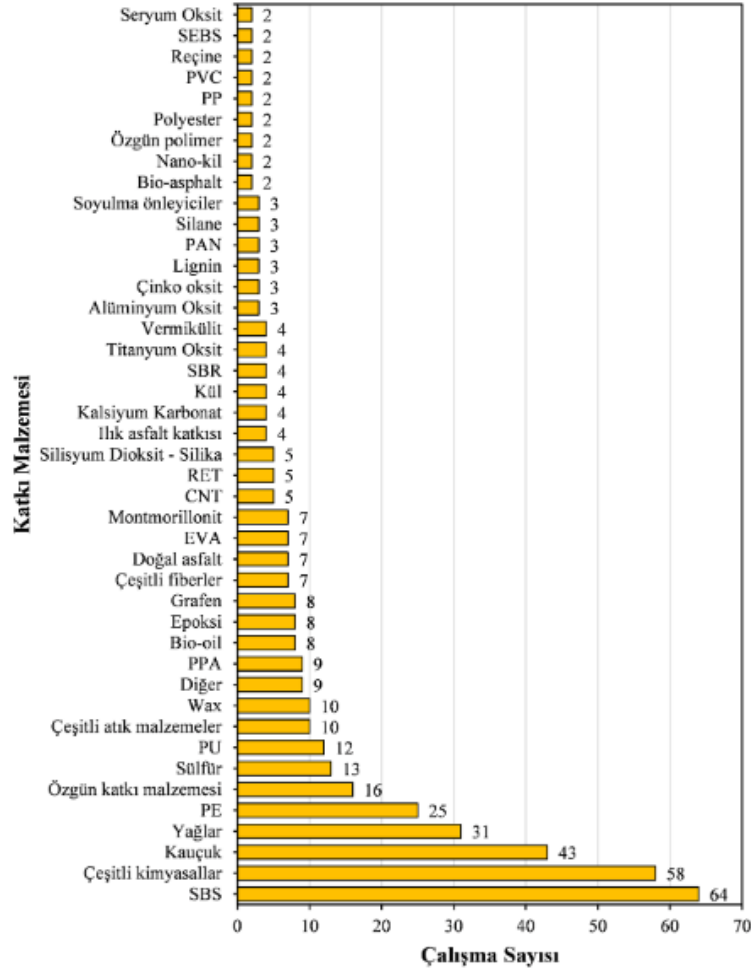
Sıcak karışimli asfalt kaplamaların performanslarını arttırmak, bozulmaları önlemek amacıyla çeşitli katkı maddeleri kullanılmaktadır. Katkı maddesi kullanılmasıdaki amaçlar; yüksek sıcaklıklarda rijit, düşük sıcaklıklarda esnek davranış gösteren, yorulma ve kayma direnci yüksek, yaşlanma ve oksidasyona karşı dayanımı fazla olan ekonomik kaplamalar inşa etmektir [7].

Kumandaş ve Pancar (2023) tarafından yapılan literatür araştırmasında kullanılan katkı maddeleri derlenmiş ve sayıları Şekil 1’de verilmiştir.

Yapılan çalışma sonucunda en sık kullanılan malzemenin bir polimer türü olan Stiren-Butadien-Stiren (SBS) olduğu görülmektedir. Sıcak karışimli asfalt kaplamalarda dünya genelinde yapılan çalışmalar sonucunda tekerlek izi oluşumlarına ve yorulmalara karşı SBS kullanımının iyileştirici etkileri görülmektedir. SBS polimeri, üç boyutlu bir ağ yapısına sahip olmasıyla birlikte bitüm içerisinde uzanarak elastik özellikleri korumakta ve yorulma direncini arttırmaktadır[7,8].

Sönmüş kirecin sıcak karışımlarda kullanılması sonucunda soyulmanın azaldığı, karışımın rijitliğini ve çatlak oluşumuna karşı direnci arttırdığı gibi birçok fayda elde edilmektedir. Yapılan çalışmalar sonucunda kaplamanın hizmet ömrünü belirli oranda arttırdığı ve az bir miktar da olsa daha ekonomik karışımlar elde edildiği görülmektedir [8].

Kauçuk da bitüm modifikasyonunda sıklıkla kullanılan bir katkı maddesidir. Çoğunlukla atık halde bulunan kauçuk, araçların atık lastiklerinden elde edildiği gibi farklı yollardan da elde edilebilmektedir [8].



Şekil 1 Makalelerde kullanılan katkı maddeleri [8]

Yukarıda söz edilen katkı maddelerine ek olarak, reaktif terpolimerler, atık halılar, siyah karbonlar, SEBS gibi farklı polimer çeşitleri de sıcak karışımli asfalt kaplamalarda katkı maddesi olarak kullanılmaktadır.

2.2. LABORATUVAR DENEYLERİ

Karışımlarda kullanılan katkı maddelerinin performansını değerlendirmek amacıyla farklı deneyler yapılmaktadır. Bu deneyler ile modifiye karışımların fiziksel ve mekaniksel özellikleri değerlendirilmektedir.

Marshall Stabilite ve Akma Deneyi ile karışımların fiziksel özellikleri değerlendirilerek kullanılması gereken optimum bitüm miktarı bulunmaktadır. Hazırlanan numunelerin fiziksel özellikleri tespit edilerek belirli sıcaklıkta bulunan su banyosunda bekletilmekte ve çıkarılıp Marshall cihazına yerleştirilmektedir. Dakikada 50 ± 2 mm hızla yükleme yapılarak, kırılma anındaki değerleri ölçülmektedir. Deney sonucunda elde edilen veriler ile karışımların sertlikleri ve bozulmalara karşı dirençleri ölçülmektedir [7,10].



Şekil 2 Marshall stabilite ve akma deneyi aleti [7]

EN1426 standardına göre yapılan penetrasyon deneyi ile birlikte, hazırlanan sıcak karışımların sertlik ve kıvamları belirlenebilmektedir. Penetrasyon değeri ile kıvam birbirleri ile ters orantılıdır. Penetrasyon değerinin düşük olması, ısıya karşı daha duyarlı hale gelmekte olsa da standartlarda belirtilen sınırlar içerisinde kalmaktadır. Numuneler önce ısıtılmakta ve soğumaya bırakılmakta, sonra su banyosuna yerleştirilerek bekletilmektedir. Son olarak numuneler tabla üzerine alınarak, farklı noktalardan en az üç okuma yapılarak penetrasyon değeri belirlenmektedir [3,4].

Sıcak karışımların yağmur gibi nedenler dolayısıyla su ile teması sonucu oluşabilecek nem hasarını tespit etmek amacıyla Su Hasarı Direnci Deneyi yapılmaktadır. AASHTO T283 standardına kullanılarak yapılan deney sonucunda katkı maddelerinin su hasarını önleme konusundaki etkililikleri tespit edilebilmektedir. Farklı deney grupları (koşullandırılmış ve koşullandırılmamış) kurularak çekme mukavemetleri oranı (TSR) elde edilmekte ve daha yüksek orana sahip olan karışımın su hasarına karşı daha dirençli olduğu görülmektedir. Deney sonucunda elde edilen çekme direnci oranlarının %80'den daha az oranlarda olması istenmektedir.[10,11].

Yumuşama noktası deneyinde ise karışımların yüksek sıcaklıklara karşı direnci tespit edilmektedir. Karışımların ısıtılması ile birlikte yumuşayan malzemenin cam deney kabının tabanına değdiği andaki sıcaklığı ölçülmektedir. Temas anındaki sıcaklık yumuşama noktası olarak adlandırılır [4].

Yukarıda diğer deneylere oranla daha sık kullanılan deneyler verilmiştir. Bu deneyler dışında, viskozite deneyi, duktilite deneyi, dönel viskozimetre deneyi, dönel ince film etüvü deneyi, vialit (yapışma) deneyi, çekip-çıkarma deneyi, soyulma deneyi (Kaliforniya, Nicholson), indirekt çekme rijitlik deneyi, indirekt çekme yorulma deneyi gibi birçok farklı deney kullanılmaktadır [1-11].

3. YAPILAN ÇALIŞMALAR

Çalışıcı, M. (2021) tarafından yapılan çalışmada katkı maddesi olarak nikel oksit kullanılmış ve asfalt bağlayıcının özellikleri ile karışımın stabilitesine etkilerini incelemiştir. Farklı miktarlarda katkı maddesi eklenerek Nikel Modifiye Asfalt Bağlayıcı elde edilmiştir. Yapılan analizler sonucunda karışıma eklenen nikel oksit penetrasyon değerini artırmakta, yumuşama noktasını ise düşürmekte olduğu görülmüştür. Nikel oksit oranı arttıkça karışımın viskozitesinin daha eski çalışmalarda da görüldüğü üzere düştüğü anlaşılmaktadır. Viskozite oranının düşmesi karışımın daha işlenebilir hale geldiğini göstermektedir. Marshall Stabilite testi sonucunda ise nikel oksit ilave edilerek hazırlanan karışımın katkısız asfalta göre %4,21 oranında arttığı görülmektedir. Stabilite değerinin artması sonucunda asfalt tabakası dayanımı artırarak kalıcı deformasyonlara karşı daha dirençli hale gelmektedir. Yapılan deneyler sonucunda nikel oksit katkılı sıcak karışımların daha serin alanlarda kullanılmasının daha uygun olacağı belirtilmektedir [3].

Geçkil, T. ve arkadaşları (2021) tarafından yapılan çalışmada atık lastiklerden elde edilen siyah karbonun asfaltın işlenebilirlik özelliklerine etkisi incelenmiştir. Hazırlanan karışımlarda farklı oranlarda siyah karbon kullanılarak aynı karıştırma işlemleri uygulanmıştır. Yapılan deneyler sonucunda elde edilen verilere göre, siyah karbon arttıkça penetrasyon değeri düşmekte, yumuşama noktasının ise artmakta olduğu görülmektedir. Birlikte değerlendirildiğinde, siyah karbon katkılı karışımların iklimsel olarak sıcak bölgelerde kullanılması durumunda deformasyonlara karşı daha dirençli olacağı görülmektedir. Düktilite deneyine göre ise katkı maddesi sonucunda karışım kıvamının daha sert bir hal aldığı, akıcılığının azaldığı görülmektedir. Elde edilen deney sonuçlarına göre işlenebilirlik daha zor olacağı için maliyetin artacağı söylenmektedir [5].

Geçkil, T. ve arkadaşları (2021) tarafından yapılan bir diğer çalışmada ise RET katkısı ile sıcak karışım asfalt kaplamaların su hasarı direnci etkileri incelenmiştir. Deney sonuçları değerlendirildiğinde katkılı karışımların sertliğinin arttığı ve iklimsel olarak daha sıcak bölgelerde kullanılabileceği görülmüştür. Kayma gerilmelerine ve su etkilerine karşı da daha etkili olduğu sonucu çıkmıştır. RET katkısı ile hazırlanan karışımların kaplama tabakalarının nem direncini iyileştirici yönde olduğu tespit edilmiştir [10].

İskender, E. ve Aksoy, A. (2021) tarafından Nanokil, polimer, bitüm nanokompozit hazırlama yönteminin asfalt karışım performansı üzerindeki etkileri araştırılmıştır. Asfalt karışımları SBS ve EVA polimerleri bitüme ilave edilerek su hasarı, tekerlek izi ve sıcaklık çatlaması yönleriyle değerlendirilmiştir. Katkı malzemesi eklenen karışımların su hasarı ve bozulmalara karşı dirençlerinin daha yüksek seviyede olduğu görülmüştür [11].

Gökalp, İ. ve arkadaşları (2018) tarafından atık bitkisel yağların saf bitüm özelliklerine etkisi incelenmiştir. %2, 4, 6, 8, 10 oranlarında atık bitkisel yağ bitümle birlikte karışımlarda kullanılmış ve penetrasyon deneyi, yumuşama noktası deneyi, parlama noktası deneyi, düktilite deneyi ve farklı sıcaklıklarda dönel viskozimetre deneyleri yapılmıştır. Karışım içerisinde bulunan atık yağ miktarı arttıkça, penetrasyon değerinde artış, yumuşama noktası, parlama noktası, viskozite değerleri ve uzama miktarlarında azalış gözlenmiştir [12].

Dokandari, P. A. Ve arkadaşları (2014) tarafından organik ılık karışım asfalt katkı maddesinin bitümlü karışımların yaşlanma özellikleri üzerine etkileri incelenmiştir. Bitümlü sıcak karışımlara oranla ılık karışım asfalt teknolojilerinin ilk yapım maliyeti daha düşük seviyelerde olsa da ilerleyen yıllar içerisinde göstereceği performansa bağlı olarak maliyetinin hesaplanması gerektiği belirtilmiştir. Yapılan çalışma sonucunda, organik ılık karışım asfaltların, daha düşük sıcaklıklarda üretilebilir olması nedeniyle yaşlanma açısından bitümlü sıcak karışımlara alternatif olarak kullanılabileceği ortaya konmaktadır [13].

4. SONUÇ

Sıcak karışım asfalt kaplamaları zaman içerisinde trafik yükleri, yetersiz drenaj, tabaka kalınlıklarının yetersiz olması gibi birçok faktör nedeniyle deformasyonlara uğramaktadır. Araştırmacılar tarafından karışımların daha uzun ömürlü ve deformasyonlara karşı daha dirençli olması için farklı tipte ve özellikte katkı maddeleri kullanılmaktadır. Yapılan çalışmalarda saf karışımlar ve katkılı karışımlar birlikte incelenerek birçok deney yapılmıştır. Geleneksel olarak kullanılan bitümlü sıcak karışımlara oranla bazı katkı maddeleri iyileştirici sonuçlar vermiştir. İklimsel olarak daha sıcak ya da soğuk bölgelerde yaşanabilecek çatlamalara karşıda kullanılan katkı maddeleri ile daha sağlıklı sonuçlar elde edilmiştir. İlerleyen süreçte birçok katkı maddesinin yol yapımında kullanılabileceği düşünülmektedir.

5. KAYNAKÇA

- [1] Sayın, E., Yıldırım, B. 2005. Asfalt Betonu Kaplamaların Farklı Sıcaklıklarda Dayanımı. Araştırma Makalesi, Fırat Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, 17(3), 463-469.
- [2] Güngör, A. G., Orhan, F., Kaşak, S., Çalışkol, A., Yönter, G. Kazınmış Asfalt Kaplamaların Yeniden Kullanımı KGM Uygulamaları. Karayolları Genel Müdürlüğü AR-GE Dairesi Başkanlığı, 10.
- [3] Çalışıcı, M. 2021. Nikel Oksit Katkı Maddesinin Asfalt Bağlayıcının Fiziksel Özelliklerine ve Karışımın Stabilitesine Etkileri. Araştırma Makalesi, Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi, 9(3), 894-899.
- [4] Geçkil, T., Seloğlu, M., 2019. Reaktif Terpolimerin Bitümün Kıvamına ve Sıcaklık Duyarlılığına Etkisi. Araştırma Makalesi, Fırat Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, 31(1), 203-213.
- [5] Geçkil, T., Aksağan, Z., İnce, C. B. 2021. Atık Lastiklerden Elde Edilen Siyah Karbonun Asfaltın İşlenebilirlik Özelliklerine Etkisi. Araştırma Makalesi, Adıyaman Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, 15, 294-306.
- [6] Bayraktaroğlu, P. A., Keyf, S. 2023. Bitüm Modifikasyonunda Atık Halı, Stiren Etilen Bütadien Stiren ve Elvaloy RET Kullanılarak Fiziksel Özelliklerin Geliştirilmesi. Araştırma Makalesi, Karaelmas Fen ve Mühendislik Dergisi, 13(1), 142-150.
- [7] İstek, A. 2017. Farklı ılık Asfalt Katkılarının Bitümlü Karışımların Mekanik Özelliklerine Etkisi. Fırat Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Elâzığ.

- [8] Kumandaş, A., Pancar, E. B. 2023. Bitüm Modifikasyonunda Kullanılan Katkı Maddeleri: Bir Literatür Araştırması. OMÜ Mühendislik Bilimleri ve Teknoloji Dergisi, 3(2), 109-140.
- [9] Sajjadi, B. A. 2016. Bazı Katkıların Bitümün Yapışma Karakteristiklerine Etkisinin Belirlenmesi. Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Isparta.
- [10] Geçkil, T., Seloğlu, M., İnce, C. B. 2021. Sıcak Karışım Asfalt Kaplamanın Su Hasarı Direnci Üzerinde RET Katkısının Etkisi. Araştırma Makalesi, Fırat Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, 33(2), 537-546.
- [11] İskender, E., Aksoy, A. 2021. Nanokil/Polimer/Bitüm Nanokompozit Hazırlama Yönteminin Asfalt Karışım Performansı Üzerindeki Etkilerinin Araştırılması. Teknik Dergi, 32(3), 10885-10906.
- [12] Gökalp, İ., Özinal, Y., Uz, V. E. 2018 Atık Bitkisel Yağların Saf Bitüm Özelliklerine Etkisinin Araştırılması. Araştırma Makalesi, Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi, 6(4), 570-578.
- [13] Dokandari, P. A., Öner, J., Topal, A., Şengöz, B. 2014. Organik Ilık Karışım Asfalt Katkı Maddesinin Bitümlü Karışımların Yaşlanma Özellikleri Üzerine Etkilerinin İncelenmesi. Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, 20(9), 332-337.

YERİNDE DÖNÜŞÜM VE STANDART YENİLEME ÇALIŞMALARI KARAR SÜRECİ ANALİZİ

Arş. Gör. Dr. Onur ŞAHİN

Civil Engineering Department, Transportation Department, Yıldız Technical University,
Istanbul, Turkey, ORCID #0000-0002-4574-9272

Muhammet Can ZEYTİN

Graduate School of Science and Engineering, Yıldız Technical University, Istanbul, Turkey
ORCID #0009-0002-9413-1417

ÖZET

Karayolu ulaşımı özellikle gelişmekte olan ülkelerin halen birinci derece öneme sahip ulaşım alternatifleri arasında yer almaktadır. Bu sebeple, bu ülkelerin bütçeleri oluşturulurken, karayolları hem inşa sürecinde hem de bakım onarım aşamasında ciddi ölçekte yer kaplamaktadır. Hizmete sunulan karayollarında üstyapı olağan kullanımdan kaynaklı yıpranma ve aşınmalar dışında, çevresel birçok faktör sebepli bozulmalar da gözlemlenmektedir. Karayollarının hesaplanan verimlerini kaybetmemeleri, mevcutta bulunan kalitenin iyileştirilmesi ve oluşan deformasyonların giderilmesi amacıyla farklı yöntemler denenmektedir. Oluşan bozulmaların giderilmesi aşamasında ilk olarak hasarlı bölgeler belirlenir. Planlanan onarım çalışmaları için gerekli test ve analizler yapılarak bir yol haritası oluşturulur. Onarım bazen malzemenin sökülmesi, üretim tesisine götürülmesi, işlenip uygulamaya hazır hale getirilmesi ve hasarlı bölgeye geri getirilmesi şeklinde gerçekleşmektedir. Ancak bu süreç hem uzun sürmekte hem maliyetli olması açısından, günümüzde sıklıkla yol tabakalarında zarar görmüş bölgelerden kazınarak elde edilen malzeme ile yerinde dönüşüm yapılmaktadır. Yapılan yerinde dönüşümün farklı çeşitleri ve yöntemleri bulunmaktadır. Yolun mevcut durumu, trafik hacmi, analiz sonuçları ve çıkarılan maliyet gibi birçok faktör değerlendirilerek, yenileme çalışması için en uygun yöntem karar verilir. Bu çalışma kapsamında yerinde dönüşüm ve standart yenileme çalışmalarının karar verme sürecinde yapılan hasar tespit aşaması, mühendislik değerlendirmeleri, maliyet analizleri, uygulama ve değerlendirme aşamaları ile ilgili uzman görüşleri alınmıştır. Çalışma sonuçlarının uygulayıcılar açısından rehberlik teşkil etmesi beklenmektedir.

Anahtar Kelimeler: Yerinde dönüşüm, Asfalt bakımı, Karar süreci

ANALYSIS OF THE DECISION PROCESS OF ON-SITE CONVERSION AND STANDARD RENOVATION WORKS

ABSTRACT

Road transportation still remains one of the primary transportation alternatives for developing countries. Therefore, when budgeting for these countries, highways take up a significant

amount of space in both the construction and maintenance stages. In addition to the wear and tear caused by normal usage on highways, various environmental factors also cause deterioration. Different methods are tried in order to prevent highways from losing their calculated efficiencies, to improve the existing quality, and to repair the deformations. In the process of repairing the damages, first, the damaged areas are identified. Necessary tests and analyses are conducted for the planned repair works and a roadmap is created. Sometimes, repair involves dismantling the material, taking it to the production facility, processing it and preparing it for application, and bringing it back to the damaged area. However, this process is often time-consuming and costly, so nowadays, in-site recycling is frequently performed by using material obtained from excavated damaged areas in road layers. There are different types and methods of in-site recycling. Considering factors such as the current state of the road, traffic volume, analysis results, and cost estimates, the most suitable method for renewal works is decided upon. In this study, expert opinions on the damage detection stage, engineering evaluations, cost analyses, application, and evaluation stages in the decision-making process of in-situ recycling and standard renewal works were obtained. It is expected that the results of the study will serve as a guide for practitioners.

Keywords: in-site recycling, asphalt maintenance, decision Process

1. GİRİŞ

Ulaştırma sektörü giderek daha çok talep görmektedir. Raylı sistemler, deniz yolu taşımacılığı ve karayolları ile yapılan taşıtırma eylemleri arasında karayolu ulaşımı diğer sistemlere göre daha erişilebilir bir konumdadır [1].

Karayollarını altyapı ve üstyapı olarak iki başlıkta incelemek mümkündür. Düzgün bir yüzey sağlamak, üstyapıdan gelen etkileri daha geniş bir alana yayma ve dış etkenlerden korumak altyapının görevleridir. Karayolu üstyapısı ise, düzgün bir yuvarlanma yüzeyi sağlamak, üstyapıya gelen etkileri azaltarak altyapıya aktarmak, altyapıyı dış etkenlerden korumak amacıyla alt temel, temel ve kaplama tabakalarından oluşmaktadır.

Üstyapı zaman içinde deformasyonlara uğrayarak özelliğini kaybetmektedir. Tabakaların inşa sırasında yeterince sıkıştırılmaması, kullanılan malzemenin kalitesi, tabaka kalınlıkları, yetersiz drenaj, ağır ve tekrarlı trafik yükleri gibi sebepler sonucunda yol yüzeyinde bozulmalar oluşmaktadır. Oturmalar, çatlak oluşumları, cilalanma, kuma, ondülasyonlar, kabarmalar gibi farklı sebeplerden oluşan bozulma tipleri mevcuttur.

Mevcut yol üstyapısında meydana gelen bozulmalar tespit edilerek bakım onarım çalışmaları yapılmaktadır. Bozulmanın tipine, konumunda, kapladığı alana vb. birçok kritere bağlı olarak, karar vericiler tarafından onarım işlemi için gerekli tipte müdahaleler yapılmaktadır. Sorun tespiti ve gerekli işlemlerin doğru yapılmadığı durumlarda, bozulmalar tekrar ortaya çıkabilmektedir.

Yol üstyapısında meydana gelen bozulmalarda yol yüzeyinden kazınan malzemeler hizmet ömrünü tamamlamamış ise çeşitli işlemlerden geçerek yeniden kullanılabilir. Standartlar ve şartnamelerde belirtilen sınırlar içerisinde eski ve yeni malzeme karıştırılarak

yenileme çalışmaları yapılmaktadır. Geri dönüşüm yöntemleri Huffman (2001) tarafından soğuk düzletme, sıcak geri dönüşüm, sıcak yerinde geri dönüşüm, soğuk geri dönüşüm ve tam derinlikten geri kazanma olarak beş ana grupta toplanmıştır [1].

Bu çalışmada ise yerinde dönüşüm ve standart yenileme çalışmaları ile ilgili uzmanlar tarafından alınan kararlarda, hangi kriterlerin etkisi olduğu anlaşılmaya çalışılmıştır. Söz konusu kriterler ile ilgili anket hazırlanmış ve karar verici olarak çalışmakta olan uzmanlara yöneltilmiştir.

2. MATERYAL VE METOT

2.1. KARAYOLU ÜSTYAPISINDA MEYDANA GELEN BOZULMALAR

Asfalt kaplama tabakasının fiziksel özelliklerinin bozulması farklı tiplerde olmaktadır. Yolun hizmet ömrünü arttırmak için oluşan bozulmaların sürekli olarak bakım onarım işlemlerinden geçmesi gerekmektedir. Bozulmaların tespitinde kullanılan, AASHTO tarafından geliştirilen servis yeteneği indeksi kaplama tabakasının performansını tanımlamaktadır. Belirli sınırları aşan durumlarda yenileme çalışmaları yapılmaktadır. Tasarım hataları, yapım ve bakım hataları, trafik etkileri, çevresel ve iklimsel etkiler nedeniyle bozulmalar oluşmaktadır. Oluşan bozulmalar nedeniyle sürüş güvenliği ve konforu olumsuz etkilenmektedir [2].

Yol üstyapısında oluşan bozulmalar şu şekildedir:

- Ayrışmalar: Yapım hataları ve düşük kaliteli malzeme kullanımı gibi nedenler ile oluşur. Kaplamanın parça halinde soyulması, asfaltın terlemesi veya kusması sonucunda oluşmaktadır.
- Çatlaklar: Çoğunlukla tekrarlı ağır trafik yükleri nedeniyle oluşmaktadır. Yükler nedeniyle oluşan gerilmeler, kaplama malzemesinin mukavemetini aşmasıyla ortaya çıkmaktadır. Enine ve boyuna çatlaklar, timsah sırtı çatlaklar, kenar çatlakları, yansıma çatlakları gibi farklı nedenler doğrultusunda oluşan birçok çatlak tipi mevcuttur.
- Tekerlek izi oluşumu: Yüksek bitüm içeriği, filler malzemesinin fazlalığı, karışımın yetersiz sıkıştırılması, alt tabakaların yetersiz kalınlığı gibi nedenler sonucunda oluşmaktadır. Oluşan derinliğe göre farklı derecelendirmeleri bulunmaktadır. 19 mm'den daha düşük derinlikler hafif, 30 mm'den fazla olan çatlaklar yüksek şiddette bozulma olarak tanımlanmaktadır.
- Ondülasyonlar: Genelde sıcak iklim koşulları nedeniyle yol eksenine dik ya da paralel şekilde oluklanmalar olarak tanımlanmaktadır. Asfalt karışımının yetersiz kalınlıkta serilmesi ve yeterince sıkıştırılmaması, alt tabakaların suya doymun olması, araçların duruş-kalkışlarında oluşan gerilmeler vb. nedenler sonucunda oluşmaktadır.

Belirtilen bozulmalar dışında oyulmalar, kumular, kabarmalar, soyulma ve sökölme, şişme gibi birçok bozulma tipi de bulunmaktadır [2-4].

2.2. YENİLEME ÇALIŞMALARI

Asfalt Geri Dönüşüm ve Rehabilitasyon Birliği (Asphalt Recycling and Reclaiming Association-ARRA) tarafından asfalt tabakalarının geri dönüşümü beş ana gruba ayrılarak incelenmiştir. Bunlar, soğuk düzeltme, sıcak geri dönüşüm, sıcak yerinde geri dönüşüm, soğuk geri dönüşüm ve tam derinlikten geri kazanmadır [5-7].

- Soğuk düzeltme: Yol kaplama tabakasının en az bozulma derinliğinde kazılarak, pervaneli soğuk silindir soğuk düzeltme makinesi ile yol profilinin eski haline getirilmesi işlemidir.
- Sıcak geri dönüşüm: Yol tabakasından kaldırılan malzemenin asfalt plantlerinde yeni agrega, bitüm ve gerekli ise katkı maddelerinin karıştırılması sonucunda kazınan bölgeye yeniden serimlidir. Çoğu bozulma tiplerine karşı daha dayanıklı olması ve yapısal sağlamlığı nedeniyle geri dönüşümde daha avantajlı durumdadır.
- Soğuk geri dönüşüm: Bozulan asfaltın kazılması, ısıtılma işlemi yapılmadan karıştırılması ve kazınan bölgeye tekrar serilerek sıkıştırılmasıdır. Farklı bir malzeme kullanılmadığı ve kazınan malzemenin nakliyat ihtiyacı olmadığı için maliyeti daha düşüktür. Çoğu bozulma tiplerinde onarım yöntemi olarak kullanılabilmesi ve sürücü konforunu artırması gibi avantajları vardır.
- Sıcak yerinde geri dönüşüm: Katar adı verilen birbiri ardı dizilen ekipmanlar ile yol tabakası sökülür, arkasında bulunan mobil plante aktararak yeni agrega, bitüm ve katkı maddeleri ile karıştırılır. Plantten finişere aktarılan karışım, yol yüzeyine serilir ve sıkıştırılır.
- Tam derinlikten geri kazanma: Hasar görmüş yol yüzeyinin önceden tespit edilen alan ve derinlikte ısıtılma işlemi yapılmadan geri dönüşümün tamamlanmasıdır. Bitüm emülsiyonu, kireç ve uçucu kül gibi farklı tip kimyasallar kullanılabilir.

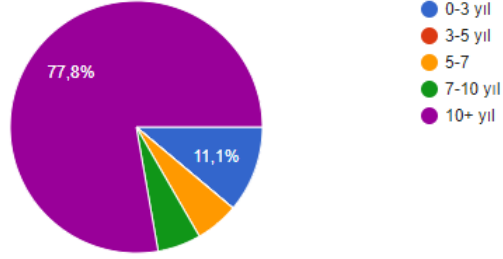
Geri kazanım metotları, kaplamada oluşan bozulma tiplerine göre en uygunu seçilerek uygulanmaktadır. Bozulmanın şiddeti ve yoğunluğu da etkilidir. Örneğin temel ve alt temel tabakalarında oluşan problemler için tam derinlikten geri kazanım metodu uygulanırken, sökülme ve cilalanma gibi yüzey kusurları için soğuk düzeltme, sıcak geri dönüşüm ve sıcak yerinde geri dönüşüm metotları kullanılabilir [4-7].

3. ANKET ÇALIŞMASI

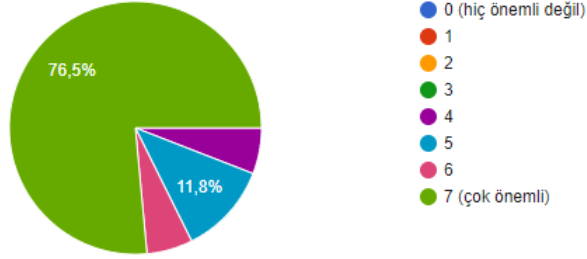
Esnek yol üstyapısında meydana gelen bozulmaların bakım onarım işlemleri için karar vericilere anket uygulanmıştır. Yol bakım onarım birimlerine bağlı çalışan on yedi uzmana sorular sorularak yaklaşımları incelenmiştir.

3.1. ANKET SORULARI VE SONUÇLARI,

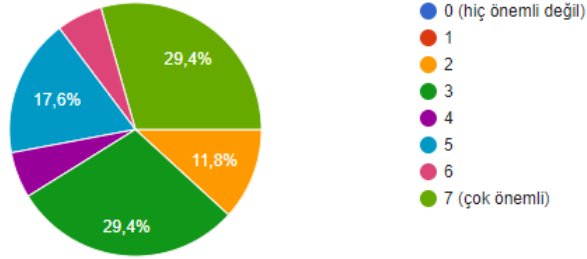
- Mesleki tecrübeniz kaç yıldır?



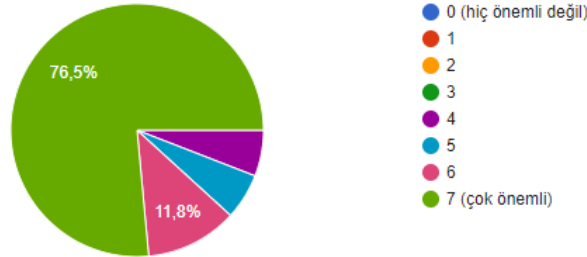
- Asfalt tabakasında yapılacak bakım onarım işlemlerinde yolun önemi hangi ölçüde dikkate alınmaktadır?



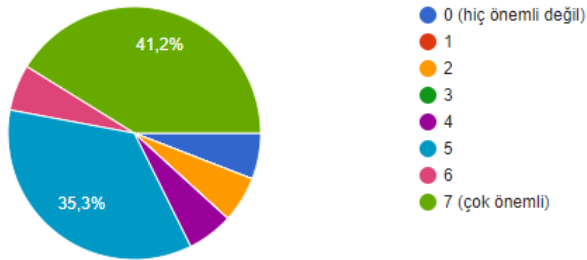
- Yol yüzeyinden kazınan malzemenin yeniden kullanımı hangi ölçüde önemlidir?



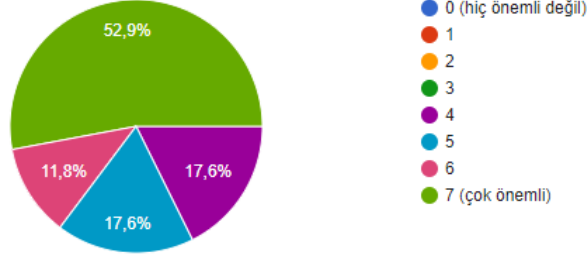
- Bakım onarım işleminin süresi ne ölçüde önemlidir?



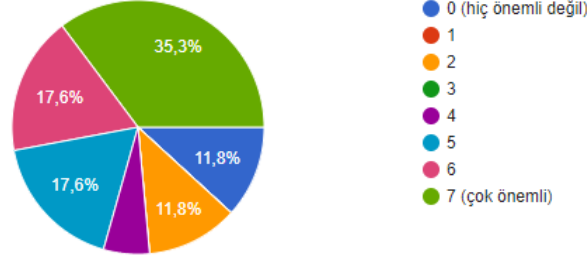
- Vatandaşlardan gelen talepler hangi ölçüde dikkate alınmaktadır?



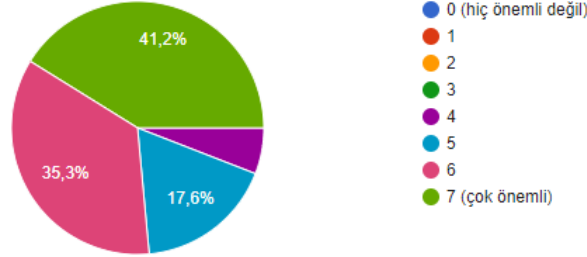
- Bakım onarım çalışması yapacak personelin iş yeteneği hangi ölçüde göz önünde bulundurulmaktadır?



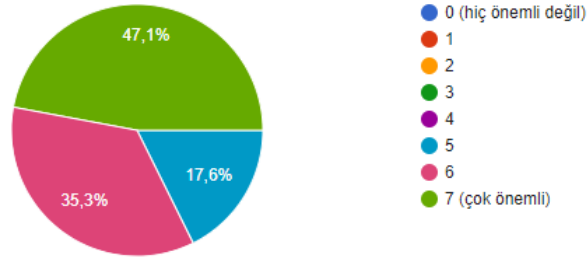
- Bakım onarım çalışması planlanan bölgenin demografik yapısı hangi ölçüde dikkate alınmaktadır?



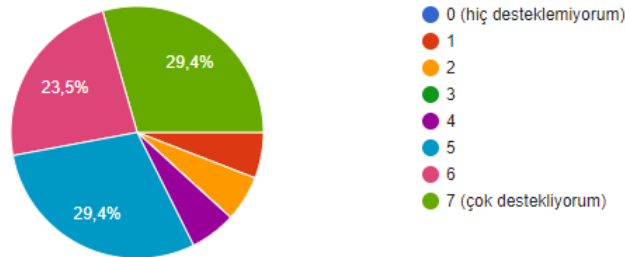
- Bozulmaların oluşumunda ağır taşıt etkisinin önemini hangi ölçüde görmektesiniz?



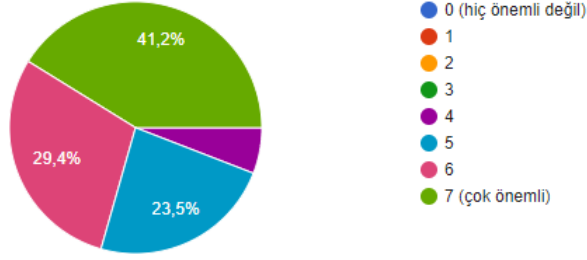
- Bozulmaların oluşumunda kullanılan malzemenin etkisini hangi ölçüde görmektesiniz?



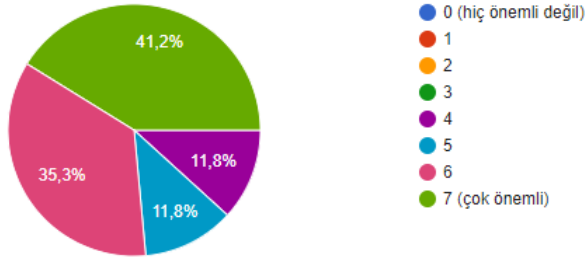
- Asfalt karışımlarında katkı maddesi kullanımını hangi ölçüde desteklemektesiniz?



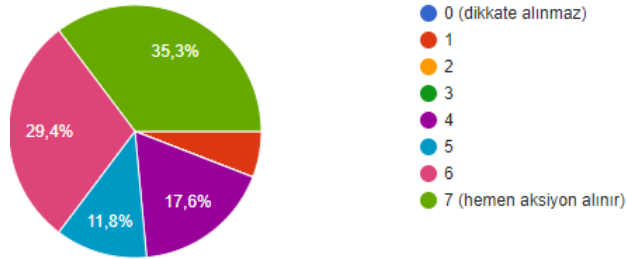
- Bozulmaların oluşumunda yetersiz drenajın etkisini hangi ölçüde görmektesiniz?



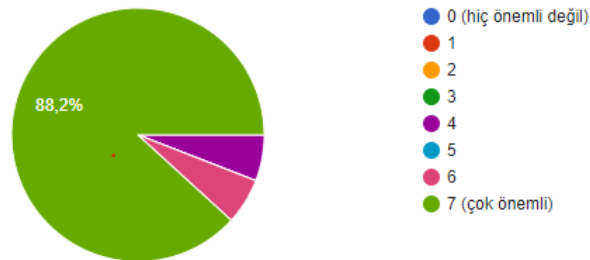
- Yerel yönetimlerden gelen onarım talepleri hangi ölçüde dikkate alınmaktadır?



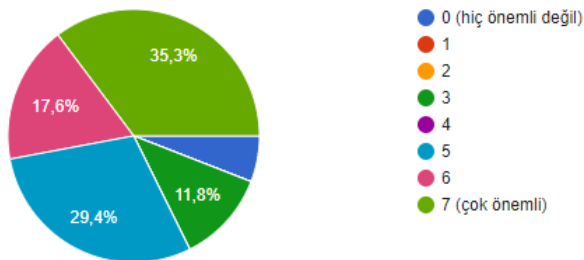
- Tespit edilmiş deformasyonlar için alınan aksiyon hızını hangisi daha iyi tanımlar?



- Onarım çalışması yapıldığı sırada, yollara koyulan trafik levhalarının önemli ne kadardır?



- Bakım onarım maliyeti hangi ölçüde önemlidir?



4. SONUÇ

Anket soruları dört gruba ayrılarak değerlendirilmiştir.

- Bakım onarım çalışması ile ilgili sorulan sorulara verilen cevaplar, işlemin yapılacağı yolun öneminin ve trafiğin ne süreyle kesintiye uğrayacağı konuları uzmanlar tarafından çok önemli olduğu görülmüştür. Yenileme çalışmasının maliyeti hakkında ise çok önemlidir diyen uzmanlar olduğu gibi hiç önemli değil diyenlerde vardır. Bakım onarım işlemi için karar vericiler tarafından maliyetinde bir faktör olduğu ama önceliğin maliyet olmadığı ortaya konmaktadır.
- Oluşan deformasyonların tespiti ile ilgili yerel yönetimlerden gelen taleplerin, vatandaşlardan gelen taleplere göre daha öncelikli olduğu görülmektedir. Gelen taleplerle ilgili alınan aksiyon hızı konusunda fikir ayrılığı görülmektedir.
- Bozulmaların oluşum nedenleri olarak ağır taşıt oranı, kullanılan malzeme ve yetersiz drenaj faktörleri ile ilgili sorulara birbirine yakın cevaplar verilmiş ve uzmanların çoğunluğu için önemli faktörler olmuştur.
- Yenileme çalışmaları sırasında, yol yüzeyinden kazınan malzemenin yeniden kullanımı ve karışımlara katkı maddelerinin dahil edilmesi konularında da fikir ayrılıkları bulunmaktadır.
- Onarım çalışmalarının yapılacağı bölgenin demografik yapısı katılımcılar tarafından önemli görülmemiş olsa da çalışmayı yapacak personelin iş yeteneği konusu ise çoğunluk için önemli bir faktör olmuştur. Çalışma yapılan bölgede uyarıcı levha kullanımı ise çok önemli görülmüştür.

5. KAYNAKÇA

- [1] Varol, H. Geri Kazanılmış Asfalt Betonunun Bitümlü Temel Tabakasında Kullanılabilirliğinin Araştırılması. Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi.
- [2] Hanlı, E. 2009. Esnek Yol Üstyapısında Oluşan Bozulmalar ve Değerlendirilmesi. İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Üniversitesi, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.
- [3] Kırbaş, U., Karaşahin, M. 2022. Karayolu Esnek Yol Üstyapılarında Görülen Yüzey Bozulma Türlerinin Sürüş Konforuna Etkilerinin Değerlendirilmesi. Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, 11(2), 314-325.
- [4] Bağdatlı, M. E., Yıldırım, M. Ş. 2017. Karayolu Üstyapılarındaki Bozulmaların Bakım Maliyetlerine Etkisi. Nevşehir Bilim ve Teknoloji Dergisi, 6(1), 102-111.
- [5] Kır, D., Kır, Y. 2022. Geri Dönüştürülmüş Asfalt Kaplama Malzemesinin Betonda Kullanımı Üzerine Bir Araştırma. Sürdürülebilir Mühendislik Uygulamaları ve Teknolojik Gelişmeler Dergisi, 5(1), 81-91.
- [6] Güngör, A. G., Orhan, F., Kaşak, S., Dost, Y. Kazılmış Asfalt Kaplamaların Yeniden Kullanılması. Karayolları Genel Müdürlüğü.

- [7] Yardım, M. S., Yıldırım, S. A. 2022. Kazınmış Asfalt Kaplamaların Asfalt Üretiminde Yeniden Kullanım Teknikleri ve Elde Edilecek Çevresel-Ekonomik Kazanımlar. Türkiye’de Katı Atık Yönetimi ve Çevre Sorunları Sempozyumu. 155-166.

SÜLFONLU POLİMERLERİN HİDROJEN ÜRETİMİNDE KULLANILMASI

Doç. Dr. Levent SEMİZ

Amasya Üniversitesi, levent.semiz@amasya.edu.tr - ORCID ID: 0000-0002-3218-4663

ÖZET

Bu çalışmada sülfonlanmış poly(1,4-phenylene ether-ether-sulfone) kopolimeri ile sodyum bor hidrürden hidrojen üretimi gerçekleştirilmiştir. Kopolimerdeki sülfon gruplarında bulunan protonlar sodyum bor hidrürün hidrolizini katalizlemiş ve hidrojen üretimini sağlamıştır. Hidrojen üretim performansının hem sodyum bor hidrür hem de sodyum bor hidrür konsantrasyonunun bir fonksiyonu olduğu bulunmuştur. Hidrojen üretim hızı hem polimer miktarıyla hem de sodyum bor hidrür konsantrasyonuyla artış göstermiştir. Ayrıca, reaksiyon düşük aktivasyon enerjisine sahiptir ve Arrhenius grafiğinden değeri $20.05 \text{ kJ mol}^{-1}$ bulunmuştur. Bunların yanı sıra kopolimerin uygun işlemlere tabi tutulduğunda tekrar kullanılabilir olduğu, 6 kullanım sonunda başlangıçtaki katalitik aktivitesinin %80'ini koruduğu ve %100 çevrim oranına sahip olduğu gözlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Hidrojen, katalizör, sodyum bor hidrür, polimer

1. GİRİŞ

Fosil yakıtlarındaki azalma ve sera gaz emisyonlarından kaynaklanan olumsuz etkiler, karbon temelli yakıtların yerine sürdürülebilir, çevreci ve yenilenebilir enerjilere geçmeyi zorunlu hale getirmektedir. Hidrojen üretimi de yenilenebilir enerji alanındaki en önemli konular arasında yer almaktadır. Sıfır emisyonu sahip enerji sağlayıcı olan hidrojen, gelecek için en temiz enerji taşıyıcısı olarak görülebilir. Özellikle yakıt pillerinde yakıt olarak kullanılarak çeşitli uygulama alanlarında enerji ihtiyaçlarını karşılamak amacıyla kullanılmaktadır. Hidrojenin sahip olduğu kimyasal enerji yakıt pilleri aracılığıyla elektrik enerjisine dönüştürülür. Yüksek verime ve sıfır emisyonu sahip enerji üretici olarak görev yaparlar. Yüksek basınç ve kriyojenik tanklarının da içinde bulunduğu halihazırdaki geleneksel hidrojen saklama ve iletim teknolojileri, hidrojenin yakıt olarak güvenli, verimli ve maliyet etkin yerinde saklama konusundaki ihtiyacı karşılayamamaktadır. Bu durum hidrojenin yaygın kullanımı önündeki en önemli engeldir. Bu konuda ise hidrojeni katı olarak depolama kapasiteleri bakımından daha fazla hidrojen kapasitesine sahip kimyasal hidrürlerin en uygun hidrojen saklama adayları olarak ön plana çıktığı görülmektedir. Bunlar arasında en yüksek kütle ve hacimsel hidrojen yoğunluğu gösterenler ise bor hidrürlerdir. Bu nedenle bor hidrürlerden hidrojen üretimi, hidrojen enerjisinin yaygınlaşması hususunda önemli bir konudur. Bor hidrürlerden hidrojen elde edilmesinde en çok kullanılan yöntem katalitik hidrolizdir. Bu proje kapsamında da sodyum bor hidrürün sülfonlu polimerler ile hidrolizi amaçlanmıştır.

Termoliz ve hidroliz, kimyasal hidrürlerden hidrojen elde edilmesinde yararlanılan iki ana metottur. Termolizin termal enerjiye ihtiyaç duyması nedeniyle maliyet etkin değildir. Ayrıca daha karmaşık uygulamalara ihtiyaç duyar. Hidrolizin ise çok yavaş kinetiği vardır. Asitler katalizörler çözeltideki proton sayısını arttırmaları sayesinde hidroliz reaksiyonunun daha hızlı gerçekleşmesini sağlar. Heterojen katalizörler de reaksiyonun gerçekleşmesi aşılması gereken aktivasyon enerjisini düşürür ve reaksiyonun daha hızlı gerçekleşmesine yardımcı olur.

Hidrolizin kinetiğinin yavaş olması nedeniyle yüksek hidrojen üretim hızına ulaşmak için katalitik hidroliz en iyi yöntem olarak görülmektedir. Etkif hidroliz reaksiyonu sadece belli katalizörlerin kimyasal hidrürlerle etkileşime girdiğinde gerçekleşir. Grafen, karbon nanotüpler (CNT), kobalt (Co), paladyum (Pd), nikel (Ni), Ni-Co-B, Co-B, Ni-B, platin (Pt), (Pt/C) ve rutenyum (Ru) katalizörleri örnekler arasında gösterilebilir [1-8].

Değerli metallerin yüksek maliyetleri yaygınlaşmalarının önündeki en büyük engeldir. Çok daha ucuz olan değersiz metaller ise daha düşük katalitik aktiviteye sahiptir. Fakat kullanıldıkça performanslarının bir kısmını kaybederler ve hidrojen üretim hızları azalır. Ayrıca bu küçük parçacıkların geri kazanımı çok zordur ve tekrar kullanımlarını olumsuz etkilemektedir. Destek yapı üzerine tutturulmuş katalizörlerin geri kazanımı daha kolaydır. Fakat bunların da her kullanım sonrası performanslarında düşüş meydana gelir. Ayrıca, kullanım sırasında destek yapı yüzeyinden bu kaplamalar kopabilir ve küçük boyutları nedeniyle tekrar geri kazanımları kolay olmayabilir.

Bu problemleri ortadan kaldırmak amacıyla sülfonlu polimerler sodyum bor hidrürden hidrojen üretiminde test edilmiştir. Bir sodyum bor hidrür molekülünün hidrolizi için bir proton yeterlidir. Asitlenmiş polimerlerdeki sülfon grupları proton içerir ve bunları sodyum bor hidrürün asidik hidrolizi için vererek hidrojen üretiminde kullanılabilir.

2. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

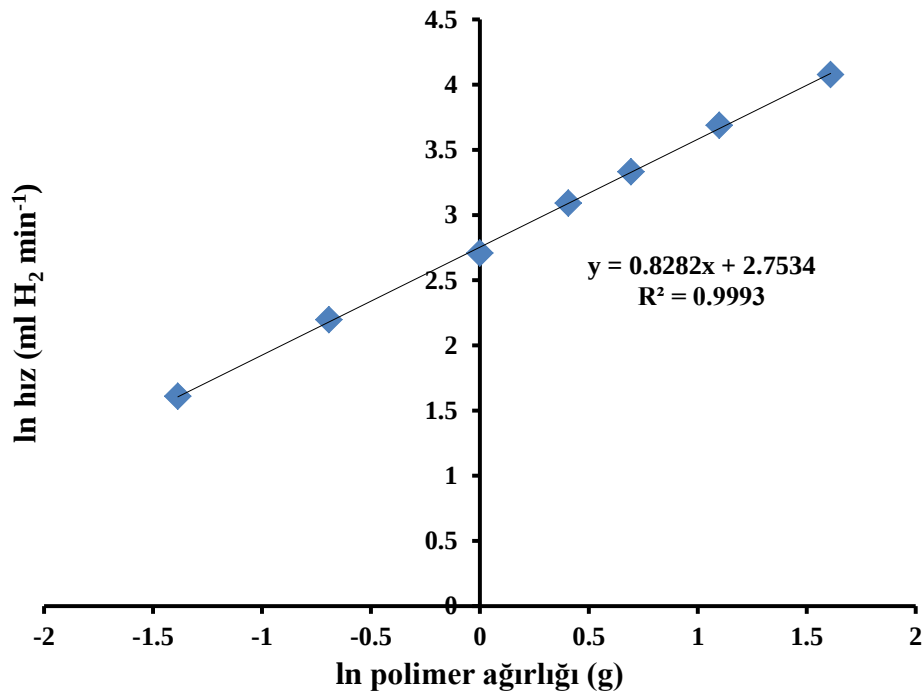
Polimerlerin (poly(1,4-phenylene ether-ether-sulfone)) proton içeren sülfon gruplarına sahip olması için, polimerlere sülfonlama işlemi yapılmıştır. Polimerler öncelikle 1 molarlık sülfürik asit içerisinde 2, 6, 12 ve 24 boyunca bekletilmişlerdir. Ardından fazla asitlerinin uzaklaştırılması amacıyla saf suyla yıkanmış ve 24 saat saf suda bekletilmişlerdir. Başka bir polimer grubu bu sefer konsantre sülfürik asit içerisinde 2, 6, 12 ve 24 boyunca bekletilmişlerdir. Ardından fazla asitlerinin uzaklaştırılması amacıyla saf suyla yıkanmış ve 24 saat saf suda bekletilmişlerdir. Ayrıca sülfonlamanın daha etkin olmasını sağlamak amacıyla 1 molarlık sülfürik asit çözeltisinde 1 saat kaynatılarak da sülfonlama işlemi gerçekleştirilmiştir. Ardından kullanım sonrası geri kazanımın kolay olması amacıyla sülfonlanan polimerler zar haline getirilmiştir. Polimerler N-Methyl-2-pyrrolidone (NMP) içerisinde çözdürülmüş ve elde edilen polimer çözeltileri, temiz bir camın üzerine dökülmüştür. Isı kaynağı görevi görecek bir lamba altında çözücüsü uçurularak kurutulmuştur. Sonrasında da camdan kolay ayrılması amacıyla saf su içerisine daldırılmış, ayrılan zarlar suları emdirildikten sonra ağırlık altında beklemeye bırakılmıştır. Polimerlerin hidrojen üretim performansı üç boyunlu cam kap

(katalizör (polimer) ve NaBH_4 çözeltisi içermektedir) ve cam kaba bağlı silindirik yapıdaki içi su dolu iki cam tüpten oluşan hidrojen üretim ve ölçüm sistemi ile ölçülmüştür. Hidrojen üretim hızı ise suyun yer değiştirmesi yöntemi kullanılarak hesaplanmıştır.

3. SONUÇLAR VE DEĞERLENDİRME

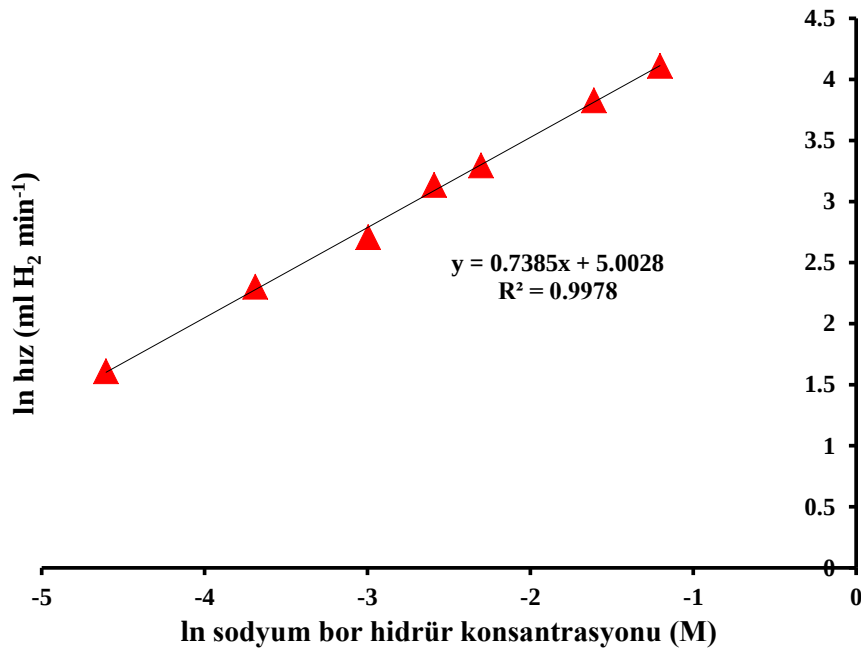
Kullanılan asitleme işlemlerinin performans üzerinde ciddi bir etkisinin olmadığı gözlemlenmiştir. Bu nedenle zaman konusu dikkate alındığında sülfürik asit çözeltisinde 1 saat kaynatılarak sülfonlama işlemi gerçekleştirilmiştir.

Hidrojen üretim hızının katalizör miktarına bağlılığı önemli bir konudur ve kullanılan katalizör ağırlığı ile hidrojen üretim hızındaki artış miktarı arasındaki ilişkinin belirlenmesi gereklidir. Sülfonlama sonrasında elde edilen sülfonlu kopolimerlerin hidrojen üretim hızları incelendiğinde, hidrojen üretim hızının artan polimer miktarıyla artış gösterdiği görülmüştür. Birim zamanda daha fazla sülfon grubu daha fazla sodyum bor hidrür molekülüyle reaksiyona gireceğinden bu sonuç beklenen bir durumdur. Böylelikle daha fazla reaksiyon meydana gelecek ve hidrojen üretim hızı artış gösterecektir. Görsel 1’de katalizör ağırlığı ile hidrojen üretim hızının nasıl değiştiği gösterilmektedir.



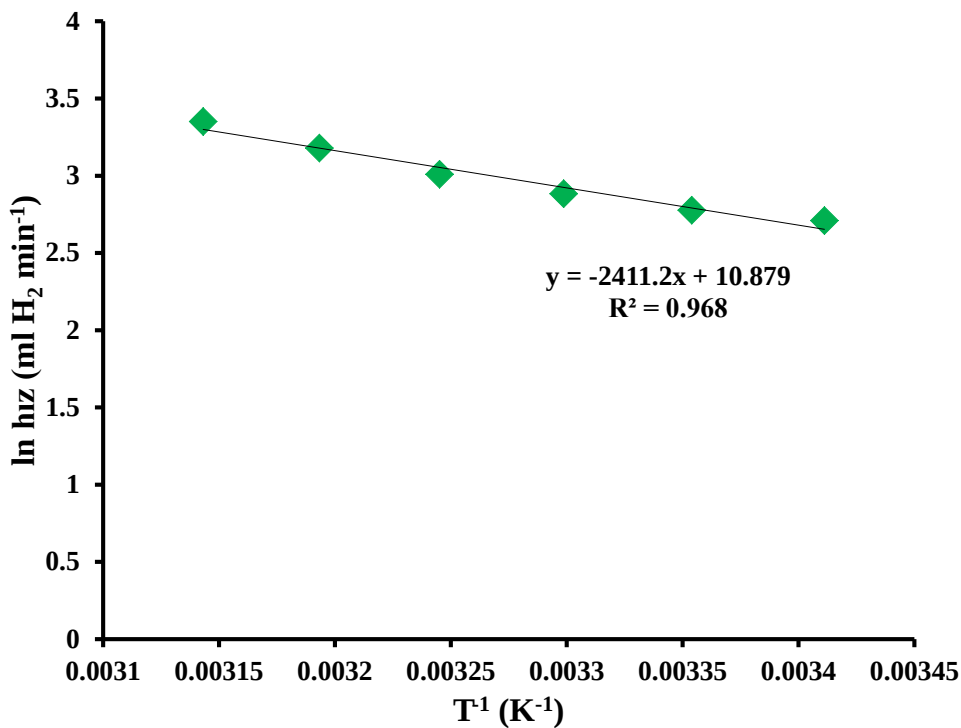
Görsel 1. Hidrojen üretim hızının polimer ağırlığı ile değişimi

Polimer ağırlığının yanı sıra sodyum bor hidrür konsantrasyonunun hidrojen üretim hızını etkileyen bir diğer önemli parametre olduğu bulunmuştur. Hidröjen üretim hızının sodyum bor hidrür konsantrasyonuna bağlılığını incelemek için konsantrasyon 0.01 M’den 0.3 M’a kadar arttırılmış ve hızdaki değişim gözlemlenmiştir. Görsel 2’de görüldüğü üzere sodyum bor hidrür konsantrasyonu arttıkça hidrojen üretim hızı da artış göstermiştir.



Görsel 2. Hidrojen üretim hızının bor hidrür konsantrasyonu ile değişimi

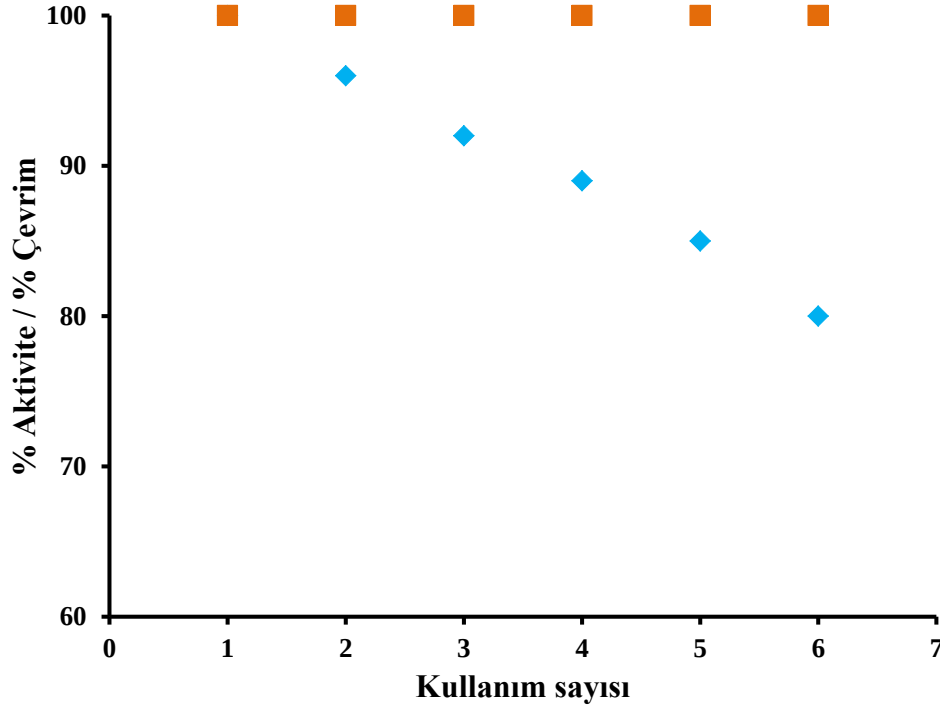
Reaksiyonun aktivasyon enerjisini hesaplamak için farklı sıcaklıklardaki hidrojen üretim hızları ölçülmüş ve $\ln(\text{hız})$ 'a karşılık T^{-1} grafiği çizilmiştir (Görsel 3). Grafiğin eğimi $-E_a.R^{-1}.T^{-1}$ oranını vermektedir. E_a ve R sırasıyla aktivasyon enerjisi ve evrensel gaz sabitini temsil etmektedir. Grafiğin eğiminden aktivasyon enerjisi $20.05 \text{ kJ mol}^{-1}$ bulunmuştur.



Görsel 3. Hidrojen üretim hızının sıcaklık ile değişim

Dayanıklılık, diğer bir deyişle tekrar kullanılabilirlik, katalizör uygulamaları için önemli bir parametredir. Bu amaçla polimerlerin sodyum bor hidrürden hidrojen üretiminde

kullanıldıklarında performanslarında meydana gelen değişim incelenmiştir (Görsel 4). Dayanıklılık testlerinde polimerler her kullanım öncesinde sülfürik asit ile işlem görmüş ve fazla asit kalıntılarını uzaklaştırmak için saf su ile yıkanmıştır. Dayanıklılık testleri sonucunda polimerlerin 6. kullanım sonrası başlangıç performansının %80'ini korudukları gözlemlenmiştir. Ayrıca, kullanılan sodyum bor hidrürün her testte tamamının hidrolize uğradığı gözlemlenmiştir.



Görsel 4. Aktivite ve çevrim performansının kullanım sayısı ile değişimi

Sonuç olarak poly(1,4-phenylene ether-ether-sulfone) kopolimerinin sodyum bor hidrürden hidrojen üretiminde kullanılabileceği, hidrojen üretim hızının polimer miktarı ve sodyum bor hidrür konsantrasyonuna bağlı olduğu görülmüştür.

TEŞEKKÜR

Bu çalışma Amasya Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimince desteklenmiştir. Proje Numarası: FMB-BAP 22-0524.

KAYNAKÇA

- [1] Chou, C.-C., Hsieh, C.-H., Chen, B.-H. (2015). Hydrogen generation from catalytic hydrolysis of sodium borohydride using bimetallic Ni-Co nanoparticles on reduced graphene oxide as catalysts. *Energy*, 90(2), 1973-1982.
- [2] Guo, J., Hou, Y., Li, B., Liu, Y. (2018). Novel Ni-Co-B hollow nanospheres promote hydrogen generation from the hydrolysis of sodium borohydride. *International Journal of Hydrogen Energy*, 43(32), 15245-15254.

- [3] Huang, D., Zhao, P., Fu, F., Wei, J., Yang, X., Astruc, D., Wang, C., Zhu, J., Luo, C. (2019). Highly efficient and selective Co@ZIF-8 nanocatalyst for hydrogen release from sodium borohydride hydrolysis. *ChemCatChem*, 11(6), 1643-1649.
- [4] Semiz, L. (2020). Hydrogen generation from ammonia borane by chemically dealloyed platinum nanoparticles. *Reaction Kinetics, Mechanisms and Catalysis*, 129, 205-218.
- [5] Semiz, L. (2021). Dehydrogenation of ammonia borane by dealloyed ruthenium catalysts. *Inorganic and Nano-metal Chemistry*, 51(1), 20-26.
- [6] Şahin, Ö., Kılınç, D., Saka, C. (2016). Hydrogen generation from hydrolysis of sodium borohydride with a novel palladium metal complex catalyst. *Journal of the Energy Institute*, 89(2), 182-189.
- [7] Yang, X. J., Li, L. L., Sang, W. L., Zhao, J. L., Wang, X. X., Yu, C., Zhang, X. H., Tang, C. C. (2017). Boron nitride supported Ni nanoparticles as catalysts for hydrogen generation from hydrolysis of ammonia borane. *Journal of Alloys and Compounds*, 693, 642-649.
- [8] Zhang, H., Feng, X., Cheng, L., Hou, X., Li, Y., Han, S. (2019). Non-noble Co anchored on nanoporous graphene oxide, as an efficient and long-life catalyst for hydrogen generation from sodium borohydride. *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*, 563, 112-119.

POROZİTENİN TABAKALI KOMPOZİT KİRİŞERİN TİTREŞİM DAVRANIŞINA ETKİSİNİN İNCELENMESİ

Araş. Gör., Yusuf Ziya YÜKSEL

Bursa Teknik Üniversitesi, - 0000-0002-2615-1590

Prof. Dr., Şeref Doğuşcan AKBAŞ

Bursa Teknik Üniversitesi, - 0000-0001-5327-3406

ÖZET

Bu çalışmada, tabakalı kompozit kirişlerin porozite etkisine bağlı serbest titreşim frekansları incelenmiştir. Fiber ile güçlendirilmiş 3 tabakadan oluşan kirişin, her bir tabakasında üniform porozite dağılımı göz önüne alınarak, farklı porozite oranlarına bağlı olarak doğal frekansları araştırılmıştır. Sınır şartları olarak, basit mesnetli kirişler incelenmiştir. Ele alınan problemin hareket denklemlerinde, enerji yöntemi kullanılarak, Langrange denkleminde elde edilmiştir. Bu denklemlerin çözümünde Ritz Yöntemi kullanılmıştır. Sınır koşullarına bağlı olarak bilinmeyen fonksiyonunda polinomlar kullanılmıştır. Çalışmada, farklı fiber doğrultuları, farklı tabaka dizilimleri ile farklı porozite oranlarının farklı modlardaki frekanslara etkisi incelenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Porozite, Tabakalı Kompozitler, Kiriş, Serbest Titreşim.

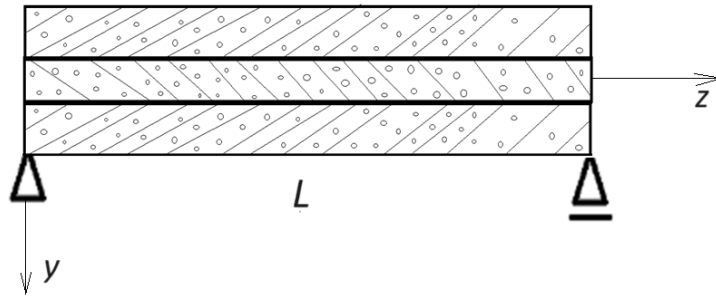
1. GİRİŞ

Tabakalı kompozitler, en az iki tabakadan oluşan ve tabakaların farklı özelliklerine bağlı olarak birleştirilmesi sonucu daha yüksek modüllü bir malzeme elde edilmek amacıyla oluşturulmuş kompozit malzeme türüdür. Tabakalı kompozitler, inşaat, makine, uçak, otomotiv gibi birçok alanda kullanılmaktadır. Bu tür malzemelerin oluşum sırasında, bir takım hatalardan dolayı boşluk oluşmaktadır. Boşluk miktarının belli bir oranda olması ile birlikte oluşturulan kompozit elemanın rijitliği ve dayanımı düşmekte ve servis ömrü boyunca beklenenden daha az performans gösterebilmektedir. Literatür, boşluk etkisinin (porozite) kompozit elemanların mekanik davranışlarıyla ilgili birçok çalışma yapılmıştır [1-50]. Bu çalışmalarda, analitik ve sayısal olan çalışmalarda farklı türde kompozit elemanların statik, dinamik ve stabilite analizleri porozite etkisi ile birlikte incelenmiş ve farklı tür porozite dağılımlarına göre mekanik davranışları incelenmiştir. Bu çalışmada, tabakalı kompozit basit bir kirişin porozite ile birlikte

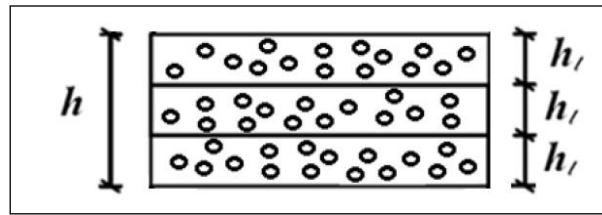
serbest titreşim frekansları incelenmiştir. Ele alınan problemin hareket denklemlerinde, enerji yöntemi kullanılarak, Langrange denkleminden elde edilmiştir. Bu denklemlerin çözümünde Ritz Yöntemi kullanılmıştır. Sınır koşullarına bağlı olarak bilinmeyen fonksiyonunda polinomlar kullanılmıştır. Çalışmada, farklı fiber doğrultuları, farklı tabaka dizilimleri ile farklı porozite oranlarının farklı modlardaki frekanslara etkisi incelenmiştir.

2. FORMÜLASYONLAR

Görsel 1 de, 3 tabakalı kompozit, içerisinde boşluk içeren basit bir kiriş gösterilmiştir. Kiriş uzunluğu L , genişliği b , yüksekliği h olarak gösterilmiştir. Tabaka kalınlıkları eşit olarak kabul edilmiştir. Her bir tabakadaki porozite dağılımı şekil 2’de gösterildiği gibi üniform olarak düşünülmüş olup, her bir tabakaya ait efektif malzeme özellikleri (Young modülü, kayma modülü, Poisson oranı) eşitlik 1’de verilen denkleme göre üniform porozite dağılımına bağlı olarak değişmektedir. Eşitlik 1’de P malzeme özelliğini (Young modülü, kayma modülü, Poisson oranı) ve a ise porozite katsayısını ifade etmektedir.



Görsel 1. Üç tabakalı, poroziteli kompozit basit bir kiriş



Görsel 2. Tabakalı kirişte üniform porozite dağılımı

$$P(a) = P(1 - a) \quad (1)$$

Ele alınan kiriş problemi, Euler-Bernoulli hipotezine göre ele alınmış olup, potansiyel ve kinetik enerji ifadeleri izleyen eşikliklerde verilmiştir.

$$U_i = \frac{1}{2} \int_0^L \int_A (EI)_{equiv} Y^2 \left(\frac{\partial^2 v}{\partial z^2} \right)^2 dAdZ \quad (2)$$

$$T = \frac{1}{2} \int_0^L \int_A (\rho A)_{equiv} \left(\frac{\partial v}{\partial t} \right)^2 dA dz \quad (3)$$

Burada, v düşey yer değiştirme fonksiyonunu $(\rho A)_{equiv}$ ve $(EI)_{equiv}$ ifadeleri tabakalı kompozit kiriş için izleyen eşitlikte verilmiştir.

$$(EI)_{equiv} = \frac{1}{3} \sum_{i=1}^n b * E(a)_i (y_i^3 - y_{i-1}^3) \quad (4)$$

$$(\rho A)_{equiv} = \sum_{i=1}^n b * \rho_i (y_i - y_{i-1}) \quad (5)$$

Burada ρ kütle yoğunluğunu, E Young modulünü, A kesit alanını, I kesit atalet momentini temsil etmektedir. E Young modülü, her bir tabakada eşitlik 1’de verilen porozite dağılımına göre değişmekte olup her bir tabakada efektif değeri Voyiadjis and Kattan [50] tarafından verilen izleyen eşitliğe göre hesaplanmıştır.

$$(E_x)_i = \frac{E_1}{m^4 + \left(\frac{E_1}{G_{12}} - 2\nu_{12} \right) n^2 m^2 + \frac{E_1}{E_2} n^4} \quad (6)$$

Burada $m = \cos\theta$ ve $n = \sin\theta$ olup, θ fiber doğrultu açısını temsil etmektedir. E_1 ve E_2 sırasıyla eksenel ve yanal doğrultulardaki Young modüllerini, G_{12} Kayma modülünü, ν_{12} ise Poisson oranını temsil etmektedir. Bilinmeyen düşey yer değiştirme fonksiyonunda, Ritz yöntemi kullanılmıştır. Bu yöntemle göre basit mesnetli kirişin polinomlar kullanılarak yaklaşık çözümü izleyen eşitlikte verilmiştir.

$$v \cong \sum_{i=1}^k v_i(t) q_i(z) \quad (7)$$

$$q_i(z) = (L - z) z^{(i)} \quad (8)$$

Burada v_i bilinmeyen katsayılar, i polinom katsayısını ve $q_i(z)$ koordinat fonksiyonlarını temsil etmektedir. Eşitlik 7’deki yaklaşık çözüm, eşitlik 2 ve 3’te verilen enerji ifadelerinde yerine yazılıp, eşitlik 9’da verilen Lagrange denklemi uygulanırsa, probleme ait hareket denklemi eşitlik 10’da sunulmuştur.

$$I = T - (U_i), \quad \frac{\partial I}{\partial q_i} - \frac{\partial}{\partial t} \frac{\partial I}{\partial \dot{q}_i} = 0 \quad (9)$$

$$[K]\{v(t)\} + [M]\{\ddot{v}(t)\} = 0 \quad (10)$$

Burada $[K]$ ile $[M]$ sırasıyla rijitlik matrisi ve kütle matrisi olup, açılımı izleyen eşitliklerde sunulmuştur.

$$[K] = \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^k \int_0^L (EI)_{equiv} \frac{\partial^2 \beta_i}{\partial z^2} \frac{\partial^2 \beta_j}{\partial z^2} dz \quad (11)$$

$$[M] = \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^k \int_0^L (\rho A)_{equiv} \beta_i \beta_j dz + \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^k \int_0^L (\rho I)_{equiv} \frac{\partial \beta_i}{\partial z} \frac{\partial \beta_j}{\partial z} dz \quad (12)$$

Eşitlik 10’da verilen hareket denkleminde, öz değer-öz vektör işlemi uygulandığında serbest titreşim denklemi izleyen eşitlikte elde edilir.

$$[K] - \omega^2 [M] \{\widehat{v}_n\} = 0 \quad (12)$$

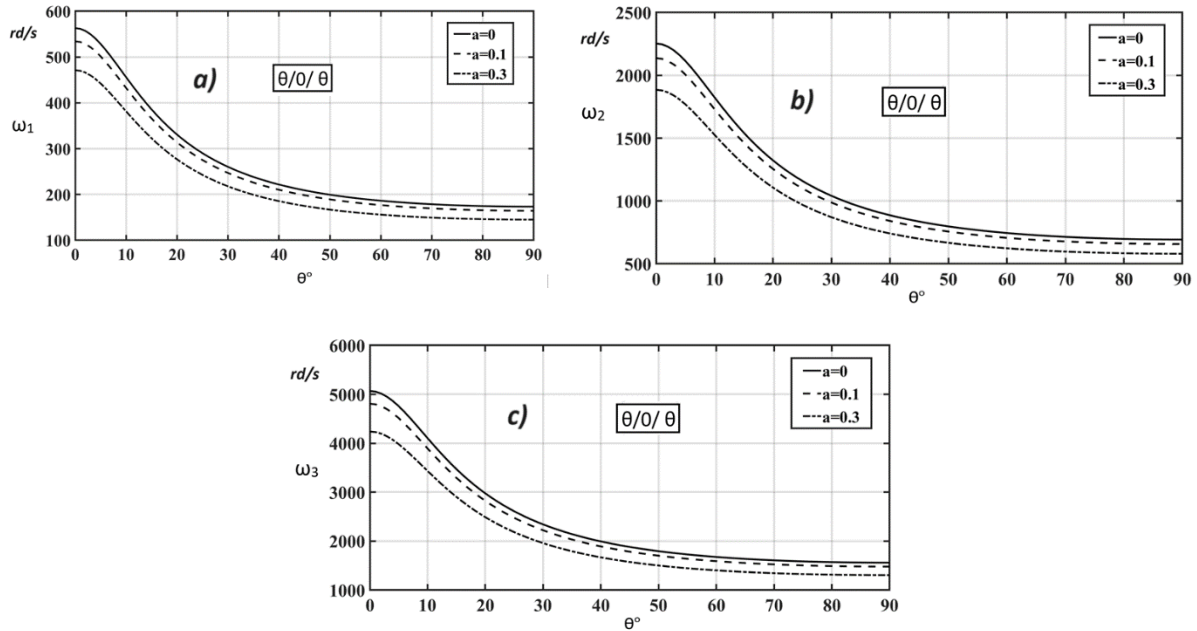
Burada ω doğal frekans ve $\widehat{v}_n$ ise titreşim mod vektörünü temsil etmektedir.

3. ANALİZ SONUÇLARI

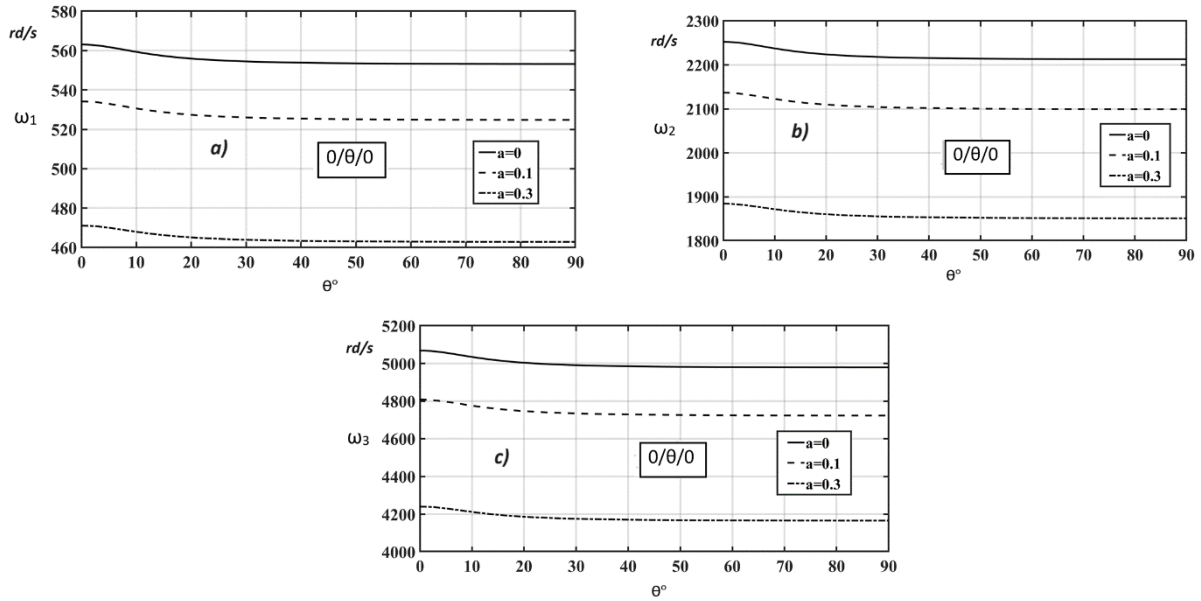
Sayısal sonuçlarda, kiriş boyutları $L = 4$ m, $b=h = 0.2$ m, her bir tabaka malzemesi Graphite/Epoxy seçilmiş olup, malzeme parametreleri $E_1=150$ GPa, $E_2=9$ GPa, $G_{12}=2,5$ GPa, $\nu=0.3$, $\rho=1800$ kg/m³ olarak alınmıştır. Ritz çözümünde, polinom katsayısı 10 alınmıştır.

Porozite ve tabaka dizilimi ve tabakalardaki fiber açılarının (θ) titreşim frekansa etkisini inceleyebilmek için, Görsel 3 ve Görsel 4 te fiber doğrultu açısı ile farklı modlardaki titreşim frekansları arasındaki ilişki farklı porozite oranları ile farklı tabaka dizilimlerine göre sunulmuştur. Bu grafiklerde, ilk 3 titreşim modlarına ait frekanslar elde edilmiştir. Şekil 3 te $\theta/\theta/\theta$ tabaka dizilimine, şekil 4 te ise $0/\theta/0$ dizilimine ait sonuçlar sunulmuştur.

Görsel 3 ve Görsel 4 te görüldüğü üzere, θ açısı 0 dan 90 dereceye doğru arttıkça frekansların düştüğü görülmektedir. Bunun nedeni olarak, tabakaların 90 derecelik fiber doğrultularda Young modülünün düşük olduğu, dolayısıyla rijitliğin düştüğü ve doğal olarak frekansların düşmesidir. Porozite katsayısının artması ile birlikte frekansların düştüğü, aynı zamanda θ açısı arttıkça, porozite oranlarının neden olduğu sonuçlar arasındaki farkın azaldığı görülmektedir. Bu fark, özellikle $0/\theta/0$ diziliminde daha çok belirgin olmaktadır. Burada, porozite etkisinin fiber doğrultu açısı ve tabaka dizilimlerinde oldukça etkilendiği görülmektedir. $0/\theta/0$ dizilimi ve küçük θ açılarında porozite etkisinin, tabakalı kirişe etkisi daha çok olmaktadır.



Görsel 3. $0/\theta/\theta$ tabaka dizilimine ait farklı porozite oranlarına göre frekans-fiber doğrultu açısı arasındaki ilişki. a) 1. Frekans moduna ait sonuçlar, b) 2. Frekans moduna ait sonuçlar, c) 3. Frekans moduna ait sonuçlar



Görsel 4. 0/θ/0 tabaka dizilimine ait farklı porozite oranlarına göre frekans-fiber doğrultu açısı arasındaki ilişki. a) 1. Frekans moduna ait sonuçlar, b) 2. Frekans moduna ait sonuçlar, c) 3. Frekans moduna ait sonuçlar

4. GENEL DEĞERLENDİRME VE SONUÇLAR

Sunulan bu araştırmada, poroziteli tabakalı kompozit basit bir kirişin serbest titreşim analizi araştırılmıştır. Her bir tabakada üniform porozite dağılımı olduğu varsayılmıştır. Hareket denklemlerin elde edilmesinde, enerji yaklaşımı kullanılmıştır. Ritz yöntemi kullanılarak, titreşim problemi çözülmüş, ilk 3 titreşim modlarına ait frekans değerleri, farklı porozite oranlarına, farklı tabaka dizilimlerine ve farklı fiber doğrultu açılarına göre elde edilmiştir. Elde edilen sonuçlardan, porozitenin tabakalı kirişin titreşim davranışını oldukça etkilediği, porozite oranının artmasıyla titreşim frekanslarının ciddi bir biçimde düştüğü görülmüştür. Porozitenin özellikle 0/θ/0 dizilimi ve küçük θ açılarında etkisinin daha çok olduğu görülmüştür.

KAYNAKÇA

- A.S. Rezaei, A.R. Saidi, M. Abrishamdari, M.H.P. Mohammadi, Natural frequencies of functionally graded plates with porosities via a simple four variable plate theory: An analytical approach, Thin-Walled Structures. 120 (2017) 366–377.
- J. Kim, K.K. Żr, J.N. Reddy, Bending, free vibration, and buckling of modified couples stress-based functionally graded porous micro-plates, Composite Structures. 209 (2019) 879–888.
- M. Heshmati, S.K. Jalali, Effect of radially graded porosity on the free vibration behavior of circular and annular sandwich plates, European Journal of Mechanics, A/Solids 74(2019) 417–430.

- Ş.D. Akbaş, Stability of a non-homogenous porous plate by using generalized differential quadrature method, *International Journal of Engineering and Applied Sciences*. 9 (2017) 147-155.
- Y. Xue, G. Jin, X. Ma, H. Chen, T. Ye, M. Chen, Y. Zhang, Free vibration analysis of porous plates with porosity distributions in the thickness and in-plane directions using isogeometric approach, *International Journal of Mechanical Sciences*. 152 (2019) 346–362.
- J. Zhao, Q. Wang, X. Deng, K. Choe, R. Zhong, C. Shuai, Free vibrations of functionally graded porous rectangular plate with uniform elastic boundary conditions, *Composites Part B: Engineering*. 168 (2019) 106–120.
- M. Karimiasl, F. Ebrahimi, V. Mahesh, Nonlinear forced vibration of smart multiscale sandwich composite doubly curved porous shell, *Thin-Walled Structures*. 143 (2019) 106152.
- X. Huang, L. Dong, G. Wei, D. Zhong, (2019) Nonlinear free and forced vibrations of porous sigmoid functionally graded plates on nonlinear elastic foundations, *Composite Structures*. 228 (2019) 111326.
- K. Zhou, Z. Lin, X. Huang, H. Hua, Vibration and sound radiation analysis of temperature-dependent porous functionally graded material plates with general boundary conditions, *Applied Acoustics*. (2019) 236–250.
- Alimoradzadeh, M. & Akbas, Ş. D. Nonlinear thermal vibration of FGM beams resting on nonlinear viscoelastic foundation. *Steel Compos. Struct.* 44, 543–553 2022.
- Akbaş, Ş. D. Geometrically nonlinear analysis of functionally graded porous beams. *Wind Struct.* 27, 59–70 2018.
- Akbaş, Ş. D. Free vibration of axially functionally graded beams in thermal environment. *Int. J. Eng. Appl. Sci.* 6, 37–51 2014.
- Alimoradzadeh, M. & Akbaş, Ş.D. Thermal nonlinear dynamic and stability of carbon nanotube-reinforced composite beams. *Steel Compos. Struct.* 46, 637–647 2023.
- Akbaş, Ş. D. Nonlinear thermal displacements of laminated composite beams. *Coupled Syst. Mech.* 7, 691–705 2018.
- Hosseini, H., & Kolahchi, R. "Seismic response of functionally graded-carbon nanotubes-reinforced submerged viscoelastic cylindrical shell in hygrothermal environment", *Physica E: Low-dimensional Systems and Nanostructures*, 102, 2018, 101-109.17.
- Akbaş, Ş. D. Thermal post-buckling analysis of a laminated composite beam. *Struct. Eng. Mech. Int. J.* 67, 337–346 2018.
- Akbaş, Ş. D. Hygro-thermal post-buckling analysis of a functionally graded beam. *Coupled Syst. Mech.* 8, 459–471 2019.
- Akbaş, Ş. D. Nonlinear static analysis of laminated composite beams under hygro-thermal effect. *Struct. Eng. Mech. Intl J.* 72, 433–441 2019.
- Akbaş, Ş. D. Hygro-thermal nonlinear analysis of a functionally graded beam. *J. Appl. Comput. Mech.* 5, 477–485 2019.
- Akbaş, Ş. D. Hygrothermal Post-Buckling Analysis of Laminated Composite Beams. *Int. J. Appl. Mech.* 11, 1950009 2019.
- Bamdad, M., Mohammadimehr, M. & Alambeigi, K. Analysis of sandwich Timoshenko porous beam with temperature-dependent material properties: Magneto-electro-elastic vibration and buckling solution. *J. Vib. Control* 25, 2875–2893 2019.

- Akbaş, Ş. D. Modal analysis of viscoelastic nanorods under an axially harmonic load. *Adv. Nano Res.* 8, 277–282 2020.
- Akbaş, Ş. D. Dynamic responses of laminated beams under a moving load in thermal environment. *Steel Compos. Struct. Int. J.* 35, 729–737 2020.
- Mahapatra, T. R., & Panda, S. K. Hygrothermal effects on the flexural strength of laminated composite cylindrical panels. In *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 115, 012040, 2016.
- Alimoradzadeh, M., Akbaş, Ş. D. & Esfajani, S. M. Nonlinear dynamic and stability of a beam resting on the nonlinear elastic foundation under thermal effect based on the finite strain theory. *Struct. Eng. Mech.* 80, 275–284 2021.
- Bashiri, A. H. *et al.* Vibration of multilayered functionally graded deep beams under thermal load. *Geomech. Eng.* 24, 545–557 2021.
- Yüksel, Y. Z. & Akbaş, Ş. D. Hygrothermal stress analysis of laminated composite porous plates. *Struct. Eng. Mech.* 80, 1–13 2021.
- Akbaş, Ş. D. Moving-load dynamic analysis of AFG beams under thermal effect. *Steel Compos. Struct.* 42, 649–655 2022.
- Akbaş, Ş. D., Inelastic Behavior of a Bar Structural Element in Temperature Environment, Avrasya 9th International Conference on Applied Sciences, 24-26 November 2023, Tiflis, Georgia.
- Akbaş, Ş. D., Thermal Vibration of Sandwich Planes with Functionally Graded Layers and Porous Core, Avrasya 9th International Conference on Applied Sciences, 24-26 November 2023, Tiflis, Georgia.
- Akbaş, Ş. D., (2023), "An Investigation about Forced Vibration of a Rod Element Under Hygrothermal Conditions", EGE 10th International Conference on Applied Sciences, 22-24 Aralık, 2023, İzmir, Türkiye.
- Yüksel, Y. Z., Akbaş, Ş. D., Vibration Analysis of a Sandwich Plate with Laminated Face and Porous Core Layers Resting on Elastic Foundation. *Journal of Innovative Science and Engineering*, 6(1), 32-45, 2022.
- Yüksel, Y. Z., Akbaş, Ş. D. Buckling analysis of a fiber reinforced laminated composite plate with porosity. *Journal of Computational Applied Mechanics*, 50(2), 375-380, 2019.
- Kırlangıç, O., Akbaş, Ş. D. Comparison study between layered and functionally graded composite beams for static deflection and stress analyses. *Journal of Computational Applied Mechanics*, 51(2), 294-301, 2020.
- Wang, W., Xue, G., & Teng, Z. (2022). Analysis of free vibration characteristics of porous FGM circular plates in a temperature field. *Journal of Vibration Engineering & Technologies*, 10(4), 1369-1380.
- Alnujaie, A., Akbas, S. D., Eltaher, M. A., & Assie, A. (2021). Forced vibration of a functionally graded porous beam resting on viscoelastic foundation. *Geomechanics and Engineering*, 24(1), 91-103.
- Akbaş, Ş. D. (2018). Large deflection analysis of a fiber reinforced composite beam. *Steel and Composite Structures, An International Journal*, 27(5), 567-576.

- Kumar, V., Singh, S. J., Saran, V. H., & Harsha, S. P. (2021). Vibration characteristics of porous FGM plate with variable thickness resting on Pasternak's foundation. *European Journal of Mechanics-A/Solids*, 85, 104124.
- Akbaş, Ş. D. (2018). Geometrically nonlinear analysis of a laminated composite beam. *Structural engineering and mechanics: An international journal*, 66(1), 27-36.
- Akbaş, Ş. D. (2021). Dynamic analysis of axially functionally graded porous beams under a moving load. *Steel and Composite Structures, An International Journal*, 39(6), 811-821.
- Akbaş, Ş. D. (2018). Post-buckling responses of a laminated composite beam. *Steel and Composite Structures, An International Journal*, 26(6), 733-743.
- Benferhat, R., Daouadji, T. H., & Abderezak, R. (2021). Effect of porosity on fundamental frequencies of FGM sandwich plates. 1, 3(1), 25.
- Akbaş, Ş. D. (2016). Static analysis of a nano plate by using generalized differential quadrature method. *International Journal of Engineering and Applied Sciences*, 8(2), 30-39.
- Akbaş, Ş. D. (2019). Longitudinal forced vibration analysis of porous a nanorod. *Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi*, 7(4), 736-743.
- Akbaş, Ş. D. (2020). Dynamic analysis of a laminated composite beam under harmonic load. *Coupled systems mechanics*, 9(6), 563-573.
- Kumar, V., Singh, S. J., Saran, V. H., & Harsha, S. P. (2023). Vibration response analysis of tapered porous FGM plate resting on elastic foundation. *International Journal of Structural Stability and Dynamics*, 23(02), 2350024.
- Akbaş, Ş. D. (2023). Moving Load Analysis of Laminated Porous Micro Beams Resting on Elastic Foundation. *International Journal of Applied Mechanics*, 15(8), 2350066.
- Priyanka, R., Twinkle, C. M., & Pitchaimani, J. (2022). Stability and dynamic behavior of porous FGM beam: influence of graded porosity, graphene platelets, and axially varying loads. *Engineering with Computers*, 38(Suppl 5), 4347-4366.
- Akbaş, Ş. D., Material Nonlinear Static Analysis of Axially Functionally Graded Porous Bar Elements. *Journal of Computational Applied Mechanics*, 55(2), 223-234, 2024.
- Voyiadjis, G.Z. and Kattan, P. I. (2005), "Mechanics of composite materials with MATLAB", Springer Science & Business Media.

STATIC ANALYSIS OF A TWO-LAYERED SEMI-INFINITE MEDIUM WITH POROSITY

Research Assistant, Yusuf Ziya YÜKSEL

Bursa Technical University, - 0000-0002-2615-1590

Prof. Dr., Şeref Doğuşcan AKBAŞ

Bursa Technical University, - 0000-0001-5327-3406

ABSTRACT

In this study, effects of different porosity distributions on static displacements in an elastic, isotropic semi-infinite 2-layer semi-infinite medium are investigated. The semi-infinite medium is modeled with finite and infinite elements. Rectangular finite elements with 16 nodes and infinite elements with 8 nodes produced to solve the finite-infinite medium problem. The shape functions of infinite elements calculated separately for each direction. The region close to the load effect modeled with infinite elements, and the region far away from the load effect modeled with infinite elements. The finite-infinite element problem solved by the five-node Gauss Legendre integration method. A parametric study carried out on a semi-infinite medium with 2 layers, depending on different materials and porosity ratios. Numerical results and graphics were obtained with MATLAB.

Keywords: Porosity, Layered Media, Static Analysis, Infinite Elements.

1. INTRODUCTION

A porous semi-infinite soil is defined as a medium in which small voids exist and the solid medium moves together with these voids. Many different components such as air, gas or liquid can be seen in these pores within the semi-infinite ground. Semi-infinite soil a porous structure and can be formed in a multi-layered structure with different material properties. The combination of different soil parameters in a semi-infinite layered environment with hollow pores under static load can affect the overall soil behavior.

In the literature; Khalili et al. investigated the dynamic responses in a 1-dimensional half-space with dynamic wave effects with small water-saturated voids [1]. Karpurapu analyzed finite-infinite elements

in a two-dimensional layered composite soil, taking into account the pressure of small voids [2]. Jeremic et al. developed a numerical formulation for modeling and simulation of environments with water-saturated porosity [3]. Nanning and Schanz studied dynamic wave distributions in semi-infinite media with saturated porosity [4]. Lotfian and Sivaselvan proposed a finite element formulation for the solution of dynamic problems in a completely water-saturated semi-infinite ground [5]. Tasiopoulou et al. proposed a procedure to predict static and dynamic responses in water-saturated porous soils [6]. Mesgouez examined the dynamic responses of soils with small voids over a certain time period with finite elements [7]. Senjuntichai and Rajapakse investigated the static responses in a semi-infinite medium with 3D layered pores [8]. Edip et al. developed a new infinite element to study dynamic earthquake effects in a water-saturated porous soil [9]. El-Esnawy proposed an infinite element with a damping effect at a certain distance to be used in the solutions of semi-infinite medium problems [10]. Curnier proposed a simple infinite element solution for semi-infinite medium static problems [11]. Bettess and Bettess proposed infinite elements to be used in solving half-space static problems [12]. Bettess showed solutions to static and dynamic problems solved using infinite elements [13]. Lynn and Hadid performed a static solution using infinite element shape functions that have a certain decay effect [14]. Kumar proposed three different types of infinite element shape functions for two-dimensional semi-infinite medium problems [15]. Demidem developed a 2-dimensional infinite element for the solution of finite-infinite element problems [16]. Yüksel and Akbaş performed many different static and dynamic analyzes of semi-infinite medium problems using finite-infinite elements [17 - 23]. Effects of porosity on the mechanical behavior of layered, homogeneous and functionally graded structural elements are investigated broadly [24-35].

In this study, the static behavior of the ground depending on different porosity ratios in a 2-layer semi-infinite medium with small gaps under uniform harmonic load investigated. Numerical results were obtained using finite-infinite elements. In the finite element model, a finite element with 16 nodes and an infinite element with 8 nodes are used. Numerical integration was performed with the 5-point Gauss Legendre integration method.

2. GENERAL FEATURES OF THE METHOD

In a two-layered soil under uniform distributed load, vertical displacements of the layers depending on their porosity ratios were examined (Image1). While the porosity rate was constant in one of the layers,

the porosity rate of the other layer was kept variable. Layer sizes are shown as l_{y1} and l_{y2} . Uniformly distributed load was defined as q .

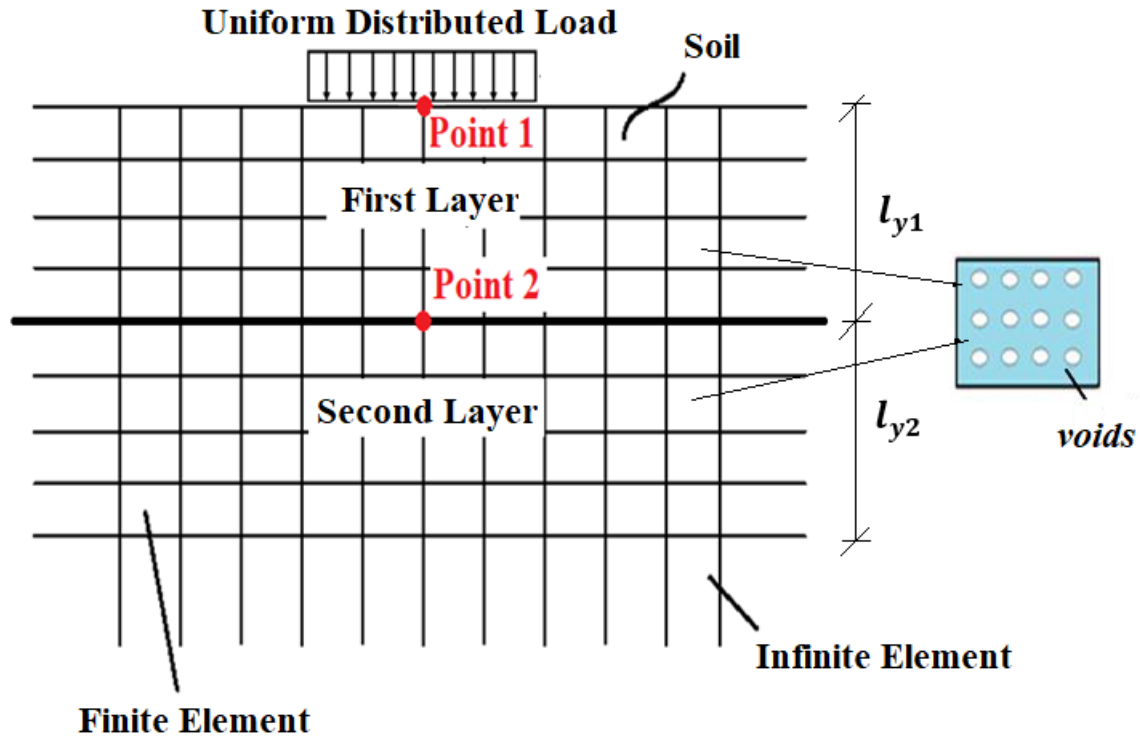


Image1. In a 2-layer semi-infinite medium with porosity under uniformly distributed load

The equations of motion for a 2D medium are as follows:

$$\begin{aligned}\frac{\partial \sigma_x}{\partial x} + \frac{\partial \tau_{xy}}{\partial y} + f_x &= 0 \\ \frac{\partial \tau_{xy}}{\partial x} + \frac{\partial \sigma_y}{\partial y} + f_y &= 0\end{aligned}\quad (2.1)$$

where f_x and f_y are the volume forces in the x and y directions. σ_x and σ_y shows normal stresses, τ_{xy} shows shear stresses. The relations between strain and displacements are given;

$$\begin{aligned}\varepsilon_x &= \frac{\partial u}{\partial x} \\ \varepsilon_y &= \frac{\partial v}{\partial y} \\ \gamma_{xy} &= \frac{\partial u}{\partial y} + \frac{\partial v}{\partial x}\end{aligned}\quad (2.2)$$

Here u and v show the displacements in the x , y directions. The material is a linear elastic, homogeneous and isotropic. The constitutive equations of the body are given.

$$\{\sigma\} = [D]\{\varepsilon\} \quad (2.3)$$

Stress $\{\sigma\}$ is expressed as porous material constants $[D]$ and strain $\{\varepsilon\}$.

$$\{\sigma\} = \begin{Bmatrix} \sigma_x \\ \sigma_y \\ \tau_{xy} \end{Bmatrix} \quad \{\varepsilon\} = \begin{Bmatrix} \varepsilon_x \\ \varepsilon_y \\ \gamma_{xy} \end{Bmatrix} \quad [D] = \begin{bmatrix} D_{11} & D_{12} & 0 \\ D_{21} & D_{22} & 0 \\ 0 & 0 & D_{33} \end{bmatrix} \quad (2.4)$$

$$D_{11} = D_{22} = \frac{E(1-\nu)(1-p)}{(1+\nu)(1-2\nu)}$$

$$D_{12} = D_{21} = \frac{\nu E(1-p)}{(1+\nu)(1-2\nu)}$$

$$D_{33} = G = \frac{(\frac{1}{2} - \nu)E(1-p)}{2(1+\nu)} \quad (2.5)$$

Where, E and G are the modulus of elasticity and shear, ν is the Poisson's ratio and p is the porosity ratio.

Using the virtual work principle, the motion relationship was demonstrated;

$$\begin{bmatrix} \frac{\partial}{\partial x} & 0 & \frac{\partial}{\partial y} \\ 0 & \frac{\partial}{\partial y} & \frac{\partial}{\partial x} \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} \sigma_x \\ \sigma_y \\ \tau_{xy} \end{Bmatrix} + \begin{Bmatrix} f_x \\ f_y \end{Bmatrix} = 0 \quad (2.6)$$

Displacements are given as follows;

$$\begin{Bmatrix} \varepsilon_x \\ \varepsilon_y \\ \gamma_{xy} \end{Bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{\partial}{\partial x} & 0 \\ 0 & \frac{\partial}{\partial x} \\ \frac{\partial}{\partial y} & \frac{\partial}{\partial x} \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} u \\ v \end{Bmatrix} \quad (2.7)$$

The finite element formulation for 2D plane elasticity problems is as follows. The shape functions are given;

$$u = \sum_{i=1}^n N_i u_i \quad v = \sum_{i=1}^n N_i v_i \quad (2.8)$$

$$\begin{Bmatrix} u \\ v \end{Bmatrix} = \begin{bmatrix} N_1 & 0 & N_2 & 0 & \dots & N_n & 0 \\ 0 & N_1 & 0 & N_2 & \dots & 0 & N_n \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} u_1 \\ v_1 \\ u_2 \\ v_2 \\ \vdots \\ u_n \\ v_n \end{Bmatrix} \quad (2.9)$$

Displacements at the nodal point are shown;

$$\{\delta u\} = [N]\{\delta u_d\} \quad (2.10)$$

Strain and stresses in terms of nodal displacements,

$$\{\varepsilon\} = [B]\{\Delta\}, \quad \{\sigma\} = [D][B]\{\Delta\} \quad (2.11)$$

According to the virtual work method, the following equation is obtained.

$$\begin{Bmatrix} \delta u \\ \delta v \end{Bmatrix} = [N]\{\delta \Delta\}, \quad \{\delta \varepsilon\} = [B]\{\delta \Delta\} \quad (2.12)$$

$$h_e \int \int_{A_e} \{\delta \Delta\}^T ([B]^T [D] [B] \{\Delta\}) dx dy - h_e \int \int_{A_e} \{\delta \Delta\}^T [N]^T \begin{Bmatrix} f_x \\ f_y \end{Bmatrix} dx dy = 0 \quad (2.13)$$

Element load vectors and element stiffness matrices were obtained, respectively.

$$[f] = h_e \int \int_{A_e} [N]^T \begin{Bmatrix} f_x \\ f_y \end{Bmatrix} dx dy \quad [k] = h_e \int \int_{A_e} [B]^T [D] [B] dx dy, \quad (2.14)$$

$$[k]\{\Delta\} = [f] \quad (2.15)$$

Equations are solved by the 5-point Gauss Legendre integration method.

$$I = \int_a^b f(x) dx = \sum_{i=1}^n w_i f_i(x) \quad (2.16)$$

3. RESULTS AND EVALUATION

In the finite element model, 16-node finite elements and 8-node infinite elements were used. In numerical solutions, $n_x = n_y = 20$ finite elements and 62 infinite elements were used.

In numerical results, displacements in a two-layer semi-infinite medium with different material properties and different porosity ratios were examined using finite and infinite elements. Soil parameters, for layer 1 $E_1 = 2 * 10^7 (Pa)$ and $\nu_1 = 0.3$, for the layer 2 $E_2 = 4 * 10^7 (Pa)$ and $\nu_2 = 0.3$. In the horizontal direction dimensions of the environment are taken as 20 m., vertical direction are taken as $L_{y1} = L_{y2} = 10 m$. For uniformly distributed load, a fixed value of $q =$

800 kN/m and 4 m was chosen. In this study, displacements at the surface and layer transition points, as a result of the different distributions of porosity rates in the layers, in two-layer soil with different porosity ratios, were compared and examined. In the numerical results, $n_x = n_y = 20$ finite elements and 62 infinite elements were used. MATLAB program is used to obtain numerical results and graph.

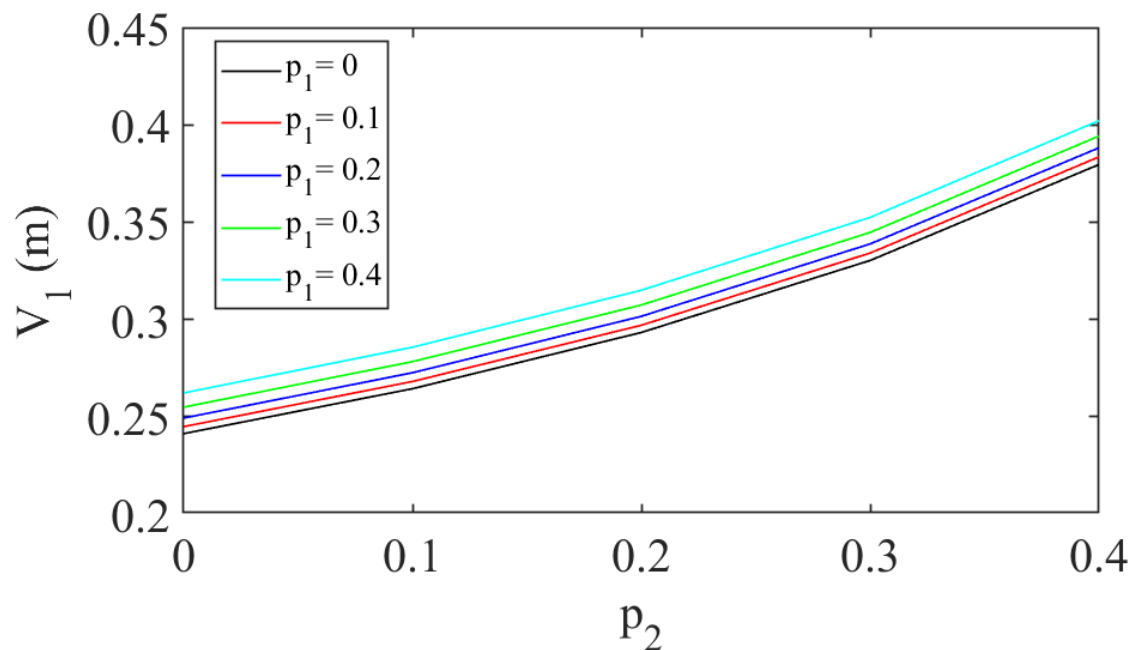


Image2. Variation of vertical displacement at point 1 in a semi-infinite 2-layer soil under uniform distributed load, depending on the increase in the porosity rate in the 1st layer.

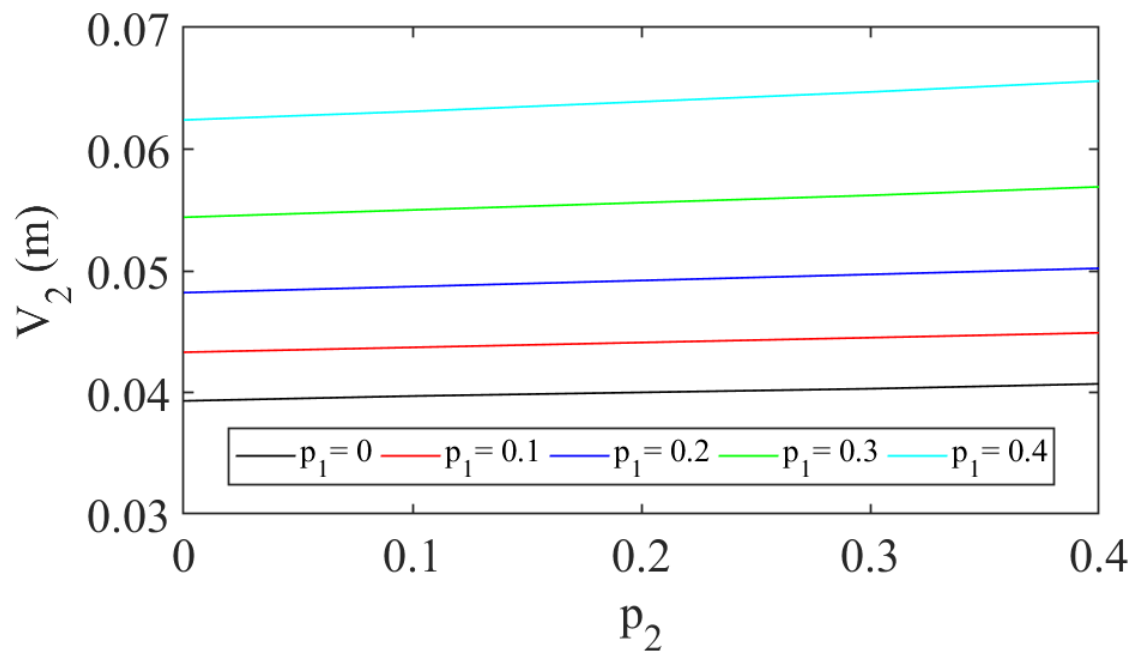


Image3. Variation of vertical displacement at point 2 in a semi-infinite 2-layer soil under uniform distributed load, depending on the increase in the porosity rate in the 1st layer.

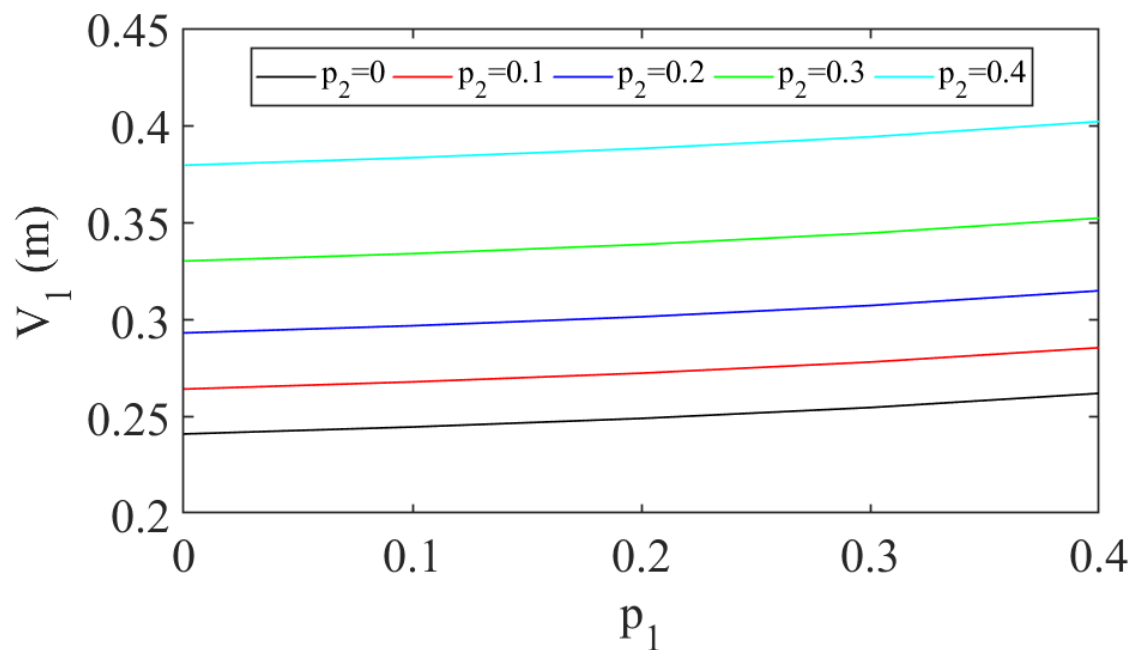


Image4. Variation of vertical displacement at point 1 in a semi-infinite 2-layer soil under uniform distributed load, depending on the increase in the porosity rate in the 2nd layer.

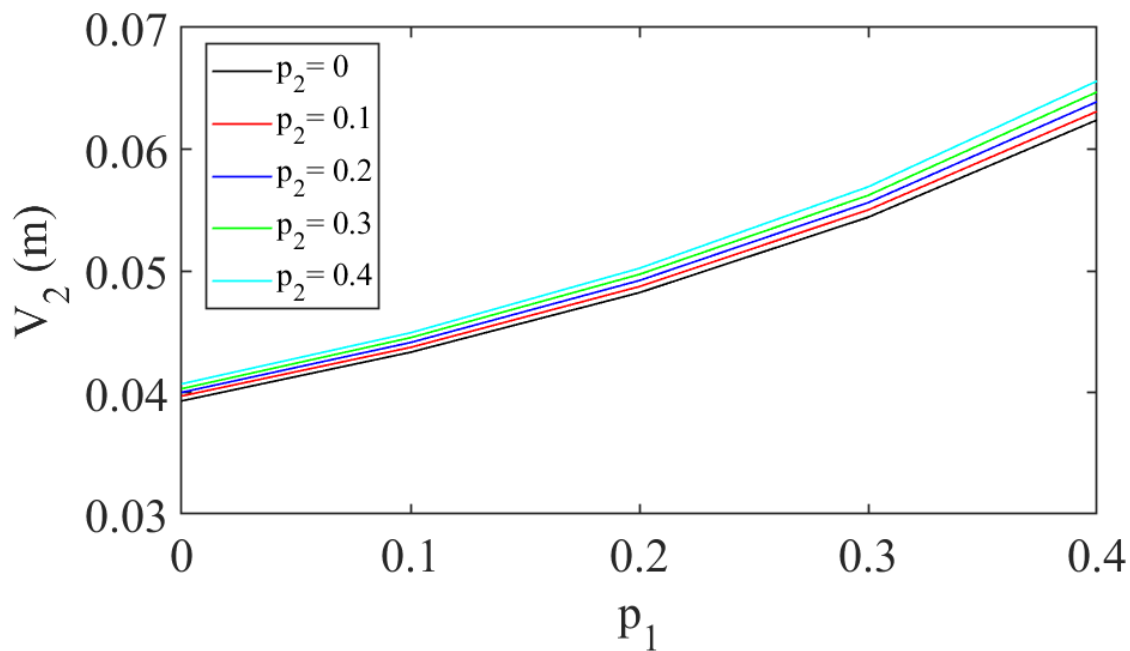


Image5. Variation of vertical displacement at point 2 in a semi-infinite 2-layer soil under uniform distributed load, depending on the increase in the porosity rate in the 2nd layer.

The displacement results at point 1 of the semi-infinite medium for two-dimensional different material parameters and different small void ratios are shown (Image2). While the porosity ratio in the second layer is kept constant at certain rates, displacements occurring at different porosity ratios in the first layer are shown. As the porosity rate in the second layer increased, the stiffness decreased and displacements increased. There was a slight increase in displacements when the porosity rate was highest in the layer close to the surface area. In Image3, the porosity in the second layer is constant, and the displacements of the porosity change in the first layer at 2 points are examined. Since the second layer is more rigid than the first layer and the load effect is reduced, the increase in porosity ratio has a much less effect on the increase in displacements. In Image4, the porosity in the 1st layer is constant, and the effects of the increasing porosity in the second layer at point 1 are examined. Compared to the situation in Image2, the increasing porosity rate did not significantly affect the increase in displacements. The decreasing stiffness in the high stiffness region has resulted in displacement differences between soils with different porosity ratios. The increase in the porosity ratio in the high-rigidity layer created an increasing difference in the displacement on the surface. While the porosity in the first layer was kept constant, the displacements at point 2 increased due to the increase in the porosity rate of the

region with high rigidity(Image5). The increase in displacements at point 2 was very close to each other.

4. GENERAL EVALUATION AND RESULTS

In this study, displacements due to different porosity ratios in the layers were investigated on a 2-layer semi-infinite, elastic, isotropic medium with small gaps under uniform load. The semi-infinite medium model and analysis were made in MATLAB with finite and infinite elements. Using one-dimensional shape functions, a 2-dimensional 16-node finite element and an 8-node infinite element were produced. An infinite element with 4 nodes was used as a one-dimensional finite element, and an infinite element with 2 nodes was used for the infinite element. Problem is solved by the 5-point Gauss Legendre Integration method. As the porosity rate in the layers increased and the stiffness decreased, an increase in displacements was observed. In the region with low stiffness close to the load, displacements increased significantly with the porosity ratio. The increase in displacements in the second region, where the load effect decreases, is not as significant as the displacements in the surface region. The increase in porosity ratio was more decisive in the displacement change in the layer close to the surface. The use of infinite elements is recommended for realistic semi-infinite media solutions.

REFERENCES

- [1] Khalili, N., Valliappan, S., Yazdi, J. T., Yazdchi, M. 1D Infinite Element for Dynamic Problems in Saturated Porous Media, Communications in Numerical Methods in Engineering, 13(9), 1997.
- [2] Karpurapu, G. R. Composite Infinite Element Analysis of Unbounded Two-Phase Media, Advances in Engineering Software, 10(4), 1988.
- [3] Jeremić, B., Cheng, Z., Taiebat, M., Dafalias, Y. Numerical Simulation of Fully Saturated Porous Materials, International Journal for Numerical and Analytical Methods in Geomechanics, 32(13), 2008.
- [4] Nanning, M., Schanz, M. Infinite Elements in a Poroelastodynamic FEM, International Journal for Numerical and Analytical Methods in Geomechanics, 35(16), 2011.
- [5] Lotfian, Z., Sivaselvan, M. V. Mixed Finite Element Formulation for Dynamics of Porous Media, International Journal for Numerical Methods in Engineering, 115(2), 2018.

- [6] Tasiopoulou, P., Taiebat, M., Tafazzoli, N., Jeremic, B. Solution Verification Procedures for Modeling and Simulation of Fully Coupled Porous Media: Static and Dynamic Behavior, *Coupled Systems Mechanics*, 4(1), 2015.
- [7] Mesgouez, A., Lefeuvre-Mesgouez, G., Chambarel, A. Transient Mechanical Wave Propagation in Semi-Infinite Porous Media Using a Finite Element Approach, *Soil Dynamics and Earthquake Engineering*, 25(6), 2005.
- [8] Senjuntichai, T., Rajapakse, R. K. N. D. Exact Stiffness Method for Quasi-Statics of a Multi-Layered Poroelastic Medium, *International Journal of Solids and Structures*, 32(11), 1995.
- [9] Edip, K., Sheshov, V., Bojadjieva, J., Kitanovski, T., Chaneva, J., Ivanvoski, D. *New Infinite Elements for Simulation of Saturated Unbounded Media*, 17th World Conference On Earthquake Engineering, 1-8, Sendai, Japan 2020.
- [10] El-Esnawy, N. A., Akl, A. Y., Bazaraa, A. S. A New Parametric Infinite Domain Element, *Finite Elements in Analysis and Design*, 19(1-2), 1995.
- [11] Kumar, P. Static Infinite Element Formulation, *Journal of Structural Engineering*, 111(11), 1985.
- [12] Bettess, P., Bettess, J. A. Infinite Elements for Static Problems, *Engineering Computations*, 1(1), 1984.
- [13] Bettess, P. Infinite Elements, *International Journal for Numerical Methods in Engineering*, 11(1), 1977.
- [14] Lynn, P. P., Hadid, H. A. Infinite Elements with $1/r^n$ Type Decay. *International Journal for Numerical Methods in Engineering*, 17(3), 1981.
- [15] Kumar, P. Static Infinite Element Formulation, *Journal of Structural Engineering*, 111(11), 1985.
- [16] Demidem, M., Boutemour, R., Bali, A., Benyoussef, E. H. Analysis of Structural and non-Structural Problems by Coupling of Finite and Infinite Elements, *Applied Mechanics and Materials*, 578, 2014.
- [17] Yüksel, Y.Z., Akbaş, Ş.D., *Stress Analysis of Multi-Layered Soil Medium by Using Finite and Infinite Elements*, 6th International Conference on Computational Mathematics and Engineering Sciences, 366-375, Ordu, 2022a.
- [18] Yüksel, Y.Z., Akbaş, Ş.D., *Static Responses of a Cavity in a Half-Space by Using Finite Element Method*, 6th International Conference on Computational Mathematics and Engineering Sciences, 387-396, Ordu, 2022b.

- [19] Yüksel, Y.Z., Akbaş, Ş.D., *Stress Distribution in Two-Dimensional Semi-Infinite Medium under the Different Load Types*, 2nd International Conference on Engineering and Applied Natural Sciences, 953-959, Konya, 2022c.
- [20] Yüksel, Y.Z., Akbaş, Ş.D., *Dynamic Analysis of Multi-Layered Semi-Infinite Media by Using Finite and Infinite Elements*, 3rd International Civil Engineering & Architecture Conference, 923-932, Trabzon, 2023.
- [21] Yüksel, Y. Z., Akbaş, Ş. D. Static Stress Analysis of Multi-Layered Soils with Twin Tunnels by Using Finite and Infinite Elements, *Geomechanics and Engineering*, 33(4), 2023.
- [22] Yüksel, Y.Z., Akbaş, Ş.D., *Boşluk İçeren Yarı Sonsuz Bir Ortamda Boşluktaki Harmonik Yük Etkisinin İncelenmesi*, Anadolu 14th International Conference On Applied Sciences, 388-401, Gaziantep, 2024.
- [23] Yüksel, Y. Z., Akbaş, Ş. D.. Dynamic Responses of Layered Viscoelastic Half-Medium with Twin Tunnel Under Harmonic Load, *Journal of Vibration Engineering & Technologies*, 1-19, 2024.
- [24] Yüksel, Y. Z., Akbaş, Ş. D. Hygrothermal Stress Analysis of Laminated Composite Porous Plates, *Structural Engineering and Mechanics*, 80(1), 2021.
- [25] Yüksel, Y. Z., Akbaş, Ş. D. Vibration Analysis of a Sandwich Plate with Laminated Face and Porous Core Layers Resting on Elastic Foundation, *Journal of Innovative Science and Engineering*, 6(1), 2022.
- [26] Yüksel, Y. Z., Akbaş, Ş. D. Buckling Analysis of a Fiber Reinforced Laminated Composite Plate with Porosity. *Journal of Computational Applied Mechanics*, 50(2), 2019.
- [27] Akbaş, Ş. D., Bashiri, A. H., Assie, A. E., Eltaher, M. A. Dynamic Analysis of Thick Beams with Functionally Graded Porous Layers and Viscoelastic Support, *Journal of Vibration and Control*, 27(13-14), 2021.
- [28] Akbaş, Ş. D.. Dynamic Analysis of Axially Functionally Graded Porous Beams under a Moving Load, *Steel and Composite Structures*, an International Journal, 39(6), 2021.
- [29] Akbaş, Ş. D. Moving Load Analysis of Laminated Porous Micro Beams Resting on Elastic Foundation, *International Journal of Applied Mechanics*, 15(8), 2350066, 2023.
- [30] Akbaş, Ş. D, Static Analysis of a Nano Plate by Using Generalized Differential Quadrature Method, *International Journal of Engineering and Applied Sciences*, 8(2), 2016.

- [31] Akbaş, Ş. D. Longitudinal Forced Vibration Analysis of Porous a Nanorod. Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi, 7(4), 2019.
- [32] Akbaş, Ş. D. Material Nonlinear Static Analysis of Axially Functionally Graded Porous Bar Elements, Journal of Computational Applied Mechanics, 2024.
- [33] Assie, A. Akbaş, Ş. D. Kabeel, A. M., Abdelrahman, A. A., Eltaher, M. A., Dynamic Analysis of Porous Functionally Graded Layered Deep Beams with Viscoelastic Core, Steel and Composite Structures, An International Journal, 43(1), 2022.
- [34] Alnujaie, A, Akbas, S. D. Eltaher, M. A., Assie, A. E. Damped Forced Vibration Analysis of Layered Functionally Graded Thick Beams with Porosity, Smart Structures and Systems, 27(4), 2021.
- [35] Alnujaie, A. Akbas, S. D. Eltaher, M. A., Assie, A.. Forced Vibration of a Functionally Graded Porous Beam Resting on Viscoelastic Foundation, Geomechanics and Engineering, 24(1), 2021.

HARMONIC LOAD ANALYSIS OF A SEMI-INFINITE POROUS MEDIUM WITH RECTANGULAR CAVITY

Research Assistant, Yusuf Ziya YÜKSEL

Bursa Technical University, - 0000-0002-2615-1590

Prof. Dr., Şeref Doğuşcan AKBAŞ

Bursa Technical University, - 0000-0001-5327-3406

ABSTRACT

In this study, the dynamic analysis of the harmonic load effect in the cavity in a two-dimensional, elastic, isotropic porous semi-infinite medium with different porosity ratios was examined by using finite and infinite elements. The regions close to the surface are modeled with finite elements, and the region far from the surface is modeled with infinite elements. The shape functions of infinite elements are derived using a one-dimensional two-node infinite element and an 8-node finite element with respect to the direction. A finite element with 16 nodes used to solve the problem. Numerical solutions of finite-infinite elements obtained by the Gauss Legendre integration method. Newmark-Beta integration method used to solve the dynamic problem. A point harmonic load applied in the vertical direction through the cavity in the semi-infinite medium. The effects of different porosity ratios on dynamic displacements and accelerations in the time domain depending on different cavity sizes and positions investigated. The finite and infinite element model is coded in MATLAB.

Anahtar Kelimeler: Dynamic Analysis, Semi-Infinite Medium, Porosity, Cavity, Finite-Infinite Elements

1. INTRODUCTION

The behavior of a rectangular section cavity under harmonic load is of great importance in many fields of study such as transportation engineering and mining. Vibration waves occurring in the cavity can have a negative effect on the structures on the surface. Especially in a soil consisting of small voids, the increase in porosity rate can greatly change the interaction between the structure on the surface and the soil. Since changes in the size and location of cavity and porosity rates greatly affect the rigidity of the medium, the effects of dynamic waves on the surface differ.

In the literature; Hao et al. proposed direction-dependent infinite element shape functions for semi-infinite ground problems containing small voids under dynamic influence [1]. Lu and Jeng studied the dynamic behavior of a porous soil with a circular cavity [2]. Santos et al. examined the dynamic responses of an elastoplastic porous medium containing a circular cavity, depending on the cavity dimensions [3]. Tigoiu et al. investigated the effects of circular cavities of different sizes on the dynamic behavior of porous environments [4]. Yang et al. studied the effects of dynamic waves on the void and semi-infinite medium in circularly cavity soils [5]. Heider et al. investigated the dynamic wave distribution in water-saturated ground with small voids [6]. Heider et al. examined the wave interaction between the dynamic structure and the porous soil with a block on it [7]. Hamimid et al. investigated the effects of heat flow through a square-shaped gap in the ground with small gaps [8]. dos Santos et al. modeled a circular void in a visco-elasto plastic ground [9]. Chandra et al. investigated the behavior of soil containing rectangular cavity with small voids under thermal and hydrodynamic effects [10]. Sadovskii et al. analyzed the size effects of circular cavity in unbounded media with small voids [11]. Eslami and Gatmiri proposed a solution method to examine the dynamic behavior of a circular cavity in an anisotropic soil with porosity [12]. Khalili et al. proposed a 1D infinite element for dynamic analysis in a water-saturated porous semi-infinite medium [13]. Nanning and Schanz developed infinite elements for dynamic problems of elastic media with small gaps [14]. Kumari and Sawant investigated the problem of liquefaction in soil under harmonic load [15]. Yüksel and Akbaş performed many different static and dynamic analyzes of semi-infinite medium problems using finite-infinite elements [16 - 21]. Effects of porosity on the mechanical behavior of layered, homogeneous and functionally graded structural elements are investigated broadly [22-33].

In this study, the dynamic displacement and acceleration responses in the time range caused by the point harmonic load effect applied through a rectangular cavity in the ground with semi-infinite different porosity ratios on the surface examined. The model was created with finite and infinite elements. In the finite element model, a finite element with 16 nodes and an infinite element with 8 nodes used. The problem solved with the 5-point Gauss Legendre integration method.

2. GENERAL FEATURES OF THE METHOD

A semi-infinite porous medium with a cavity under point harmonic load is modeled with finite-infinite elements (Image 1). Cavity sizes are shown as l_x and l_y . The vertical distance from the

middle of the space in the ground to the surface was defined as h_y . The distance between the cavity bottom and the surface was determined as H . The harmonic load was defined as $P \sin \omega t$.

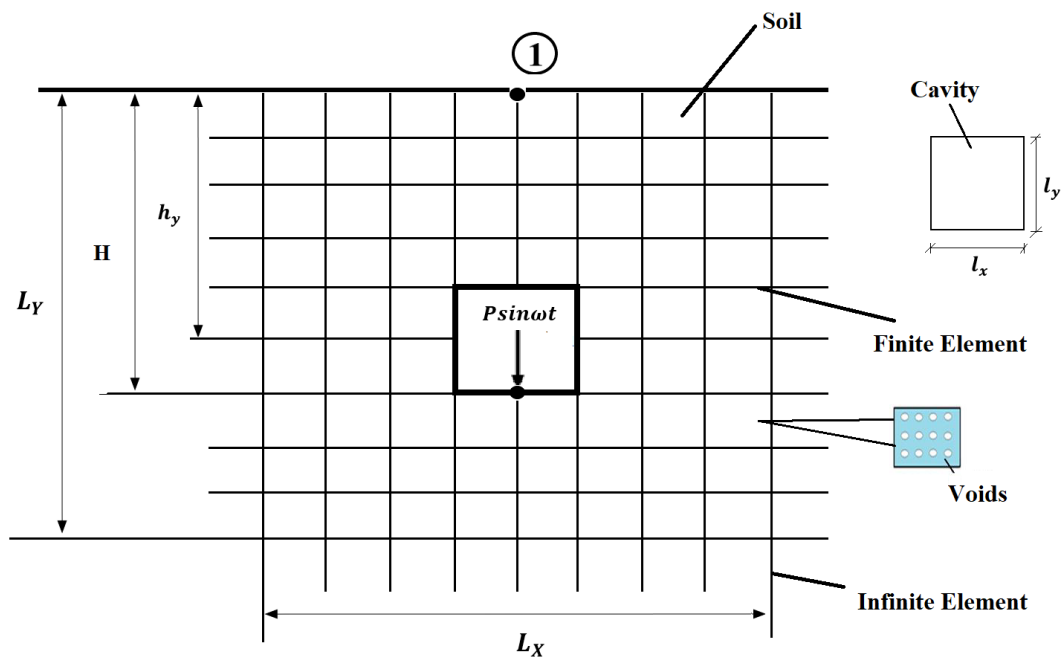


Image 1. Point harmonic load in the cavity in a semi-infinite porous medium

The plane elasticity equations of motion are as shown below;

$$\begin{aligned} \frac{\partial \sigma_x}{\partial x} + \frac{\partial \tau_{xy}}{\partial y} + f_x &= \rho \frac{\partial^2 u}{\partial t^2} \\ \frac{\partial \tau_{xy}}{\partial x} + \frac{\partial \sigma_y}{\partial y} + f_y &= \rho \frac{\partial^2 v}{\partial t^2} \end{aligned} \quad (2.1)$$

Here f_x and f_y indicate the volume forces in the x and y directions. Normal and shear stresses are shown as σ_x , σ_y and τ_{xy} respectively. The mass matrix ρ , u and v show the horizontal and vertical displacements. The relationship between deformation and displacement are given;

$$\begin{aligned} \varepsilon_x &= \frac{\partial u}{\partial x} \\ \varepsilon_y &= \frac{\partial v}{\partial y} \\ \gamma_{xy} &= \frac{\partial u}{\partial y} + \frac{\partial v}{\partial x} \end{aligned} \quad (2.2)$$

The material is linear elastic, homogeneous and isotropic. The constitutive relations of the 2D environment are given.

$$\{\sigma\} = [D]\{\varepsilon\} \quad (2.3)$$

Stress $\{\sigma\}$ is expressed as porous material constants $[D]$ and strain $\{\varepsilon\}$.

$$\{\sigma\} = \begin{Bmatrix} \sigma_x \\ \sigma_y \\ \tau_{xy} \end{Bmatrix} \quad \{\varepsilon\} = \begin{Bmatrix} \varepsilon_x \\ \varepsilon_y \\ \gamma_{xy} \end{Bmatrix} \quad [D] = \begin{bmatrix} D_{11} & D_{12} & 0 \\ D_{21} & D_{22} & 0 \\ 0 & 0 & D_{33} \end{bmatrix} \quad (2.4)$$

$$D_{11} = D_{22} = \frac{E(1-\nu)(1-p)}{(1+\nu)(1-2\nu)}$$

$$D_{12} = D_{21} = \frac{\nu E(1-p)}{(1+\nu)(1-2\nu)}$$

$$D_{33} = G = \frac{(\frac{1}{2} - \nu)E(1-p)}{2(1+\nu)} \quad (2.5)$$

Where, E and G are the modulus of elasticity and shear, ν is the Poisson's ratio and p is the porosity ratio. The equations of motion are shown in terms of displacements;

$$\begin{aligned} \frac{\partial}{\partial x} \left(D_{11} \frac{\partial u}{\partial x} + D_{12} \frac{\partial v}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(D_{33} \left(\frac{\partial u}{\partial y} + \frac{\partial v}{\partial x} \right) \right) &= -f_x + \rho \frac{\partial^2 u}{\partial t^2} \\ \frac{\partial}{\partial y} \left(D_{12} \frac{\partial u}{\partial x} + D_{22} \frac{\partial v}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial x} \left(D_{33} \left(\frac{\partial u}{\partial y} + \frac{\partial v}{\partial x} \right) \right) &= -f_y + \rho \frac{\partial^2 v}{\partial t^2} \end{aligned} \quad (2.6)$$

Equations of motion produced using the virtual work principle;

$$\begin{Bmatrix} \varepsilon_x \\ \varepsilon_y \\ \gamma_{xy} \end{Bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{\partial}{\partial x} & 0 \\ 0 & \frac{\partial}{\partial x} \\ \frac{\partial}{\partial y} & \frac{\partial}{\partial x} \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} u \\ v \end{Bmatrix} \quad (2.7)$$

The finite and infinite element formulation used in the plane elastic problem is summarized. Shape functions are shown;

$$u = \sum_{i=1}^n N_i u_i \quad v = \sum_{i=1}^n N_i v_i \quad (2.8)$$

$$\begin{Bmatrix} u \\ v \end{Bmatrix} = \begin{bmatrix} N_1 & 0 & N_2 & 0 & \dots & N_n & 0 \\ 0 & N_1 & 0 & N_2 & \dots & 0 & \dots & N_n \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} u_1 \\ v_1 \\ u_2 \\ v_2 \\ \vdots \\ u_n \\ v_n \end{Bmatrix} \quad (2.9)$$

The nodal displacements are shown,

$$\{\delta u\} = [N]\{\delta u_d\} \quad (2.10)$$

Stress and deformations in terms of nodal displacements,

$$\{\varepsilon\} = [B]\{\Delta\}, \quad \{\sigma\} = [D][B]\{\Delta\} \quad (2.11)$$

Here [B] is the strain matrices, $\{\Delta\}$ is the displacement.

The equilibrium equation is shown as follows, based on the virtual work principle,

$$\begin{Bmatrix} \delta u \\ \delta v \end{Bmatrix} = [N]\{\delta \Delta\}, \quad \{\delta \varepsilon\} = [B]\{\delta \Delta\} \quad (2.12)$$

$$\begin{aligned} h_e \int \int_{A_e} \{\delta \Delta\}^T ([B]^T [D] [B] \{\Delta\} + \rho [N]^T [N] \{\ddot{\Delta}\} + c [N]^T [N] \{\dot{\Delta}\}) dx dy \\ - h_e \int \int_{A_e} \{\delta \Delta\}^T [N]^T \begin{Bmatrix} f_x \\ f_y \end{Bmatrix} dx dy = 0 \end{aligned} \quad (2.13)$$

Element load vectors, element stiffness and mass matrices were obtained, respectively.

$$[f] = h_e \int \int_{A_e} [N]^T \begin{Bmatrix} f_x \\ f_y \end{Bmatrix} dx dy \quad (2.14)$$

$$[K] = h_e \int \int_{A_e} [B]^T [D] [B] dx dy \quad (2.15)$$

$$[M] = h_e \int \int_{A_e} [N]^T \rho [N] dx dy \quad (2.16)$$

$$[C] = h_e \int \int_{A_e} [N]^T c [N] dx dy \quad (2.17)$$

Linear dynamic problems are given in the form below;

$$M\ddot{x} + C\dot{x} + Kx = f \quad (2.18)$$

Here M, C, K are given as mass, damping and stiffness matrices, respectively. The force function f and the expressions $x, \dot{x}, \ddot{x}$ represent the displacement, velocity and acceleration vectors, respectively.

Equations obtained using finite-infinite element shape functions are solved by the 5-point Gauss Legendre integration method.

$$I = \int_a^b f(x)dx = \sum_{i=1}^n w_i f_i(x) \quad (2.19)$$

The soil problem under harmonic load was solved by the Newmark-Beta method based on average acceleration in the time domain. Constant average acceleration values are taken as ($\alpha=0.5$, $\beta=0.25$). Displacement, velocity and acceleration results were obtained for each time step (Δt) using the Newmark β method based on constant average acceleration.

$$K_{i+1}u_{i+1} = F_{i+1} \quad (2.20)$$

Here, generalized stiffness matrices K_{i+1} and generalized force vector F_{i+1} refer to the values occurring at time $t=(i+1)$.

$$\ddot{u}_0 = \frac{F_0 - C\dot{u}_0 - Ku_0}{M} \quad (2.21)$$

$$a_1 = \frac{1}{\beta\Delta t^2}m + \frac{\alpha}{\beta\Delta t}c; \quad a_2 = \frac{1}{\beta\Delta t}m + \left(\frac{\alpha}{\beta} - 1\right)c; \\ a_3 = \left(\frac{0.5}{\beta} - 1\right)m + \Delta t\left(\frac{\alpha}{2\beta} - 1\right) \quad (2.22)$$

$$\hat{K} = K + a_1 \quad (2.23)$$

$$F_{i+1} = F_i + a_1u_i + a_2\dot{u}_i + a_3\ddot{u}_i \quad (2.24)$$

$$u_{i+1} = \frac{F_{i+1}}{\hat{K}} \quad (2.25)$$

$$\dot{u}_{i+1} = \frac{\alpha}{\beta \Delta t} (u_{i+1} - u_i) + \left(1 - \frac{\alpha}{\beta}\right) \dot{u}_i + \Delta t \left(1 - \frac{\alpha}{2\beta}\right) \ddot{u}_i \quad (2.26)$$

3. RESULTS AND EVALUATION

In this study, displacement (V) and acceleration (a) results on the surface of a semi-infinite porous medium containing a rectangular cavity under the influence of harmonic load within the cavity were examined. The dynamic reactions created by different porosity ratios in the case of the cavity in different positions in the semi-infinite medium and different cavity sizes were investigated. Semi-infinite medium dimensions are taken as $L_X = L_Y = 20$ m, the infinite element is 10 m in the horizontal direction, and 20 m in the vertical direction. Cavity dimensions are taken as $l_x = l_y = 2.5$ m. The distance from the tunnel bottom to the surface is $H = 11.25$ m. was determined. Soil parameters were determined as $E = 22.4$ GPa, $\nu = 0.33$ and $\rho = 2643$ kg/m³ [34]. The increase range was taken as ($\Delta t = 0.001$). Point harmonic load $P = 5 \times 10^6$ KN was applied in the vertical direction from the midpoint of the cavity floor. In the finite-infinite element model, $n_x = n_y = 16 \times 16$ finite elements and 50 infinite elements were used. The obtained results and graphs were created in MATLAB.

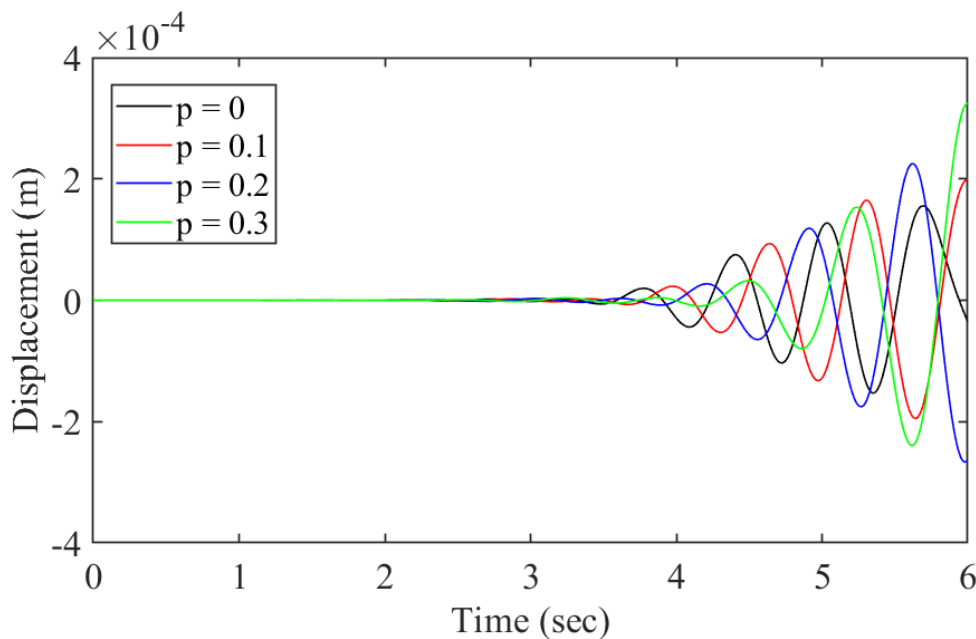


Image 3. Under the point harmonic load of the rectangular cavity, the displacement of point 1 in a certain time interval as a result of the change of the pore ratio in the semi-infinite medium ($h_y = 10$ m, $l_x = l_y = 2.5$ m)

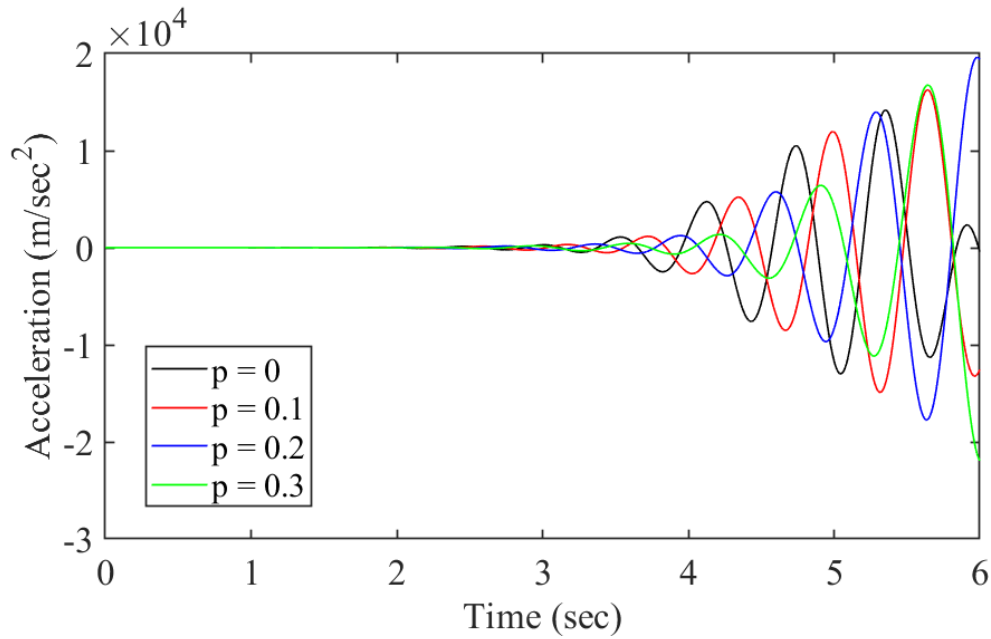


Image 4. Under the point harmonic load of the rectangular cavity, the acceleration of point 1 in a certain time interval as a result of the change of the pore ratio in the semi-infinite medium ($h_y = 10 \text{ m}$, $l_x = l_y = 2.5 \text{ m}$)

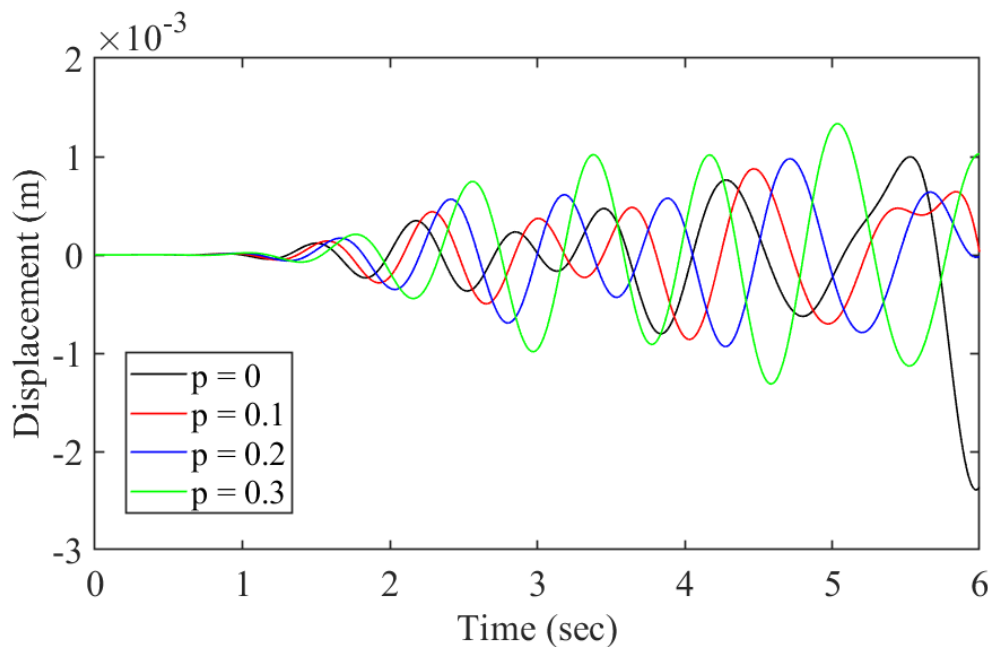


Image 5. Under the point harmonic load of the rectangular cavity, the displacement of point 1 in a certain time interval as a result of the change of the pore ratio in the semi-infinite medium ($h_y = 2.5 \text{ m}$, $l_x = l_y = 2.5 \text{ m}$)

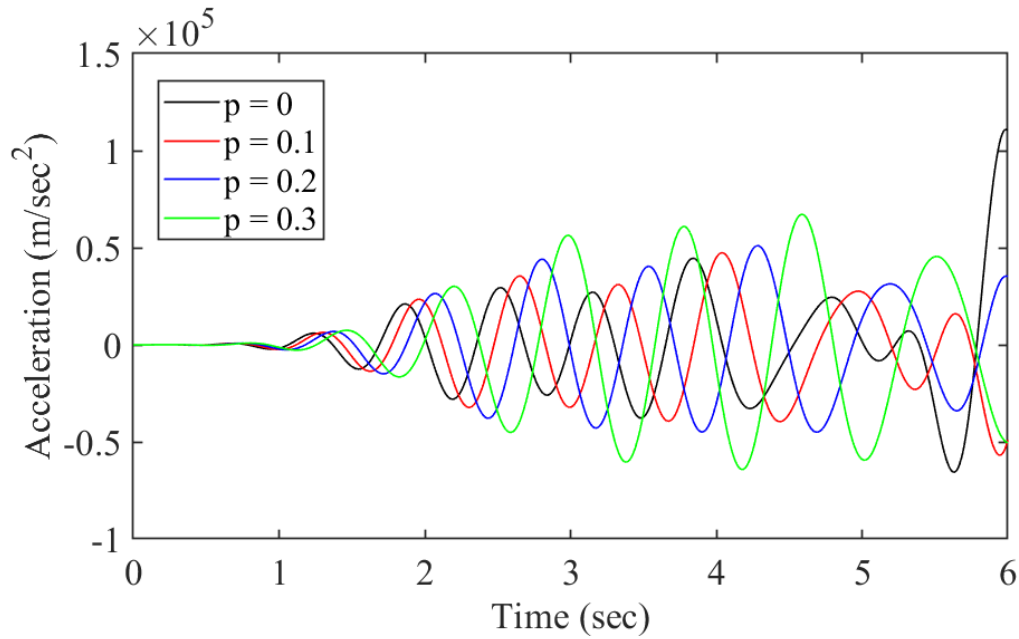


Image 6. Under the point harmonic load of the rectangular cavity, the acceleration of point 1 in a certain time interval as a result of the change of the pore ratio in the semi-infinite medium ($h_y = 2.5 \text{ m}$, $l_x = l_y = 2.5 \text{ m}$)

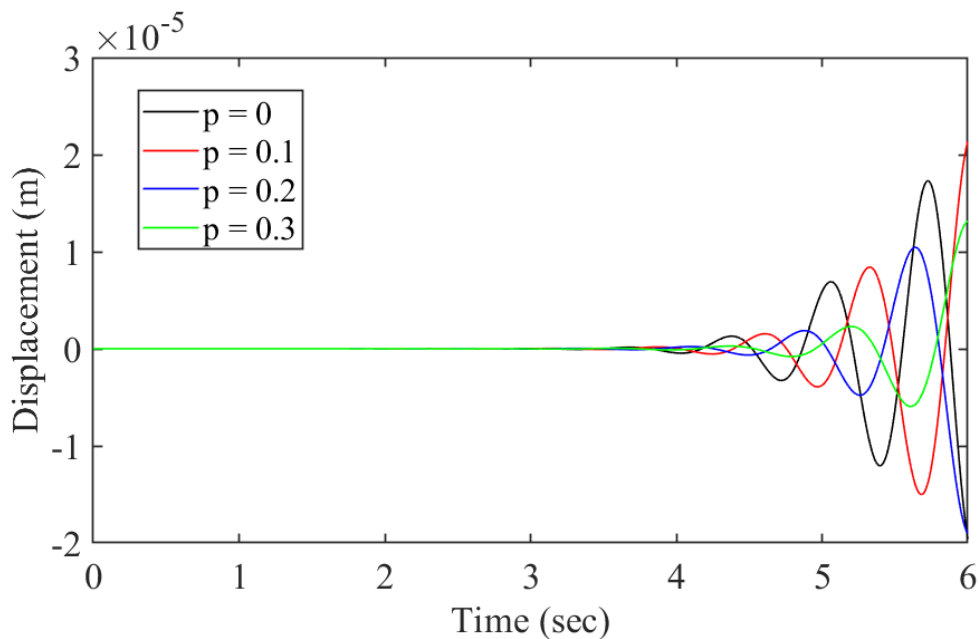


Image 7. Under the point harmonic load of the rectangular cavity, the displacement of point 1 in a certain time interval as a result of the change of the pore ratio in the semi-infinite medium ($H = 11.25 \text{ m}$, $l_x = l_y = 7.5 \text{ m}$)

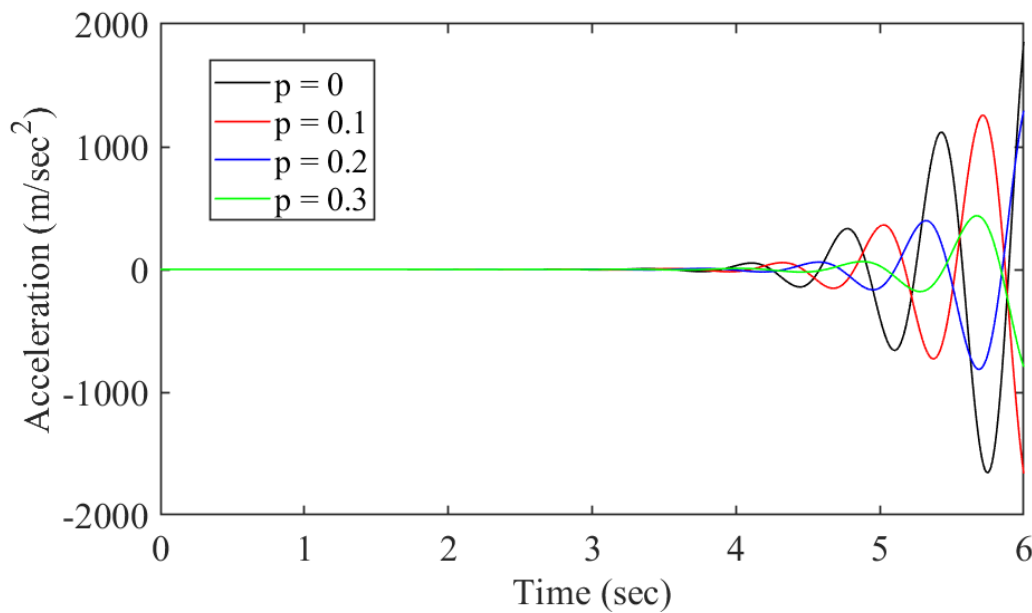


Image 8. Under the point harmonic load of the rectangular cavity, the acceleration of point 1 in a certain time interval as a result of the change of the pore ratio in the semi-infinite medium ($H = 11.25 \text{ m}$, $l_x = l_y = 7.5 \text{ m}$)

In Image 3 and Image 4, the displacement and acceleration results at point 1 on the porous ground surface under the point harmonic load applied through the cavity are shown. The distance of the cavity to the surface is taken as $h_y = 10 \text{ m}$ and the cavity dimensions are $l_x = l_y = 2.5 \text{ m}$. Since the cavity is at a certain distance from the surface, dynamic wave effects appear on the surface after a certain period of time, depending on its speed. As the soil porosity ratio increased, dynamic wave amplitudes increased. The decrease in rigidity caused this situation. As the porosity ratio increased, wave speeds slowed down, so fewer dynamic waves with larger amplitudes were formed. Displacements and accelerations increased with time as the porosity ratio increased.

In Image 5 and Image 6, the rectangular cavity to which point harmonic load is applied is located close to the surface. The distance of the cavity to the surface is taken as $h_y = 2.5 \text{ m}$ and the cavity dimensions are $l_x = l_y = 2.5 \text{ m}$. Due to the harmonic load being close to the surface, dynamic reactions on the surface occurred earlier. As the porosity ratio increased, the wave speeds decreased and the wave amplitudes increased as the stiffness decreased. Due to the larger cavity, the rigidity decreased. Since the cavity is close to the surface, wave numbers and wave amplitudes are closer to each other at different porosity ratios compared to the initial situation.

When the cavity is close to the surface, the displacements and accelerations at point 1 increase much more.

In Image 7 and Image 8, the distance of the cavity to the surface is kept constant in the middle of the medium. The distance from the ground floor to the surface was taken as $H = 11.25$ m. The cavity size was increased and $l_x = l_y = 7.5$ m. Similarly, with the increase in porosity ratio, wave amplitudes increased and wave numbers decreased over time. Since the ratios of porosity was larger than in the first case, the reactions on the surface occurred later. Due to the large cavity size, displacements and accelerations on the surface were much lower.

4. GENERAL EVALUATION AND RESULTS

In this study, the dynamic reactions occurring on the surface as a result of vertical point harmonic loading applied through the cavity in a porous semi-infinite medium with different porosity ratios containing a rectangular cavity were examined. The behavior of the porous ground was investigated depending on the different positions and sizes of the cavity in the ground. The semi-infinite environment is modeled with finite-infinite elements in MATLAB. In the two-dimensional finite infinite element model, a 16-node finite element and an 8-node infinite element were used. Newmark- β method used for harmonic loading results, and the finite-infinite element model solved with the 5-point Gauss Legendre integration method. When the results were examined, it was seen that the vertical position of the porosity in the ground and the dimensions of the cavity important. As the cavity approaches the surface, dynamic reactions occur more clearly on the surface. The growth of the cavity in the ground increased the dynamic wave amplitudes occurring on the surface. Increasing porosity rates increased displacements and accelerations. Since the cavity dimensions, locations and ground porosity ratio in the ground change the dynamic responses occurring on the surface, these situations should be taken into consideration in the analyses. In order to obtain accurate results, it is important to model the structure and ground interaction problem with finite-infinite elements that consider the structure and ground as a whole.

KAYNAKÇA

- [1] Hao, X., Qingsheng, C., Bingjian, Z. Directional Interpolation Infinite Element for Dynamic Problems in Saturated Porous Media, *Earthquake Engineering and Engineering Vibration*, 19, 2020.
- [2] Lu, J. F., Jeng, D. S. Dynamic Analysis of an Infinite Cylindrical Hole in a Saturated Poroelastic Medium, *Archive of Applied Mechanics*, 76, 2006.
- [3] Dos Santos, T., Vaz-Romero, A., Rodríguez-Martínez, J. A. Dynamic Cylindrical Cavity Expansion in Orthotropic Porous Ductile Materials, *International Journal of Impact Engineering*, 132, 2019.
- [4] Cleja-Tigoiu, S., Cazacu, O., Tigoiu, V. Dynamic Expansion of a Spherical Cavity within a Rate-Dependent Compressible Porous Material, *International Journal of Plasticity*, 24(5), 2008.
- [5] Yang, Y. B., Hung, H. H., Lin, K. C., Cheng, K. W. Dynamic Response of Elastic Half-Space with Cavity Subjected to P And SV Waves by Finite/Infinite Element Approach, *International Journal of Structural Stability and Dynamics*, 15(07), 2015.
- [6] Heider, Y., Markert, B., Ehlers, W. J. C. M. Dynamic Wave Propagation in Infinite Saturated Porous Media Half Spaces, *Computational Mechanics*, 49, 2012.
- [7] Heider, Y., Markert, B., Ehlers, W. Dynamic Wave Propagation in Porous Media Semi-Infinite Domains, *PAMM*, 10(1), 2010.
- [8] Hamimid, S., Guellal, M., Amroune, A., Zeraibi, N. Effect of a Porous Layer on the Flow Structure and Heat Transfer in a Square Cavity, *Fluid Dynamics & Materials Processing*, 8(1), 2012.
- [9] dos Santos, T., Brezolin, A., Rossi, R., Rodríguez-Martínez, J. A. Modeling Dynamic Spherical Cavity Expansion in Elasto-Viscoplastic Media, *Acta Mechanica*, 231(6), 2020.
- [10] Chandra, H., Bera, P., Sharma, A. K. Natural Convection in a Square Cavity Filled with an Anisotropic Porous Medium due to Sinusoidal Heat Flux on Horizontal Walls, *Numerical Heat Transfer, Part A: Applications*, 77(3), 2020.
- [11] Sadovskii, V. M., Sadovskaya, O. V., Luk'yanov, A. A. Radial Expansion of a Cylindrical or Spherical Cavity in an Infinite Porous Medium, *Journal of Applied Mechanics and Technical Physics*, 55, 2014.

- [12] Eslami, H., Gatmiri, B. Two Formulations for Dynamic Response of a Cylindrical Cavity in Cross-Anisotropic Porous Media, *International Journal for Numerical and Analytical Methods in Geomechanics*, 34(4), 2010.
- [13] Khalili, N., Valliappan, S., Yazdi, J. T., Yazdchi, M. 1D Infinite Element for Dynamic Problems in Saturated Porous Media, *Communications in Numerical methods in Engineering*, 13(9), 1997.
- [14] Nenning, M., Schanz, M. Infinite Elements in a Poroelastodynamic FEM, *International Journal for Numerical and Analytical Methods in Geomechanics*, 35(16), 2011.
- [15] Kumari, S., Sawant, V. A. Numerical Simulation of Liquefaction Phenomenon Considering Infinite Boundary, *Soil Dynamics and Earthquake Engineering*, 142, 2021.
- [16] Yüksel, Y.Z., Akbaş, Ş.D., *Stress Analysis of Multi-Layered Soil Medium by Using Finite and Infinite Elements*, 6th International Conference on Computational Mathematics and Engineering Sciences, 366-375, Ordu, 2022a.
- [17] Yüksel, Y.Z., Akbaş, Ş.D., *Static Responses of a Cavity in a Half-Space by Using Finite Element Method*, 6th International Conference on Computational Mathematics and Engineering Sciences, 387-396, Ordu, 2022b.
- [18] Yüksel, Y.Z., Akbaş, Ş.D., *Stress Distribution in Two-Dimensional Semi-Infinite Medium under the Different Load Types*, 2nd International Conference on Engineering and Applied Natural Sciences, 953-959, Konya, 2022c.
- [19] Yüksel, Y.Z., Akbaş, Ş.D., *Dynamic Analysis of Multi-Layered Semi-Infinite Media by Using Finite and Infinite Elements*, 3rd International Civil Engineering & Architecture Conference, 923-932, Trabzon, 2023.
- [20] Yüksel, Y. Z., Akbaş, Ş. D. Static Stress Analysis of Multi-Layered Soils with Twin Tunnels by Using Finite and Infinite Elements, *Geomechanics and Engineering*, 33(4), 2023.
- [21] Yüksel, Y.Z., Akbaş, Ş.D., *Boşluk İçeren Yarı Sonsuz Bir Ortamda Boşluktaki Harmonik Yük Etkisinin İncelenmesi*, Anadolu 14th International Conference On Applied Sciences, 388-401, Gaziantep, 2024.
- [22] Yüksel, Y. Z., Akbaş, Ş. D. Hygrothermal Stress Analysis of Laminated Composite Porous Plates, *Structural Engineering and Mechanics*, 80(1), 2021.

- [23] Yüksel, Y. Z., Akbaş, Ş. D. Vibration Analysis of a Sandwich Plate with Laminated Face and Porous Core Layers Resting on Elastic Foundation, *Journal of Innovative Science and Engineering*, 6(1), 2022.
- [24] Yüksel, Y. Z., Akbaş, Ş. D. Buckling Analysis of a Fiber Reinforced Laminated Composite Plate with Porosity. *Journal of Computational Applied Mechanics*, 50(2), 2019.
- [25] Akbaş, Ş. D., Bashiri, A. H., Assie, A. E., Eltaher, M. A. Dynamic Analysis of Thick Beams with Functionally Graded Porous Layers and Viscoelastic Support, *Journal of Vibration and Control*, 27(13-14), 2021.
- [26] Akbaş, Ş. D.. Dynamic Analysis of Axially Functionally Graded Porous Beams under a Moving Load, *Steel and Composite Structures, an International Journal*, 39(6), 2021.
- [27] Akbaş, Ş. D. Moving Load Analysis of Laminated Porous Micro Beams Resting on Elastic Foundation, *International Journal of Applied Mechanics*, 15(8), 2350066, 2023.
- [28] Akbaş, Ş. D, Static Analysis of a Nano Plate by Using Generalized Differential Quadrature Method, *International Journal of Engineering and Applied Sciences*, 8(2), 2016.
- [29] Akbaş, Ş. D. Longitudinal Forced Vibration Analysis of Porous a Nanorod. *Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi*, 7(4), 2019.
- [30] Akbaş, Ş. D. Material Nonlinear Static Analysis of Axially Functionally Graded Porous Bar Elements, *Journal of Computational Applied Mechanics*, 2024.
- [31] Assie, A. Akbaş, Ş. D. Kabeel, A. M., Abdelrahman, A. A., Eltaher, M. A., Dynamic Analysis of Porous Functionally Graded Layered Deep Beams with Viscoelastic Core, *Steel and Composite Structures, An International Journal*, 43(1), 2022.
- [32] Alnujaie, A, Akbas, S. D. Eltaher, M. A., Assie, A. E. Damped Forced Vibration Analysis of Layered Functionally Graded Thick Beams with Porosity, *Smart Structures and Systems*, 27(4), 2021.
- [33] Alnujaie, A. Akbas, S. D. Eltaher, M. A., Assie, A.. Forced Vibration of a Functionally Graded Porous Beam Resting on Viscoelastic Foundation, *Geomechanics and Engineering*, 24(1), 2021.
- [34] Løkke, A., Chopra, A. K. Direct Finite Element Method for Nonlinear Analysis of Semi-Unbounded Dam–Water–Foundation Rock Systems, *Earthquake Engineering & Structural Dynamics*, 46(8), 2017.

CONDUCTING POLYMER SUPPORTED METAL NANOPARTICLES FOR ELECTROCATALYTIC PURPOSES

Assoc. Prof. MUTLU SÖNMEZ ÇELEBİ

Ordu University, - 0000-0002-8816-6763

ABSTRACT

In the last few decades, interest in metal nanoparticles has greatly increased due to their roles in many fields such as catalysis, sensors, energy, and electronics. Synthesizing metal nanoparticles on a suitable support material generally result in improvement of the desired properties of the metal. The support materials should have characteristic features such as high surface area, electrical conductivity and corrosion resistance to achieve efficient and highly durable electrode materials for catalytic purposes. There exists a great variety of supports as carbon materials and composites utilizing special structures such as graphene or carbon nanotubes as well as non-carbon materials like silica and titanium. Conducting polymers, on the other hand, constitute a special class of support materials for metal nanoparticles due to their unique characteristics such as high specific area, stability and compatibility, and tolerance to poisoning during many catalytic reactions. These polymers serve as an excellent matrix for a number of metal nanoparticles ranging from platinum and palladium to silver and gold.

Herein, we describe preparation of conducting polymer supported metal nanoparticles immobilized on various electrode materials such as platinum, glassy carbon electrode and pencil graphite electrode. The prepared modified electrode systems were efficiently used for catalytic reactions such as electrocatalytic oxidation of methanol and ethanol. Also, electrochemical biosensor studies are mentioned in the study for application to hydrogen peroxide detection. The prepared modified electrode systems were characterized by electrochemical methods such as cyclic voltammetry and electrochemical impedance spectroscopy. Physical characterization of the electrodes was also done by recording scanning electron microscopy images and energy dispersive x-ray spectra.

Keywords : Conducting Polymer, Metal Nanoparticle, Electrocatalysis

1. INTRODUCTION

Metal nanoparticles are widely used in many applications such as electrocatalysis, electroanalysis, biosensors, etc. They are extensively preferred in processes for designing special materials such as chemically modified electrodes. Thus, metal nanoparticles dispersed on a suitable electrode surface have great importance in electrochemistry simply due to transferring the unique properties of the metal to the electrode material [1].

In order to enhance the catalytic performance of the modified electrode, however, generally a suitable support medium is needed [2]. The support material has some functions for the metal nanoparticles such as serving as a stabilizing matrix for the metal and providing a porous structure as needed for many catalytic applications. There is a wide variety of support materials of which conducting polymers constitute an important class due to the porosity and conductivity of the polymeric material as well as the ease of the preparation process. Among many conducting polymers used as supports for metal nanoparticles, polymers such as polyaniline, polypyrrole, poly(vinylferrocene) and poly(thionine) are extensively preferred ones. Herein, some applications of conducting polymer supported metal nanoparticles are described for electrocatalytic applications such as methanol or ethanol oxidation and sensor preparation.

2. EXPERIMENTAL

Electrochemical cells using three-electrode systems have been used with working electrodes such as gold, platinum, glassy carbon and pencil graphite. The reference electrodes were either a silver/silver chloride (Ag/AgCl) or a saturated calomel electrode (SCE) and a Pt wire was used as the counter electrode in all studies.

Electrochemical analyses were performed with CHI 608B electrochemical workstation. The chemicals were all used as received. Prior to all experiments, the solutions were purged with pure nitrogen gas to avoid interference of dissolved oxygen.

3. RESULTS AND DISCUSSION

Poly(thionine), PTH, which is a redox type conducting polymer can be easily prepared onto an electrode material by polymerization from the aqueous monomer solution. One advantage of using poly(thionine) is that it is a very cost-effective material which enables us to prepare a fresh monomer solution for each trial. As the PTH polymer can be prepared simply by cyclic voltammetric scans, the thickness of the PTH film on the electrode can be controlled by the number of scans applied during cyclic voltammetry [3]. After coating the electrode with conducting PTH film, Pt and Pd nanoparticles can be easily incorporated into the polymeric matrix using K_2PtCl_4 or K_2PdCl_4 solutions as the precursor [3,4]. SEM images of Pt and Pd dispersed PTH film is given in Image 1. SEM images indicate that the metal nanoparticles are well dispersed on the polymeric material.

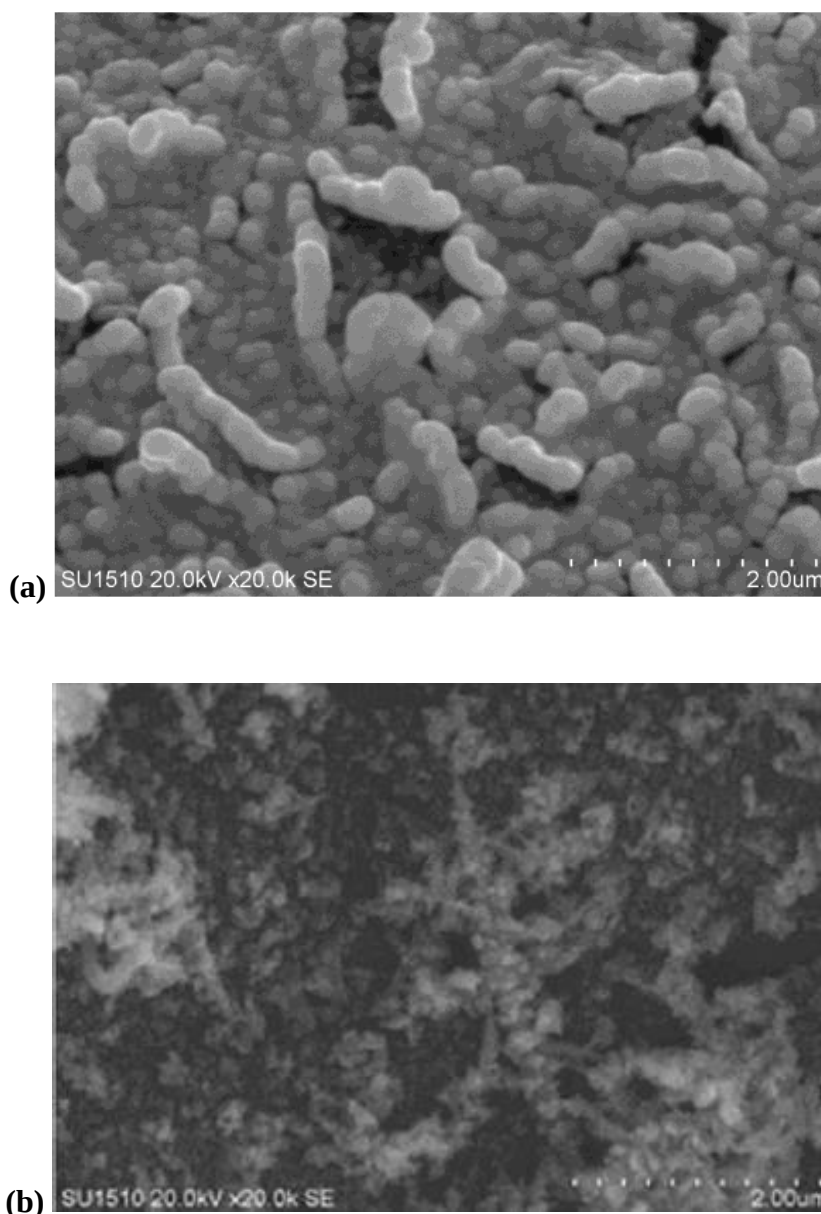


Image 1. SEM images of (a) Pt@PTH modified PGE and (b) Pd@PTH modified PGE.

Poly(vinylferrocene), PVF, is another redox-type conducting polymer which can easily be coated to any electrode surface by constant potential electrolysis. In the case of a PVF-support, the thickness of the polymer support can be controlled by the charge passed during the electrolysis process. PVF has been successfully used as a support for Ag, Pt and Pd metals for catalysis and biosensor studies [5,6].

Conducting polymer-supported metal nanoparticles can also be used for catalytic purposes such as electrocatalytic oxidation of ethanol [7]. In Image 2, the cyclic voltammograms of bioethanol and synthetic ethanol recorded with the Pt/PTH catalyst are compared. The voltammograms clearly indicate that, when the cyclic voltammograms of bioethanol and synthetic ethanol recorded with the Pt/PTH catalyst were compared, a higher current and advantageous potential was observed with bioethanol in terms of both peak current and peak potentials.

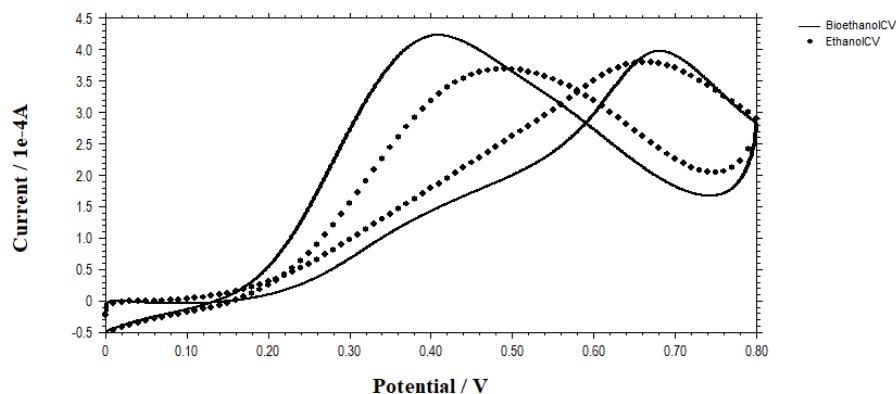


Image 2. Cyclic voltammograms of 0.5 M bioethanol (—) and synthetic ethanol (•••) solutions recorded with Pt/PTH coated PGE (Scan rate: 0.100 V s⁻¹).

4. CONCLUSION

It is clear from the given studies that, conducting polymers constitute a special class of support materials for metal nanoparticles due to their unique characteristics such as high specific area, stability, and compatibility as well as tolerance to poisoning during catalytic reactions. These polymers serve as an excellent matrix for metal nanoparticles ranging from platinum and palladium to silver and gold.

REFERENCES

- [1] Kralik, M., & Biffis, A. (2001). Catalysis by metal nanoparticles supported on functional organic polymers. *Journal of Molecular Catalysis A: Chemical*, 177(1), 113-138.
- [2] Abruna, H.D. (1988). Coordination Chemistry in Two Dimensions: Chemically Modified Electrodes. *Coordination Chemistry Reviews*, 86, 135-189.
- [3] Kurt, N. Ç., & Çelebi, M. S. (2021). Conducting poly (thionine) film as a support material for Pt particles: Electrocatalytic activity towards methanol oxidation. *Ordu Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 11(1), 53-63.
- [4] Kara, S. K., & Çelebi, M. S. Modification of Glassy Carbon Electrode with Palladium Doped Conducting Poly (thionine) Film. *Ordu Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 11(2), 179-185.
- [5] Çelebi, M. S., Öztürk, K., Dumangöz, M., & Kuralay, F. (2018). Determination of hydrogen peroxide with an enzymeless amperometric sensor based on poly (vinylferrocene)-supported Ag nanoparticles. *Turkish Journal of Chemistry*, 42(6), 1755-1767.
- [6] Çelebi, M. S., Öztürk, K., & Dumangöz, M. Electrochemical Synthesis of Cauliflower-Like PtPd@ PVF Nanocatalyst for Electrooxidation of Methanol. *Hacettepe Journal of Biology and Chemistry*, 49(1), 79-91.
- [7] Şahin, N., *Poli(Tiyonin) Destekli Platin Ve Paladyum Nanopartikülleri İle Biyoetanolin Elektrokatalitik Yükseltgenmesi*, Yüksek Lisans Tezi, Ordu Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ordu, 2024.

ON THE PERFORMANCE OF DIFFERENT DATA AUGMENTATION SCHEMES FOR WIRELESS CAPSULE IMAGE CLASSIFICATION BASED ON THE EFFICIENTNET DEEP LEARNING PARADIGM

Assoc. Prof. Dr. Muzaffer KANAAN

Erciyes University, mkanaan@erciyes.edu.tr

ORCID ID: 0000-0003-4510-8392

Mohamed AL-SHAikh

Erciyes University, mohammed.1998sh@gmail.com

ORCID ID: 0000-0001-9581-1284

ABSTRACT

Wireless Capsule Endoscopy (WCE) provides a non-invasive method for visualizing the gastrointestinal (GI) tract, revolutionizing how GI diseases are diagnosed and treated. However, the scarcity of annotated medical data presents a challenge for training effective machine-learning models for Clinical Decision Support (CDS) systems. To address this issue, we investigate the impact of various data augmentation techniques on the performance of EfficientNet-based deep learning models for WCE image classification. Utilizing the diverse Kvasir V2 dataset, with eight classes of GI tract images, we compare four data augmentation scenarios: comprehensive augmentation, no augmentation, selective augmentation, and modified augmentation with adjusted parameters. Our results reveal a nuanced relationship between data augmentation and model performance. While data augmentation is generally beneficial, excessive augmentation can lead to overfitting and reduced generalization. Surprisingly, the absence of augmentation or the application of selective/modified augmentation strategies resulted in better performance compared to comprehensive augmentation in certain cases. This emphasizes the importance of tailoring data augmentation, carefully considering the specific dataset and task at hand. The findings of this study offer valuable insights for the development of accurate and reliable CDS systems for GI disease diagnosis. By optimizing data augmentation techniques, we can overcome data limitations and enhance the efficiency of deep learning models in WCE image analysis.

Keywords: Wireless Capsule Endoscopy, Image Classification, Data Augmentation, Classification, Deep Learning, EfficientNet, Gastrointestinal tract, Kvasir dataset

1. INTRODUCTION

Wireless capsule endoscopy (WCE) is a medical imaging technique that has shown a lot of promise for medical diagnosis and treatment, especially for diseases of the gastrointestinal (GI) tract [1,2,3]. Compared to other methods of endoscopy, WCE is relatively painless, offering an unprecedented view into all regions of the GI tract, some of which (like the small intestine) could not previously be viewed with conventional endoscopy devices. In WCE, the patient swallows a capsule-sized camera, which is equipped with a wireless transceiver. As the device traverses the GI tract (through natural muscle movements known as peristalsis), the camera takes pictures and relays them to a body-mounted receiver antenna (see Figure 1 for the general system structure). The received images are recorded and normally reviewed offline by a medical specialist.

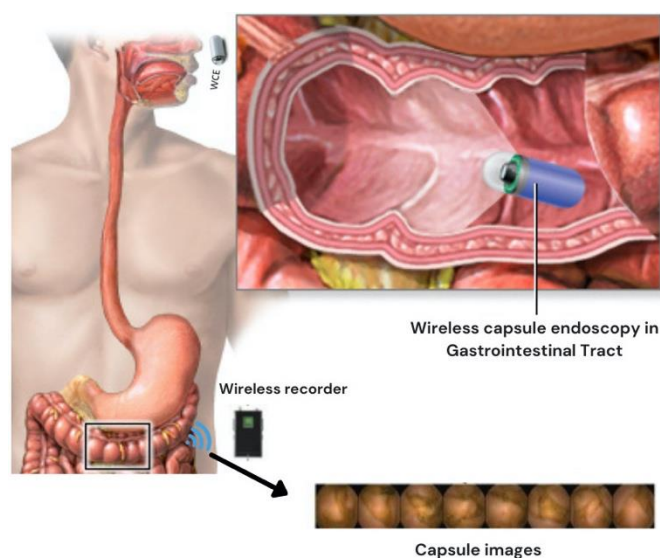


Figure 1: General structure of a WCE system

A wireless capsule endoscope takes on two frames per second and stays in the GI tract for approximately 8 hours on average before being naturally excreted out of the body [4-5]. This creates a large database of images, which can create information overload for the specialist, causing the specialist to sometimes miss critical information that could affect the health of the patient. In order to avoid situations like this, the use of clinical decision support (CDS) can be highly beneficial.

In recent years, the use of artificial intelligence (AI) and deep learning paradigms to improve disease diagnosis through medical image classification has gained a lot of popularity [6-11]. The main element of these techniques is that the algorithms involved learn the salient features from the image database, and can be used to identify images that might be of importance from a diagnosis and treatment standpoint. While these techniques are not meant to completely replace the medical specialist, they can be a very valuable tool to assist the specialist in a clinical setting; hence the use of the term clinical decision support (CDS) to describe systems like these. In this paper, we explore the use of the EfficientNET deep learning architecture for the purposes of WCE image classification. Our study is based on the use of the publicly available Kvasir V2 database, details of which are briefly given in section 2.

One of the important factors that affect the accuracy of image classification using deep learning techniques is the image database used in the training process. Specifically, the image database needs to be extensive enough to cover all possible disease scenarios that the algorithm could encounter. However, image databases (mostly gained from patients undergoing WCE procedures after informed consent) cannot cover every possible scenario with the same level of detail or even with the same image resolution. This is why the image database used for training the algorithm has to be augmented in almost all cases of practical importance. In this paper, we focus on this **data augmentation** problem, illustrate the use of several data augmentation techniques, and assess their impact on the performance of the deep learning algorithms.

The rest of this paper is organized into five sections. Section 2 gives brief details of the Kvasir V2 image database used for this study. Section 3 gives an overview of the EfficientNET deep learning architecture. Section 4 includes details of the data augmentation techniques used. Section 5 presents the results. Section 6 concludes the paper.

2. KVASIR V2 IMAGE DATABASE

For the experimental work, the dataset used in this study is the Kvasir V2 Dataset [12], which is an upgraded version of the KVASIR dataset, referenced in previous studies, and comprises a comprehensive collection of gastrointestinal imagery classified into various categories. Selected for its balanced nature among datasets featuring multiple classes, KVASIR stands out due to its structured diversity and the equal distribution of images across its classes. This compilation is especially valued for its division into eight distinct categories, with each housing 1,000 endoscopic images, allowing for a detailed and extensive examination of gastrointestinal conditions.

This dataset is meticulously categorized into three primary sections: anatomical landmarks, pathological findings, and endoscopic intervention imagery. The anatomical segment illustrates key gastrointestinal features such as the Z-line, pylorus, and cecum—crucial for disease identification and procedural navigation. The pathological segment reveals conditions like esophagitis, polyps, and ulcerative colitis, providing a visual understanding of various GI disorders. Additionally, images depicting polyp removal processes highlight practical aspects of gastrointestinal treatments, featuring classes like dyed and lifted polyps and dyed resection margins, which are critical for surgical evaluation and cancer prevention.

The image resolutions range from 720×576 to 1920×1072 pixels, ensuring a wide variety for analysis and application. Organized systematically, the dataset facilitates easy navigation and interpretation, with some images incorporating small green figures to depict the position of endoscopic tools within the organ. This detailed organization aids in the educational breakdown of each category:

- 1. Anatomical Landmarks:** Serving as navigational and diagnostic benchmarks, they include the normal Z-line, pylorus, and cecum, vital for diagnosing and understanding various conditions.
- 2. Pathological Findings:** Covering abnormalities like esophagitis, polyps, and ulcerative colitis, these images are key for identifying and understanding GI tract conditions.
- 3. Polyp Removal:** Showcasing the techniques for identifying and excising polyps, this category emphasizes the importance of early detection and intervention to prevent cancer. they include the Dyed and Lifted Polyp and Dyed Resection Margins.

By providing such detailed and classified imagery, the KVASIR dataset emerges as a vital tool for the medical community, enhancing the understanding, diagnosis, and treatment of gastrointestinal diseases.

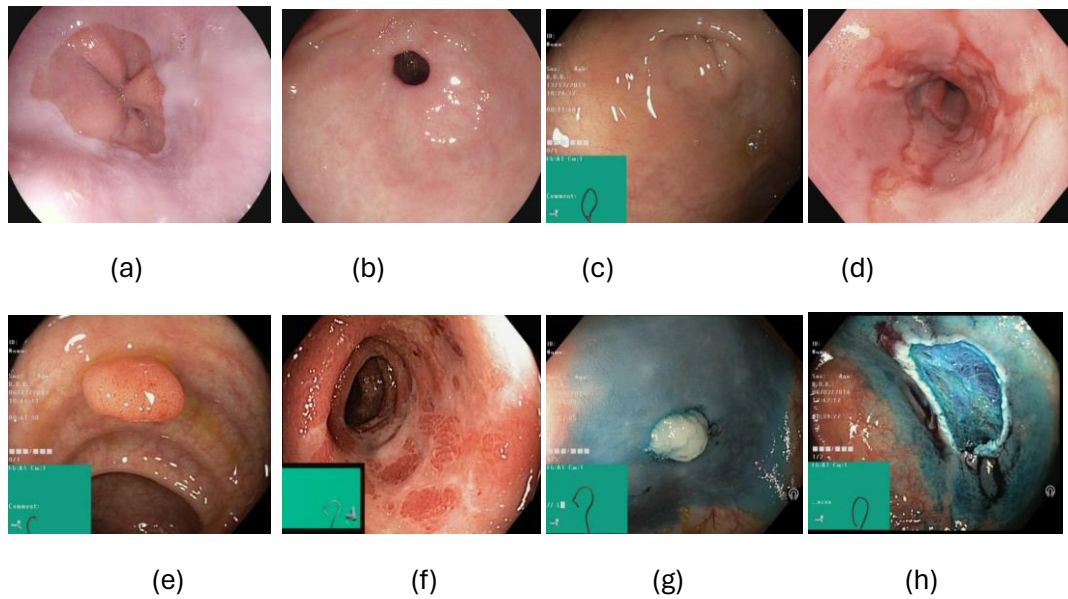


Figure 2: Dataset classes: (a)normal z-line, (b) normal pylorus, (c) normal cecum, (d) esophagitis, (e) polyps, (f) ulcerative colitis, (g) dyed and lifted polyps, and (h) dyed dissection margins.

3. THE EFFICIENTNET DEEP LEARNING MODEL

The EfficientNet model, first introduced by Google in 2019, revolutionizes CNN architecture through its unique hybrid scaling approach [13]. This method strategically expands the network's depth, and width, and adjusts the input image size by applying a consistent scaling coefficient, Φ . Different values of Φ lead to various versions of EfficientNet, optimizing the balance between the network's efficiency and parameter count. Through experimental validation, EfficientNet demonstrates a significant reduction in parameters while enhancing performance under comparable computational efficiency. The architecture employs a compound coefficient to scale depth, width, and resolution dimensions uniformly, deviating from traditional methods that scale these aspects arbitrarily. EfficientNet's foundation, the B0 model, boasts a streamlined structure that facilitates scaling and generalization. The network is constructed from a stem convolutional layer, followed by progressive blocks incorporating depthwise separable convolutions and squeeze-and-excitation (SE) blocks, enhancing both efficiency and accuracy. The configuration of these blocks, along with their width and depth, is determined by the scaling coefficients, tailored to match computational capabilities and accuracy requirements. EfficientNet models typically employ stochastic gradient descent (SGD) for optimization and use a cross-entropy loss function during training, ensuring effective resource utilization and superior model performance. The main architecture of EfficientNet is shown in Figure 3.



Figure 3. EfficientNet Architecture

4. DATA AUGMENTATION AND ITS TYPES

Data augmentation is key for increasing the size and variety of training datasets, crucial for effective deep-learning applications. It addresses the challenge of the costly and time-consuming collection of extensive medical images, mitigates overfitting by adding data variations, and improves model stability against irrelevant changes or noise [14-15, 16-17]. This is particularly relevant as neural networks, despite their successful applications in many fields, can typically deliver satisfactory results only under large sample conditions. When it comes to small training sets (such as most medical datasets, where it may not even be possible to obtain large amounts of data due to practical and/or ethical considerations), the performance may not be very good, or the learning task may not even be completed. So, in this study, we use data augmentation to solve the problems caused by small datasets. Data augmentation was implemented using the ImageDataGenerator in Keras, which generates derived images by applying random but realistic transformations, such as rotation, shifting, and flipping on-fly during training to obtain countless derived pictures for training. This approach ensures that the original images are not permanently altered, and the model is exposed to a more diverse set of data. The augmentation techniques included in the generator were selected based on their relevance to the dataset and the desired increase in model generalization.

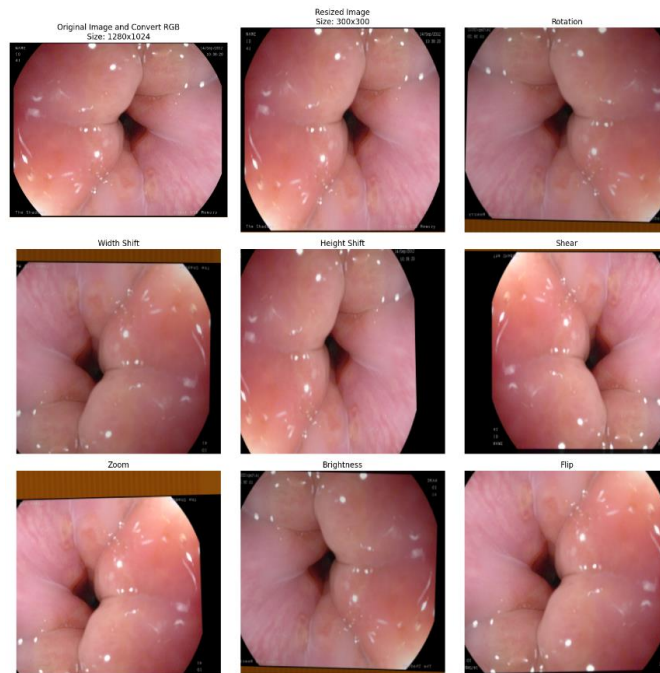


Figure 4: Some of the augmentation techniques that were used.

In this study, we compare four data augmentation scenarios: comprehensive augmentation, no augmentation, selective augmentation, and modified augmentation with adjusted parameters, and evaluate the performance metrics for these different data augmentation scenarios applied to the EfficientNetB0 model, which had the last 20 layers unfrozen (thus allowing the model to be at least partially customized for the application at hand) while keeping the Batch Normalization layers frozen. The model was evaluated on a test dataset comprising 1200 images across 8 classes, with 150 images per class. The scenarios compared are as follows:

• **Scenario 1 - Comprehensive Augmentation:** Utilizing ImageDataGenerator with a wide range of transformations.

- **Rotation Range:** randomly rotated within a range of ± 20 degrees.
- **Width Shift Range:** Images are randomly shifted horizontally by up to 10% of their total width.
- **Height Shift Range:** Images are also randomly shifted vertically by up to 10% of their total height.
- **Shear Range:** We apply a shear transformation with an intensity of up to 10%, mimicking a counter-clockwise shear angle.
- **Zoom Range:** Random zooming of images by up to 10% is performed to simulate the effect of objects being closer or farther away from the camera lens.

- **Brightness Range:** The brightness of images is adjusted within a range of 80% to 120% of their original brightness.
- **Horizontal Flip:** Images are randomly flipped horizontally.
- **Vertical Flip:** Images can also be flipped vertically.

• **Scenario 2 - No Augmentation:** Training the model without any data augmentation.

• **Scenario 3 - Selective Augmentation:** Applying two random augmentations from the comprehensive set in Scenario 1 as shown in Figure 5.

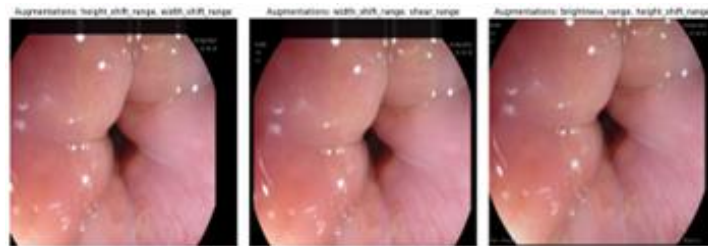
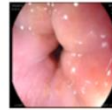


Figure 5: Scenario 3 - Selective Augmentation.

• **Scenario 4 - Modified Augmentation with Adjusted Parameters:** Using a different subset of augmentation parameters with altered ranges, in order to avoid too much randomness(see Figure 6 for a visual example). The steps applied to the images are:

- **Rotation Range:** We allow for a random rotation of images by up to ± 12 degrees.
- **Shear Range:** A shear transformation with an intensity of up to 5%.
- **Zoom Range:** Images are randomly zoomed in or out by up to 5%.
- **Brightness Range:** The brightness of the images is adjusted within a range of 75% to 125% of their original brightness.
- **Horizontal Flip:** Images are randomly flipped along the horizontal axis.

Augmentation 1



Augmentation 2



Augmentation 3

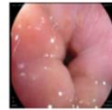


Figure 6: Scenario 4 - Modified Augmentation

It is necessary to note that ImageDataGenerator with multiple augmentation options specified, applies a random combination of these augmentations to each image in each batch. It does not apply just one augmentation, nor does it necessarily apply all augmentations at once. Instead, it randomly selects from the range of options we've provided for each augmentation parameter.

5. EXPERIMENT EVALUATION AND RESULTS

5.1. Data Preparation and Preprocessing

The dataset was split into training (70%), validation (15%), and test (15%) sets, with a total of 5600 images for training, 1200 for validation, and 1200 for testing (see Figure 7 for a general block diagram summarizing the steps involved in this process as well as the subsequent steps in the classification process). This approach ensures to have distinct datasets for training, validation, and testing. It will allow us to train the model effectively and tune it with the validation set while finally evaluating its performance with the testing set.

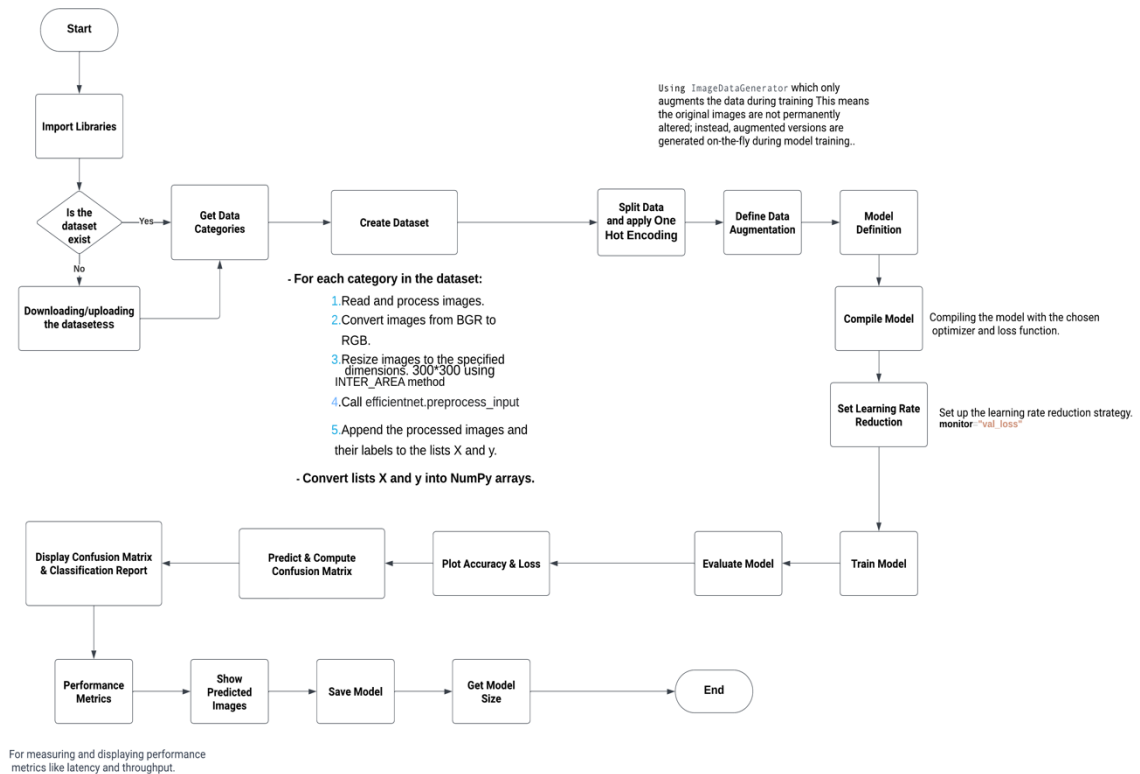


Figure 7: Methodology Flowchart

In the preprocessing stage (which is crucial for ensuring that the input data is consistent and suitable for the deep learning models), we standardized the inputs by resizing the images and normalizing them using the inbuilt Keras EfficientNet preprocessing function. This function adjusts the pixel values based on the mean and standard deviation values of the ImageNet dataset, which is the dataset that the EfficientNet models were originally trained on.

Furthermore, using a resizing dimension strikes a balance between retaining important features and computational efficiency. Since the original resolutions range up to 1920x1072, downsizing to 100x100 might be too aggressive and could result in a significant loss of detail, so images are then resized to 300x300 pixels for the baseline.

The preprocessing steps included reading and processing images from each category in the dataset. The images were converted from BGR to RGB color space and resized to 300x300 pixels using the INTER_AREA method to maintain image quality. Following the resizing, the images were preprocessed using the EfficientNet preprocessing input function, which is designed to prepare images for model input by scaling them appropriately. The processed images and their labels were then appended to lists X and Y, which were subsequently converted into NumPy arrays for further manipulation.

It may be noted that INTER_AREA uses an averaging method to compute the value of pixels of output as well as the input image. It is also known as resampling using pixel area relations. INTER_AREA is used in image compression and object detection where

the size of the image is reduced. It also prevents the details of the image by preserving the details of the original image. The other reason to use the INTER_AREA method to resize the images is that according to the experiment and results table comparing different TensorFlow resizing methods on the IMAGENET dataset which the authors of [18] have done the INTER_AREA method got the highest accuracy when used to down-sampling images.

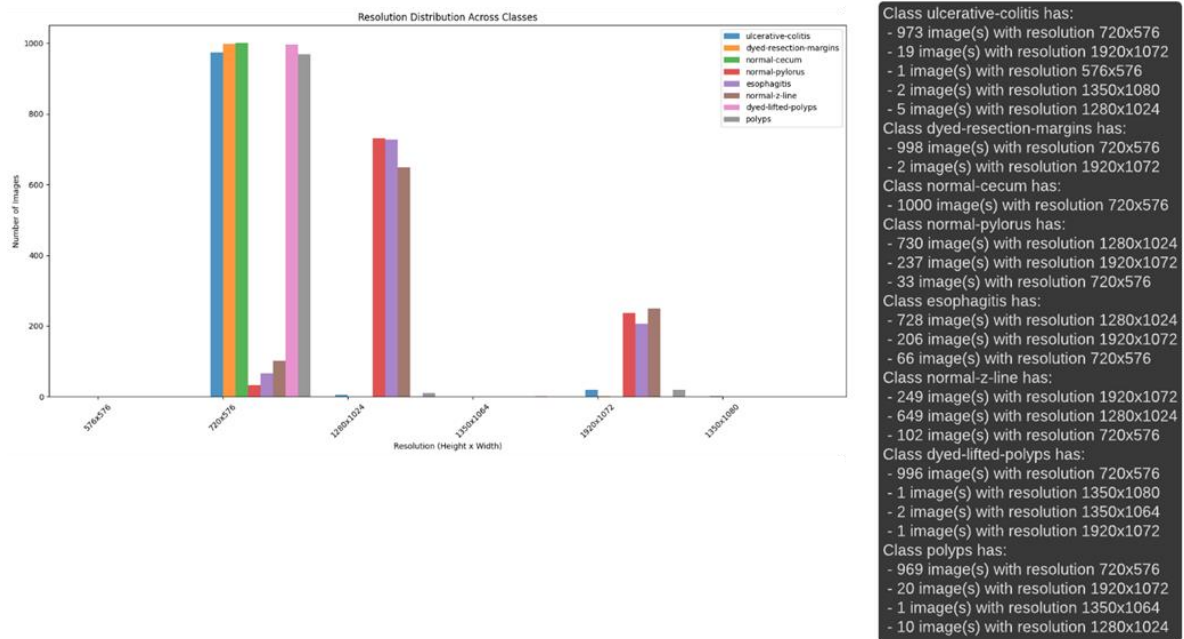


Figure 8: Image resolution distribution across dataset classes

5.3. Evaluation Parameters

The evaluation parameters included accuracy, loss, model size, and latency. The full parameters of the model are given in Table 2, and the hyperparameters of the model are summarized in Table 3. The model's accuracy and loss were measured using the test dataset. The model size was determined to assess the feasibility of deployment on mobile devices with limited storage capacity. Latency was a critical performance metric, especially for real-time applications, and was measured as the average time taken for each prediction on the test dataset, which consisted of 1200 images.

The methodology outlined above provides a comprehensive approach to developing and evaluating deep learning models for medical image analysis, with a focus on the tradeoff between accuracy, computational resources, and deployment constraints.

Table 1. Model structure

Type	Name	Configuration
Layer	EfficientNetB0	weights='imagenet', include_top=False
Layer	GlobalAveragePooling2D	
Layer	Dense	256 units, activation='relu',kernel_regularizer=l2
Layer	Dropout	0.5
Layer	Dense	8 units, activation='softmax'

Table 2. Hyperparameters

Parameter	Value
Batch Size	32
Number of Epochs	50
Learning Rate	0.01
Optimizer	SGD
Momentum (for SGD)	0.9
Loss Function	categorical_crossentropy
Metrics	Accuracy

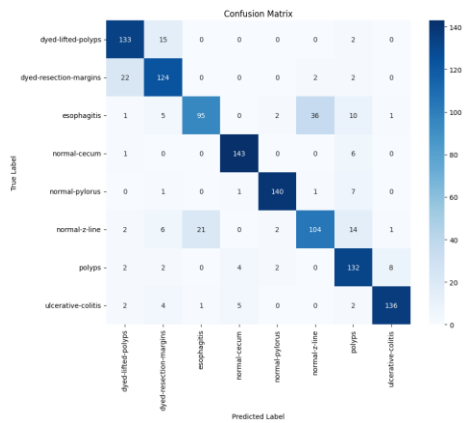
5.4. Results

The table below provided summarizes of the key performance metrics for each data augmentation scenario applied.

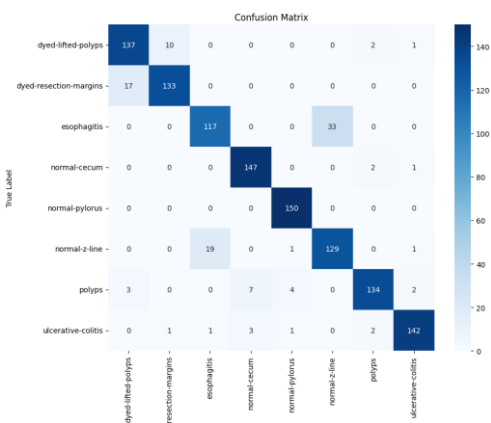
Table 3. Key performance metrics for each scenario (%)

Classes	Scenario 1	Scenario 2	Scenario 3	Scenario 4
dyed-lifted-polyps	89 %	91 %	94 %	91 %
dyed-resection-margins	83 %	89 %	89 %	93 %
Esophagitis	63 %	78 %	75 %	80 %
normal cecum	95 %	98 %	98 %	97 %
normal pylorus	93 %	100 %	100 %	100 %
normal-z-line	69 %	86 %	90 %	87 %
Polyps	88 %	89 %	89 %	92 %
ulcerative colitis	90 %	95 %	95 %	96 %
Test loss	0.70	0.32	0.29	0.27
Test accuracy	83.75 %	90.75 %	91.16 %	92.08 %
Training accuracy	89 %	98 %	97 %	98 %
Validation accuracy	86 %	93 %	93 %	93 %

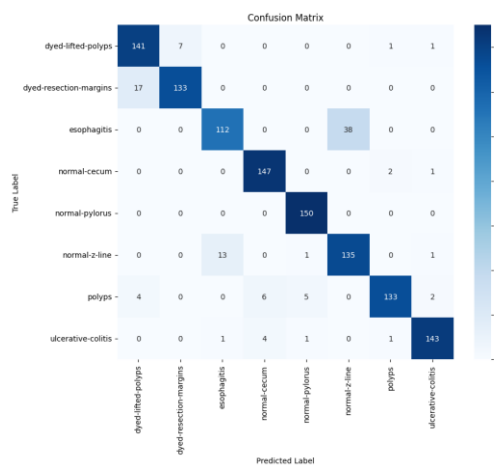
Figure 9 below shows the confusion matrices corresponding to each of the four data augmentation scenarios. The diagonal elements of this matrix for each scenario are of particular interest, as they show the number of correct classifications for each class. Considering that the application at hand is medical image classification, it is desirable to have as little variation on these diagonal elements as possible, as that indicates a certain consistent level of accuracy across all classes; this would help inspire confidence on the part of medical specialists in such deep learning models. The results of Figure 9(d) indicate less variation across the diagonal elements of the confusion matrix, thus suggesting that Scenario 4 delivers more consistent performance across the different classes.



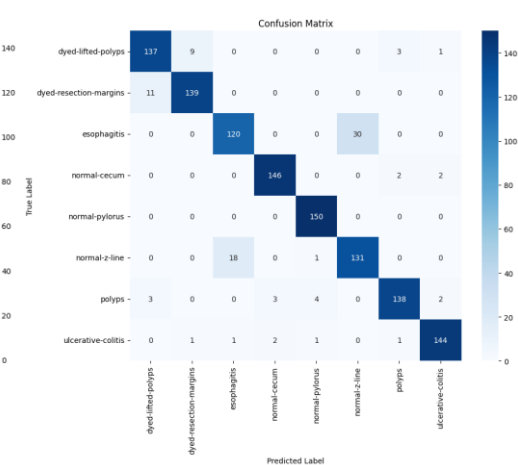
(a)



(b)



(c)



(d)

The results indicate that Scenario 2, with no data augmentation, outperformed the comprehensive augmentation approach (Scenario 1) in terms of test accuracy. This suggests that, in some cases, too much augmentation can potentially harm the model's ability to generalize to new data, possibly due to overfitting on augmented features that do not represent the true data distribution.

Scenario 3, which involved selectively applying two random augmentations, achieved slightly higher test accuracy than the comprehensive augmentation, indicating that a more targeted approach to augmentation can be beneficial.

Scenario 4, which used a modified set of augmentation parameters, achieved the highest test accuracy, suggesting that the specific choice and range of augmentation parameters can have a significant impact on model performance.

The higher training accuracy in Scenarios 2, 3, and 4 compared to Scenario 1, along with improved validation accuracy, further supports the conclusion that a more measured approach to data augmentation can lead to better model generalization.

6. CONCLUSIONS

The study concludes that while data augmentation is a valuable technique for improving the generalization of deep learning models, the choice and extent of augmentation must be carefully considered. The results demonstrate that no augmentation or selective and modified augmentation can lead to better performance than comprehensive augmentation in certain cases. This highlights the need for a nuanced approach to data augmentation, where the types and amounts of augmentation are tailored to the specific data set and task at hand. Future research should focus on exploring the optimal augmentation strategies for different medical image analysis tasks to maximize model accuracy and robustness.

References

- [1] Kopylov, Uri, and Ernest G Seidman., *Diagnostic modalities for the evaluation of small bowel disorders.*, Current opinion in gastroenterology vol. 31,2 (2015): 111-7. doi:10.1097/MOG.0000000000000159
- [2] Eliakim R., *Video capsule endoscopy of the small bowel.*, Current opinion in gastroenterology vol. 29,2 (2013): 133-9. doi:10.1097/MOG.0b013e32835bdc03
- [3] Pennazio, Marco et al., *Small-bowel capsule endoscopy and device-assisted enteroscopy for diagnosis and treatment of small-bowel disorders: European Society of Gastrointestinal Endoscopy (ESGE) Guideline - Update 2022.*, Endoscopy vol. 55,1 (2023): 58-95. doi:10.1055/a-1973-3796

- [4] Fernandez-Urien, Ignacio et al., *Capsule endoscopy capture rate: has 4 frames-per-second any impact over 2 frames-per-second?.*, World journal of gastroenterology vol. 20,39 (2014): 14472-8. doi:10.3748/wjg.v20.i39.14472
- [5] Noormohammadi, Reza et al., *Analog Backscatter Video Transmission for Wireless Capsule Endoscope.*, 18542-18550, IEEE Access 11 (2023).
- [6] Wong, Wan Ni et al., *Classification of Gastrointestinal Diseases Using Deep Transfer Learning.*, 2022 2nd International Conference on Intelligent Cybernetics Technology & Applications (ICICyTA), 156-161, (2022).
- [7] Yoshiok, Kyoka, et al., *Deep-learning models in medical image analysis: Detection of esophagitis from the Kvasir Dataset.*, arXiv preprint arXiv:2301.02390 (2023).
- [8] UÇan, Murat et al., *Multi-Class Gastrointestinal Images Classification Using EfficientNet-B0 CNN Model.*, 2022 International Conference on Data Analytics for Business and Industry (ICDABI), 1-5, (2022).
- [9] Ramamurthy, Karthik, et al., *A novel multi-feature fusion method for classification of gastrointestinal diseases using endoscopy images.*, Diagnostics 12.10 (2022): 2316.
- [10] Yin, Hang et al., *Research on Remote Sensing Image Classification Algorithm Based on EfficientNet.*, 2022 7th International Conference on Intelligent Computing and Signal Processing (ICSP), 1757-1761, (2022).
- [11] Escobar, Jessica et al., *Accurate Deep Learning-based Gastrointestinal Disease Classification via Transfer Learning Strategy.*, 2021 XXIII Symposium on Image, Signal Processing and Artificial Vision (STSIVA), 1-5, (2021).
- [12] Pogorelov K, et al., *KVASIR: a multiclass image dataset for computer-aided gastrointestinal disease detection.* In: Proc. of MMSYS, pp 164–169, June 2017
- [13] Tan, Mingxing, and Quoc Le. *Efficientnet: Rethinking model scaling for convolutional neural networks.*, International conference on machine learning. PMLR, 2019.
- [14] Luis Perez and Jason Wang, *The Effectiveness of Data Augmentation in Image Classification using Deep Learning*, arXiv preprint arXiv:1712.04621 (2017). Link: <https://arxiv.org/abs/1712.04621>
- [15] Suorong Yang, Xiaolin Hu, and Zhiqiang Shen, *Data augmentation: A comprehensive survey of modern approaches.* ScienceDirect (2022). Link: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2590005622000911>
- [16] A Survey. Suorong Yang, Xiaolin Hu, Zhiqiang Shen, and Jie Yang, *Image Data Augmentation for Deep Learning*, arXiv preprint arXiv:2204.08610 (2022). Link: <https://arxiv.org/abs/2204.08610>

[17] Jie Li, Weisi Lin, and Haifeng Chen, *A survey on Image Data Augmentation for Deep Learning*. *Journal of Big Data* (2019). Link: <https://journalofbigdata.springeropen.com/articles/10.1186/s40537-019-0197-0>

[18] Y. -J. Chang, D. -Y. Hong, P. Liu and J. -J. Wu, *Efficient Inference on Convolutional Neural Networks by Image Difficulty Prediction*, 2022 IEEE International Conference on Big Data (Big Data), pp. 5672-5681, Osaka, Japan, 2022, doi: 10.1109/BigData55660.2022.10020754

KEY PARAMETERS TO OPTIMIZE THE THERMAL CONDUCTIVITY OF GRAPHENE BASED NANOFLUID

Dr. Fatma OFLAZ, Firat University, Automotive Engineering

ORCID NO: 0000-0002-9636-5746

ABSTRACT

Graphene's exceptional thermal conductivity, stemming from its single-atom-thick carbon layers, enables it to enhance heat transfer at the nanoscale when mixed with nanofluids. Researchers have extensively studied how various factors, like dispersion quality, graphene concentration, base fluid properties, temperature, and specific application needs, affect the thermal conductivity of graphene-based nanofluids. Further investigation is necessary to fine-tune these parameters and fully exploit the potential of graphene-based nanofluids for real-world applications. This study aims to delve deeply into how each parameter influences thermal conductivity and its overall performance in nanofluids. Achieving a uniform dispersion of graphene nanoparticles can boost thermal conductivity, but too high concentrations or poor dispersion quality may not yield desired results. Other factors, such as the viscosity, pH, and chemical properties of the base fluid, also impact thermal conductivity. Moreover, temperature variations can affect thermal conductivity, making it a crucial parameter to consider. Ultimately, this research will play a vital role in enhancing our understanding and optimizing the thermal conductivity of graphene-based nanofluids, thereby advancing their use in thermal management, heat transfer, and industrial applications.

Keywords

Graphene, nanofluids, thermal conductivity, performance comparison

1. Introduction

Graphene has extraordinary chemical, physical and mechanical properties, leading to an increase in research investigating its applications [1]. One of graphene's remarkable characteristics is its exceptionally high thermal conductivity, which surpasses that of many other materials. This property holds significant promise for addressing heat dissipation challenges prevalent in nanoscale thermal and electrical engineering applications [2]. The extremely high thermal conductivity of graphene is clearly seen in Figure 1, which compares the thermal conductivities of nanoparticles.

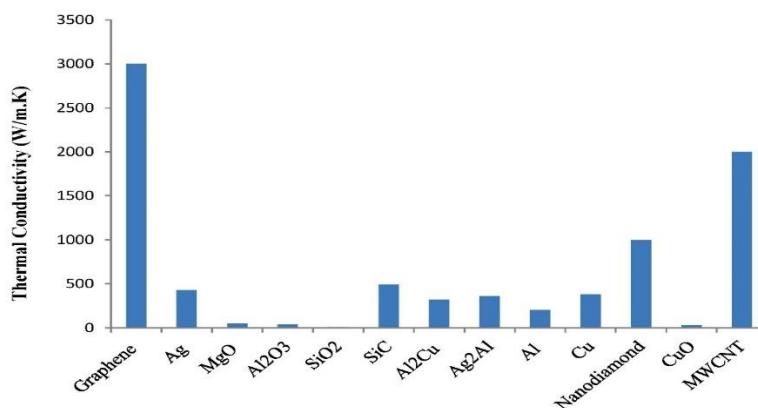


Fig. 1. The thermal conductivity of nanoparticles [3].

2. The thermal conductivity mechanism of graphene nanofluids

The thermal conductivity mechanism of graphene nanofluids is driven by the exceptional properties of graphene nanoparticles dispersed within the base fluid. Key aspects of this mechanism include graphene-graphene interaction, graphene-fluid interaction, enhanced conduction pathways, and lattice vibrations. Graphene nanoparticles interact with each other to form networks that facilitate thermal energy transfer throughout the fluid. Additionally, interactions between graphene and the base fluid molecules enhance the fluid's thermal conductivity. Furthermore, graphene's atomic structure enables efficient phonon transport, contributing to enhanced thermal conductivity. Overall, these mechanisms collectively contribute to the significant improvement in thermal conductivity observed in graphene nanofluids, making them promising for various heat transfer applications [4].

Among the generally accepted thermal conductivity mechanisms for nanofluids is Brownian motion [5]. Brownian motion, refers to the continuous random movement of particles within a liquid or gas medium. In the context of nanofluids, Brownian motion prevents nanoparticle settling under gravity and contributes to micro-scale convective heat transfer. This motion leads to micro-convection between individual nanoparticles, dissipating energy within the nanofluid [6]. Thermophoresis, on the other hand, is induced by temperature gradients, resulting in directed motion of nanoparticles within the fluid. Nanoparticles on the high-temperature side collide with those on the low-temperature side, leading to an increase in the thermal conductivity of the nanofluid [6]. In summary, these mechanisms collectively contribute to the complex behavior of nanofluids' thermal conductivity, impacting their suitability for various applications.

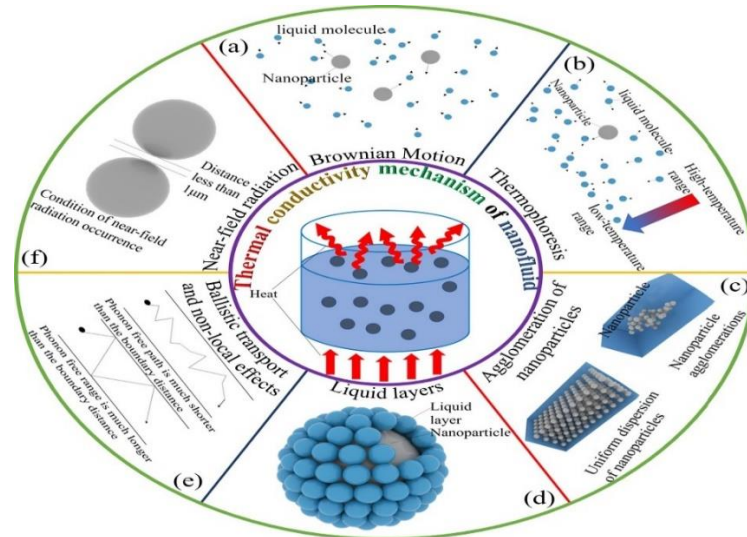


Fig.2. Thermal conductivity mechanism of nanofluids [7].

3. Factors influence the thermal conductivity of graphene nanofluids

Investigating the elements affecting the thermal conductivity of graphene nanofluids is critical for their practical use and optimization in various applications. Typically, thermal conductivity is assessed through methods like steady-state or non-steady-state techniques, such as the heat flow meter device or transient hot-wire method, respectively. These measurements help identify factors influencing graphene nanofluid conductivity, including temperature, nanoparticle characteristics, base fluid properties, concentration, pH, surface modifications, and ultrasonication [8] as shown in Figure 4. Understanding how different conditions impact thermal conductivity is essential for harnessing the full potential of graphene nanofluids in diverse applications.

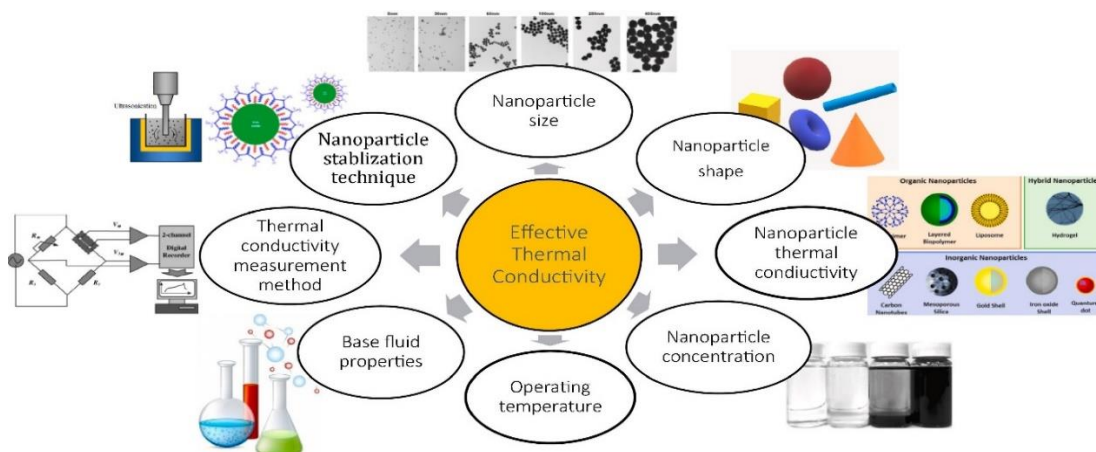


Fig.4. Factors influencing the thermal conductivity of nanofluids [9].

3.1. Graphene Concentration

The concentration of graphene nanoparticles in the nanofluid directly affects its thermal conductivity. Generally, higher concentrations lead to increased thermal conductivity due to more efficient heat transfer pathways. Askari et al. [10] investigated the thermal conductivity of MWCNTs and graphene nanofluids across varying temperatures (20–60 °C) and nanoparticle concentrations (0.05–0.5 wt%). As shown in Figure 5, both MWCNTs and graphene nanofluids demonstrated increased thermal conductivity compared to the base fluid across all concentrations and temperatures. This improvement can be attributed to the Brownian motion of nanoparticles, which facilitates additional energy transport mechanisms alongside fluid molecules, thereby enhancing energy transfer efficiency between fluid layers.

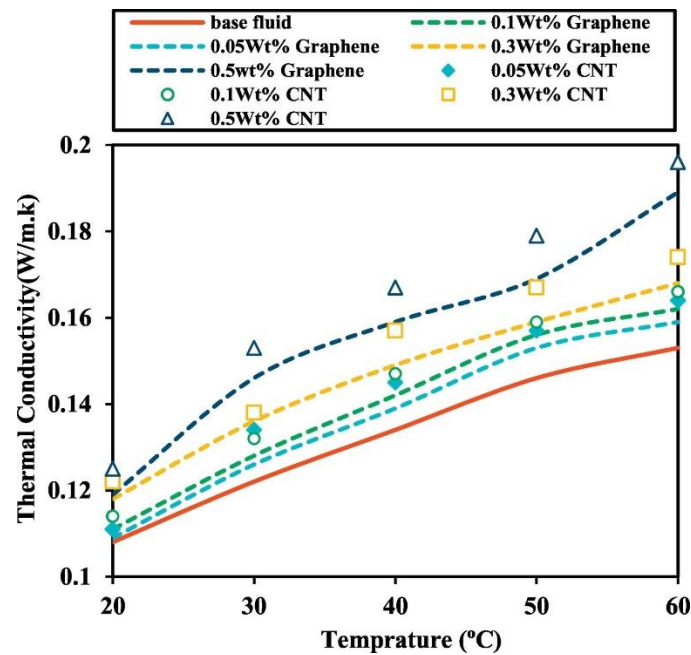


Fig.5. Thermal conductivity of MWCNTs and graphene nanofluids depending on the mass fraction and the temperature [10].

Wang et al.[11] conducted a study to investigate the behavior of graphene nanofluids across different base fluids and confirmed the presence of similar trends. Their findings, illustrated in Figure 6, revealed a rapid decrease in viscosity with increasing temperature, accompanied by a simultaneous increase in thermal conductivity. This phenomenon suggests that elevated temperatures effectively reduce particle adhesion, thereby lowering viscosity while enhancing thermal conductivity.

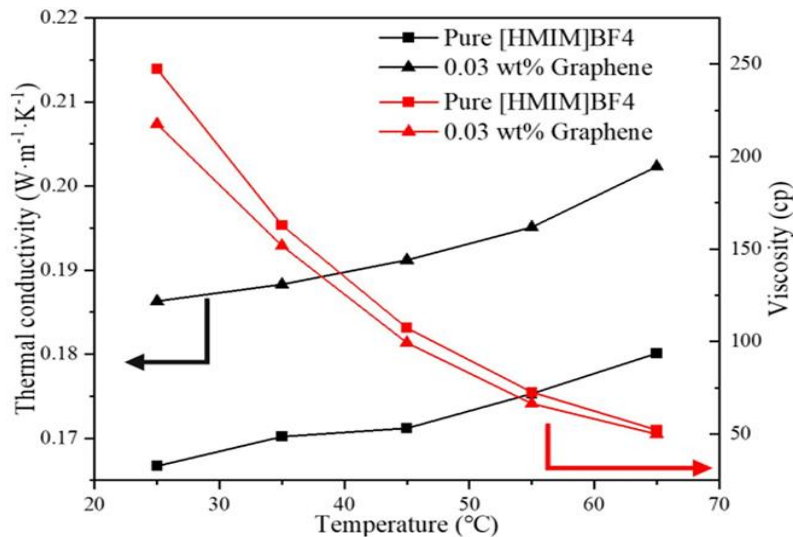


Fig.6. Ionic liquid-based graphene nanofluid change of thermal conductivity

3.2. Nanoparticle Size

The size of graphene nanoparticles plays a crucial role in determining thermal conductivity. Smaller nanoparticles typically exhibit higher thermal conductivity as they provide more surface area for heat transfer.

Mehrali et al. [12] synthesized graphene nanoplatelets with specific surface areas. These GNPs had a uniform particle diameter of 2 μm . Their study revealed a direct correlation between the specific surface area of GNPs and the thermal conductivity of the resulting nanofluids, as shown in Fig. 7 (a) and (b). Additionally, the rheological behavior of GNP nanofluids exhibited a transition between Newtonian and non-Newtonian characteristics. Notably, the viscosity of these nanofluids decreased linearly with increasing temperature.

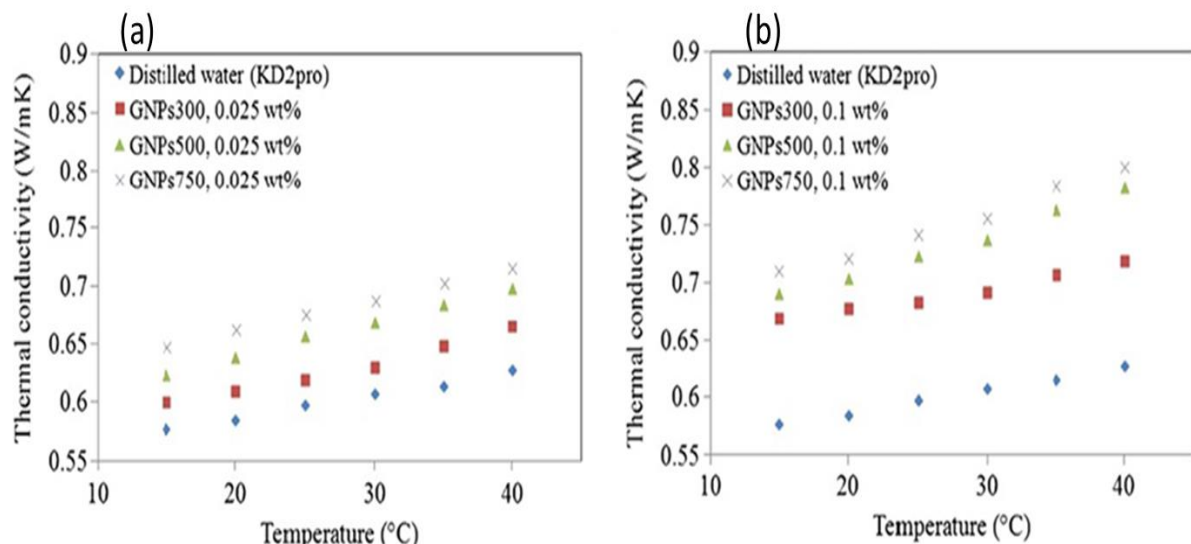


Fig.7. Effect of water-based GNP nanofluid on thermal conductivity and temperature on different specific surface areas [12].

3.3. Temperature

Thermal conductivity is temperature-dependent, and changes in temperature can affect the interactions between graphene nanoparticles and the base fluid, thus altering thermal conductivity. Temperature has been identified as a significant factor affecting the thermal conductivity of graphene nanofluids, as demonstrated by Baby et al.[13]. In their initial experiments, they observed a consistent increase in thermal conductivity with rising temperature for both water-based and ethylene glycol-based graphene nanofluids, as depicted in Figure 8 (a) and (b).

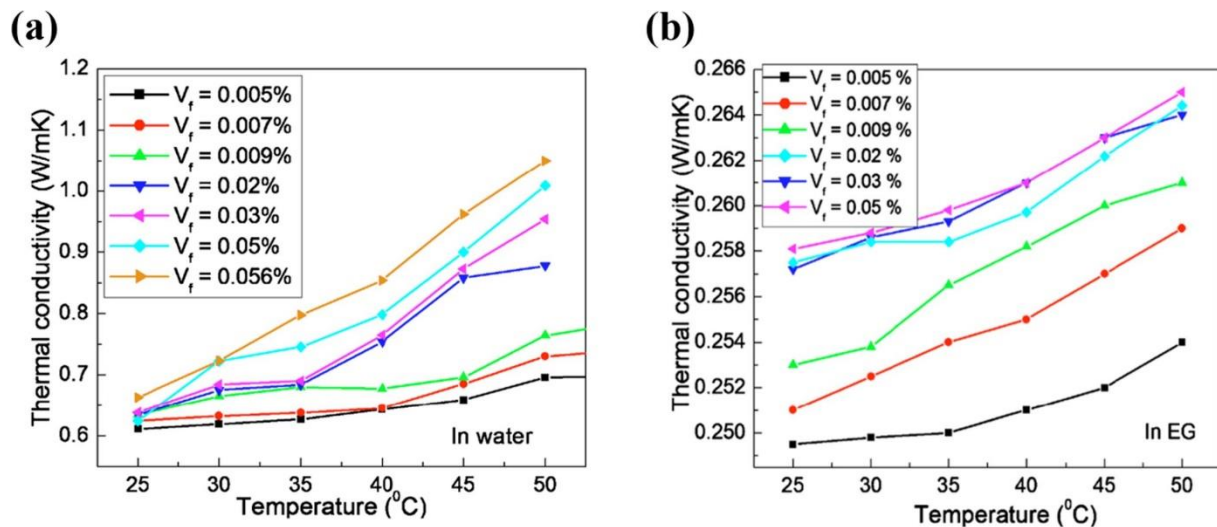


Fig.8. The relationship between thermal conductivity and temperature

4. Conclusions

The thermal conductivity of graphene nanofluids is subject to numerous factors including temperature, particle size and shape, base fluid, concentration, surface modification, and ultrasonication.

- ✓ High temperatures and the utilization of small-sized graphene nanoparticles contribute to the improvement of thermal conductivity and dispersion stability in graphene nanofluids. The influence of the base fluid on enhancing the thermal conductivity ratio is significant, although the precise mechanism remains undefined.
- ✓ Increased graphene concentration may lead to instability, higher viscosity, and stronger agglomeration forces, ultimately reducing thermal conductivity.
- ✓ Inorganic nanoparticles used in conjunction with graphene can prevent agglomeration, eliminating the need for surfactants and enhancing stability in base fluids.

References

- [1] Bahiraei, M. and Heshmatian, S. 2019. Graphene family nanofluids: A critical review and future research directions. **Energy Conversion and Management**. **196** (June), 1222–1256.
- [2] Han, N., Cuong, T.V., Han, M., Ryu, B.D., Chandramohan, S., Park, J.B., et al. 2013. Improved heat dissipation in gallium nitride light-emitting diodes with embedded graphene oxide pattern. **Nature Communications**. **4** 1–8.
- [3] Porgar, S., Oztop, H.F., and Salehfekr, S. 2023. A comprehensive review on thermal conductivity and viscosity of nanofluids and their application in heat exchangers. **Journal of Molecular Liquids**. **386** (June), 122213.
- [4] Pavia, M., Alajami, K., Estellé, P., Desforges, A., and Vigolo, B. 2021. A critical review on thermal conductivity enhancement of graphene-based nanofluids. **Advances in Colloid and Interface Science**. **294**.
- [5] Wang, J.J., Zheng, R.T., Gao, J.W., and Chen, G. 2012. Heat conduction mechanisms in nanofluids and suspensions. **Nano Today**. **7** (2), 124–136.
- [6] Das, S.K., Choi, S.U.S., and Patel, H.E. 2006. Heat transfer in nanofluids - A review. **Heat Transfer Engineering**. **27** (10), 3–19.
- [7] Lin, H., Jian, Q., Bai, X., Li, D., Huang, Z., Huang, W., et al. 2023. Recent advances in thermal conductivity and thermal applications of graphene and its derivatives nanofluids. **Applied Thermal Engineering**. **218** (March 2022), 119176.
- [8] Sandhya, M., Ramasamy, D., Sudhakar, K., Kadirgama, K., and Samykano, M. 2021. A systematic review on graphene-based nanofluids application in renewable energy systems : Preparation , characterization , and thermophysical properties. **Sustainable Energy Technologies and Assessments**. **44** (February), 101058.
- [9] Ambreen, T. and Kim, M.H. 2020. Influence of particle size on the effective thermal conductivity of nanofluids: A critical review. **Applied Energy**. **264** (March),.
- [10] Askari, S., Rashidi, A., and Koolivand, H. 2019. Experimental investigation on the thermal performance of ultra-stable kerosene-based MWCNTs and Graphene nano fl uids. **International Communications in Heat and Mass Transfer**. **108** (October), 104334.
- [11] Wang, F., Han, L., Zhang, Z., Fang, X., Shi, J., and Ma, W. 2012. Surfactant-free ionic liquid-based nanofluids with remarkable thermal conductivity enhancement at very low loading of graphene. 1–7.
- [12] Mehrali, M., Sadeghinezhad, E., Latibari, S.T., Kazi, S.N., Mehrali, M., Zubir, M.N.B.M., et al. 2014. Investigation of thermal conductivity and rheological properties of nanofluids containing graphene nanoplatelets. **Nanoscale Research Letters**. **9** (1), 1–12.
- [13] Baby, T.T. and Ramaprabhu, S. 2010. Investigation of thermal and electrical conductivity of graphene based nanofluids Investigation of thermal and electrical conductivity of graphene based nanofluids. **124308**.

COMPARATIVE INVESTIGATION OF THE VISCOSITY OF GRAPHENE AND ITS DERIVATIVES NANOFLUIDS

Dr. Fatma OFLAZ, Firat University, Automotive Engineering

ORCID NO: 0000-0002-9636-5746

Abstract

Graphene nanofluids are known to have many advantages over conventional fluids, such as high heat conduction, mechanical durability, chemical resistance and electrical conductivity. With these superior properties, graphene nanofluids create potential for many application areas, from cooling systems to thermal management of electronic devices. The viscosity of graphene and its derivatives nanofluids is of great importance for the potential applications of nanofluids. The viscosity of graphene nanofluids varies depending on the chemical composition, concentration, structural properties, temperature and solvent. As the concentration of nanoparticles in the nanofluid increases, the interactions between particles also increase, leading to an increase in viscosity. This phenomenon can result in higher pressure drops in flow channels and require more pump power, which may limit the efficiency and practicality of using nanofluids in certain applications. In the literature, numerous studies have been encountered regarding the enhancement of heat transfer and thermal conductivity by graphene nanofluids. However, due to the challenges in measurement and modeling, fewer studies have been observed on viscosity. In this study, the viscosity of graphene nanofluids and its derivatives has been comprehensively discussed, and models used for predicting nanofluid viscosity have been examined comparatively.

Keywords

Graphene nanofluids, dynamic viscosity, nanofluids, rheological properties

5. Introduction

The primary aim of researchers in heat transfer applications is to increase energy efficiency and optimize system performance. To achieve this, effective heat transfer is targeted, employing various methods and technologies. Enhancing the surface area where heat transfer occurs allows for more efficient heat transfer. Methods such as adding fins or creating artificial roughness on the heat transfer surface can be utilized for this purpose. However, these methods often increase system size, consequently raising costs. Fins added to the heat transfer surface enhance the contact of the fluid with the surface, thereby increasing heat transfer. This method is commonly used in air cooling systems and industrial equipment. Artificial roughness created on the surface promotes more irregular fluid flow, enhancing heat transfer, particularly in cases where the fluid flow is in a laminar regime. Microchannels facilitate passing the fluid through smaller channels, thereby increasing surface area and improving heat transfer [1]. This method is especially prevalent in microelectronic cooling systems and microreactors. However, each of these methods may be effective under specific conditions and may not be suitable for every application. Therefore, proper fluid selection and consideration of fluid properties are essential. Another method used to enhance heat transfer efficiency is by adding metal or non-metal particles to fluids to obtain fluids with increased thermal conductivity, thereby facilitating more efficient heat transfer.

Nanofluids, which consist of nanoparticles dispersed in liquids at low volume fractions and with good dispersion, offer significant promise for enhancing efficiency, saving energy, and reducing costs in thermal management systems. Graphene, an innovative material renowned for its exceptional optical, mechanical, chemical, and electrical conductivity properties, has been extensively studied over the past decade and finds widespread application across different fields as shown in Fig. 1[2].

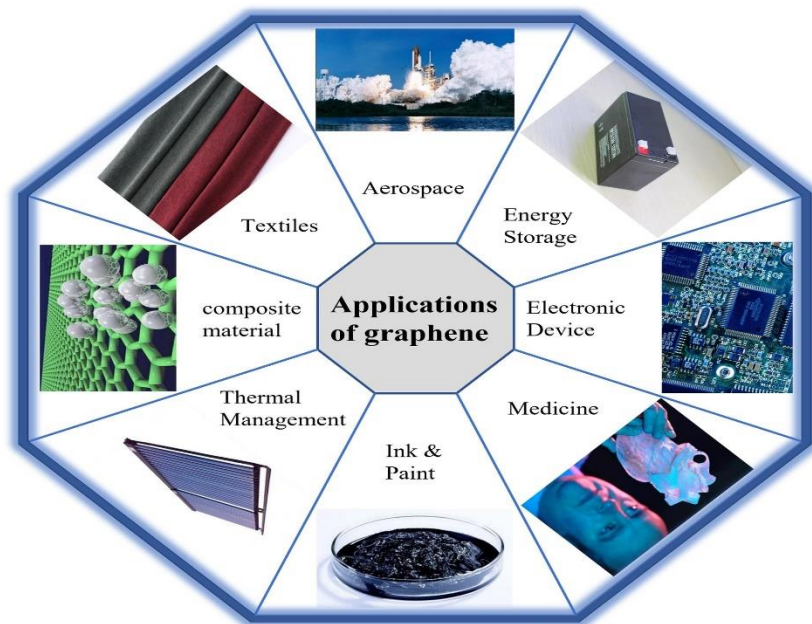


Fig.1. Application of graphene [2].

6. Graphene properties and types

Graphene nano-flakes consist of a single layer of carbon atoms, boasting remarkable characteristics. These exceptional attributes position graphene as a promising additive for enhancing the thermal and frictional performance of coolants and lubricants [3]. In recent years, the term "graphene" has come to encompass a broad range of materials derived from graphene oxide (GO) and reduced graphene oxide (rGO), owing to the challenges and costs associated [4]. Both GO (Graphene Oxide) and rGO (Reduced Graphene Oxide) find applications in various fields due to their low production cost and scalability. In Figure 2, the structural distinctions among key graphene derivatives are illustrated. The axes of the graph depict three important characteristics: the number of layers present in the material, the carbon-to-oxygen (C/O) ratio content, and the average lateral size of the graphene entities. Essentially, this visual representation allows for a clear understanding of how these derivatives vary in terms of their layering, chemical composition, and lateral dimensions. By examining these parameters, researchers can gain insights into the diversity of graphene-based materials and their potential applications.

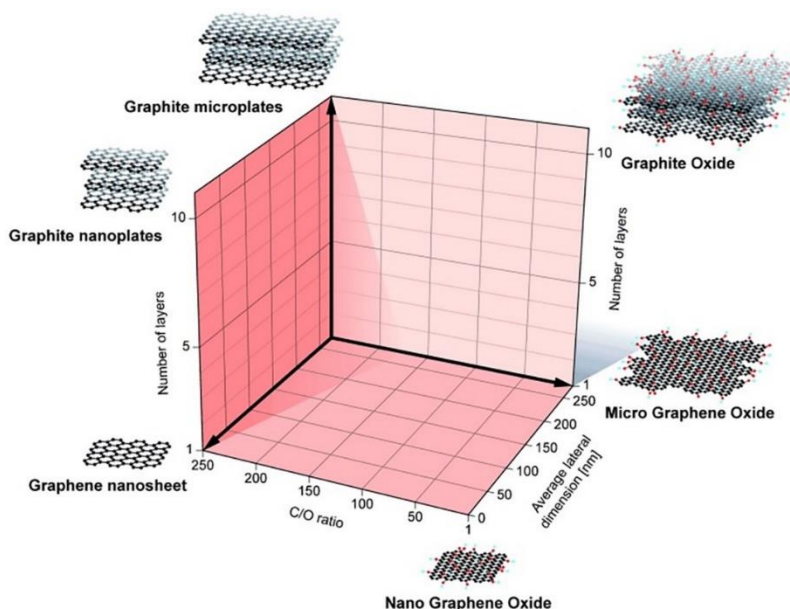


Fig. 2. Potential categorization of graphene derivatives based on layer count [5].

7. Viscosity of graphene

Most studies have focused on the thermal conductivity of nanofluids and their enhancement of heat transfer because the use of nanofluids can significantly increase heat transfer. However, the viscosity of nanofluids is also an important factor and should be considered for potential applications. As the nanoparticle concentration increases, the thermal conductivity of the fluid also increases [6]. However, at the same time, the viscosity of the nanofluid also increases. This increase in viscosity can lead to increased pressure drop and pump power in the fluid flow channel. Therefore, it is important to achieve "maximum thermal conductivity and minimum viscosity" values in applications. Assessing the usability of nanofluids can be achieved by simultaneously measuring thermal conductivity and viscosity.

As two-phase fluids, nano-fluids consist of materials in both solid and liquid phases. Consequently, important considerations must be taken into account when calculating viscosity. Viscosity models can be classified based on the type of fluid and methodology used in their development. Traditional models exist for two-phase fluids containing micro and larger solid particles. Additionally, specialized correlations have been developed for nano-fluids. Models are further categorized based on their methodology as theoretical or experimental. The viscosity of nano-fluids is expressed using the concept of "relative viscosity," which is the ratio of the nano-fluid viscosity to that of the base fluid. This concept illustrates how the viscosity of a nano-fluid changes relative to the base fluid. Classic models and theoretical correlations are employed to estimate this relative viscosity [7]. Table 2 provides information about some commonly used viscosity equations and their use cases.

Table 2. Some frequently used viscosity equations.

Author	Model	Explanation
Einstein [8]	$\mu_r = 1 + 2.5\varphi$	This expression is mostly used for low volume concentrations $\varphi \leq \%2$
Brinkman [9]	$\mu_r = (1 - \varphi)^{-2.5}$	This model, which is a development of the Einstein model, is used for higher volume concentrations.
Batchelor [10]	$\mu_r = 1 + 2.5\varphi + 6.5\varphi^2$	
Abedian and Kachanov [11]	$\mu_{nf} = \frac{\mu_{bf}}{1 + 2.5\varphi}$	Correct results are achieved at high concentrations. $\varphi \geq \%2$
Vajjha and Das [12]	$\frac{\mu_{nf}}{\mu_{bf}} = A_1 e^{(A_2 \varphi)}$	Equation containing constants created for Al_2O_3 , SiO_2 , CuO nanoparticles at different concentrations and particle sizes
Chandrasekar [13]	$\frac{\mu_{nf}}{\mu_{bf}} = 1 + 5300 \left(\frac{\varphi}{1 - \varphi} \right)^{2.8}$	Parallel to experimental results
Maiga [14]	$\frac{\mu_{nf}}{\mu_{bf}} = 306\varphi^2 - 0.19\varphi + 1$	For ethylene glycol and Al_2O_3 nanoparticles is the given viscosity equation.
Esfe [15]	$\frac{\mu_{nf}}{\mu_{bf}} = 1 + (0.1008 * \varphi^{0.69574} * d_p^{0.44708})$	In case of using Fe/water nanofluid, the effect of particle diameter on viscosity was examined.

8. Comparative evaluation of the viscosity capabilities of nanofluids based on graphene

The viscosity of graphene nanofluids is influenced by several key factors as shown in Fig. 3 . Firstly, the type of base fluid used for dispersion, whether it's water, oil, or ethylene glycol, significantly impacts the overall viscosity due to their inherent viscosity differences. Additionally, the concentration of graphene nanoparticles within the nanofluid plays a crucial role; as nanoparticle concentration increases, so does nanofluid viscosity. The morphology of graphene nanoparticles, including their shape and size, also affects viscosity by influencing their interaction with the base fluid. Moreover, the tendency of nanoparticles to cluster or agglomerate can hinder fluid flow, leading to increased viscosity. Viscosity can further vary with shear rate, particularly in non-Newtonian nanofluids, and temperature changes can alter both base fluid and nanoparticle viscosities, resulting in variations in overall nanofluid viscosity. These factors collectively contribute to the complex behavior of graphene nanofluids and their viscosity characteristics.

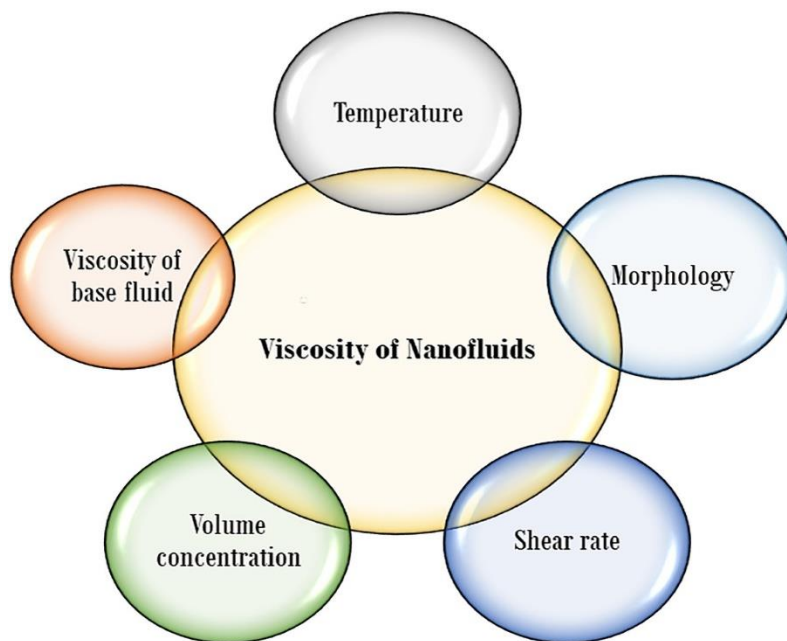


Fig. 3. Parameters affecting the viscosity of nanofluids [16].

Dhar et al. [17] conducted a study focusing on the viscosity of graphene nanosheets and compared their findings with those of carbon nanotubes and alumina nanoparticles (as shown in the Fig. 4). They conducted experimental and numerical investigations to explore the viscosity of graphene nanosheets at various concentrations (ranging from 0.01 to 0.5 vol%) and temperatures (ranging from 25 to 70 °C). The results indicated that the viscosity trend of graphene nanofluid closely resembled Einstein's formulation, suggesting a correlation between nanoparticle concentration, temperature, and viscosity.

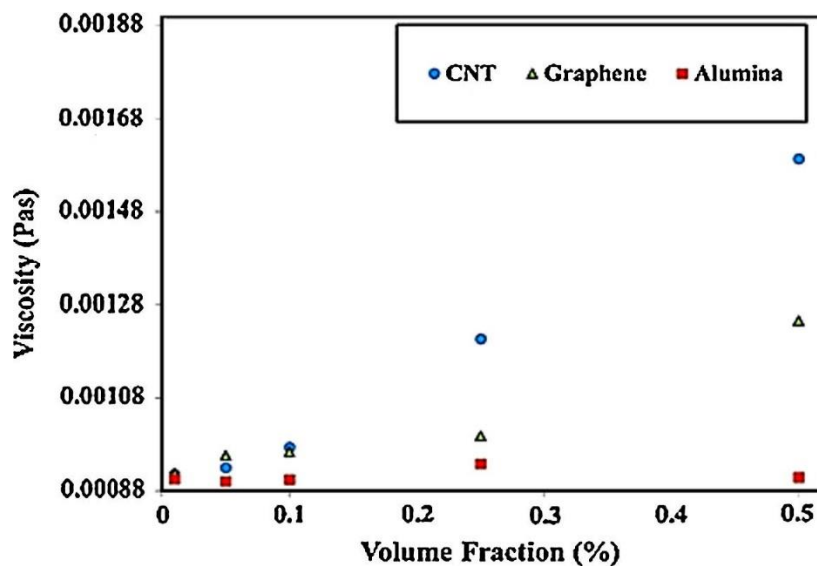


Fig. 4. Viscosity of various concentrations of nanoparticles [17].

Zubir et al. [18] investigated the viscosity of RGO and its hybrid forms, including RGO-CNF, RGO-CNT, and RGO-GNP, at a temperature of 30°C. They reported viscosities of 0.868, 0.893, 0.885, and 0.857 mPa s, respectively, for these materials. Additionally, in another study by Zubir et al. [19] thermal properties of RGO and its hybrids were further examined. It was found that the RGO colloidal system exhibited Newtonian behavior. A comparison of the viscosity of RGO with other nanoparticles was presented in Figure 5 of their work [19].

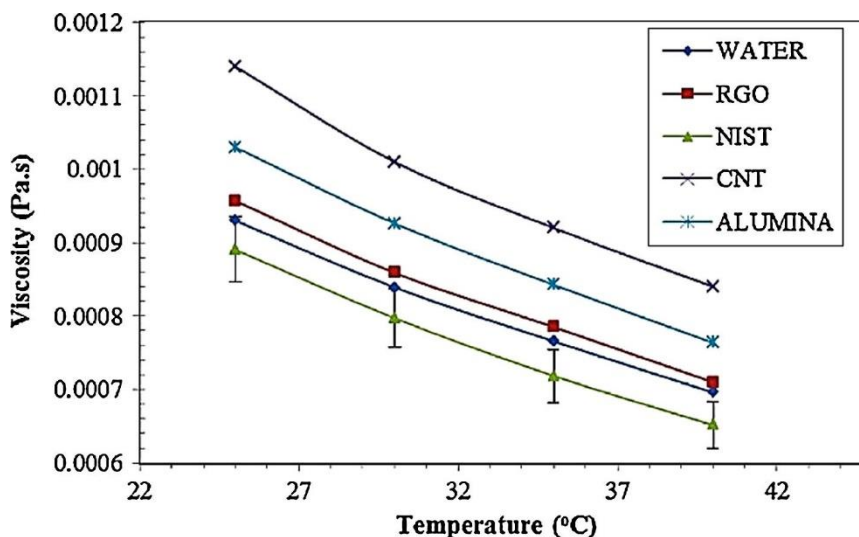


Fig. 5. Temperature and viscosity relationship for RGO [19].

In their study, Park and Kim [20] examined the viscosity of graphene nanofluids, specifically graphene M-5 and M-15, at room temperature (25°C) as shown in Fig.6 . They observed that

the rate of viscosity increase was greater for the graphene M-15 nanofluid compared to the graphene M-5 nanofluid. Additionally, they found that the viscosity of the graphene M-15 nanofluid increased by 15.65% at a nanoparticle concentration of 0.01 vol%.

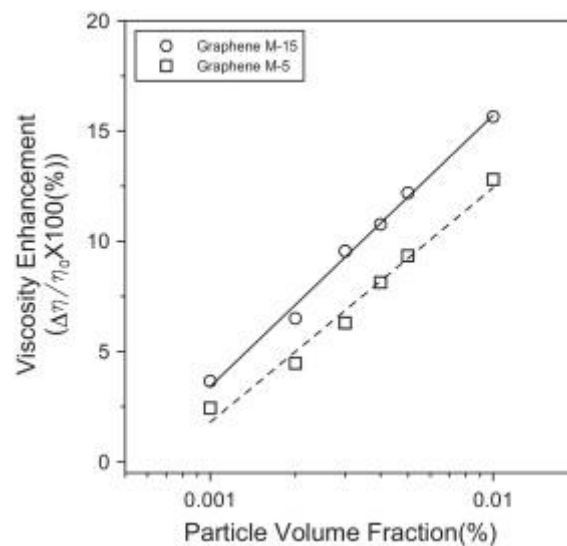


Fig. 6. Comparison of viscosities of graphenes [20].

Water is the predominant base fluid utilized in the formulation of graphene nanofluids, aligning with its widespread use in other nanoparticle suspensions. Relative viscosity data for aqueous nanofluids containing graphene are presented in two separate figures: Fig. 7 illustrates relative viscosity for pristine graphene derivatives, while Fig. 8 distinguishes between graphene oxide (GO), reduced graphene oxide (rGO), and functionalized graphene.

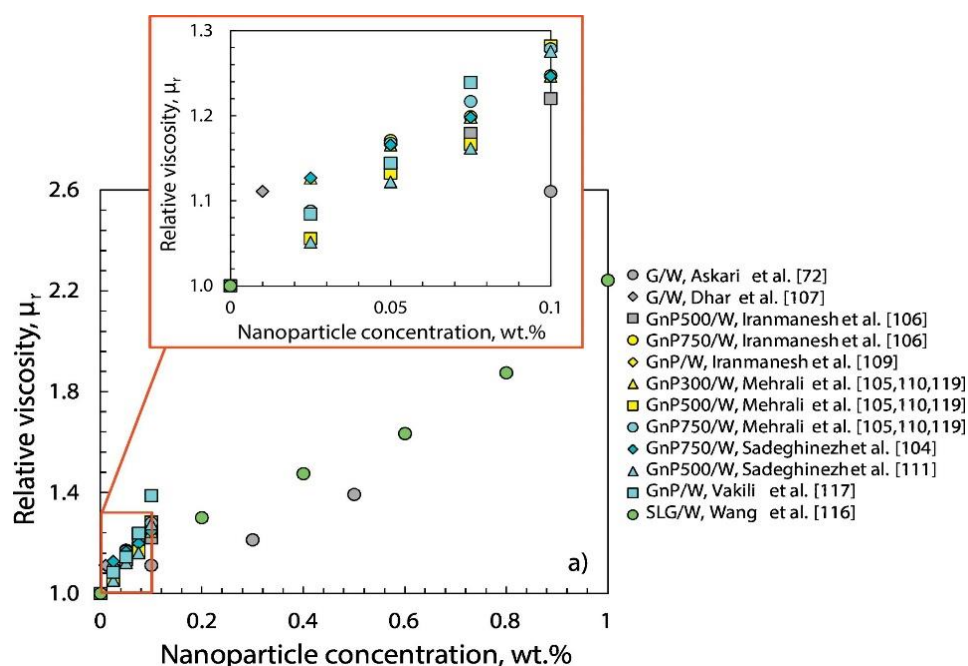


Fig. 7. Relative viscosity of graphene derivatives [21].

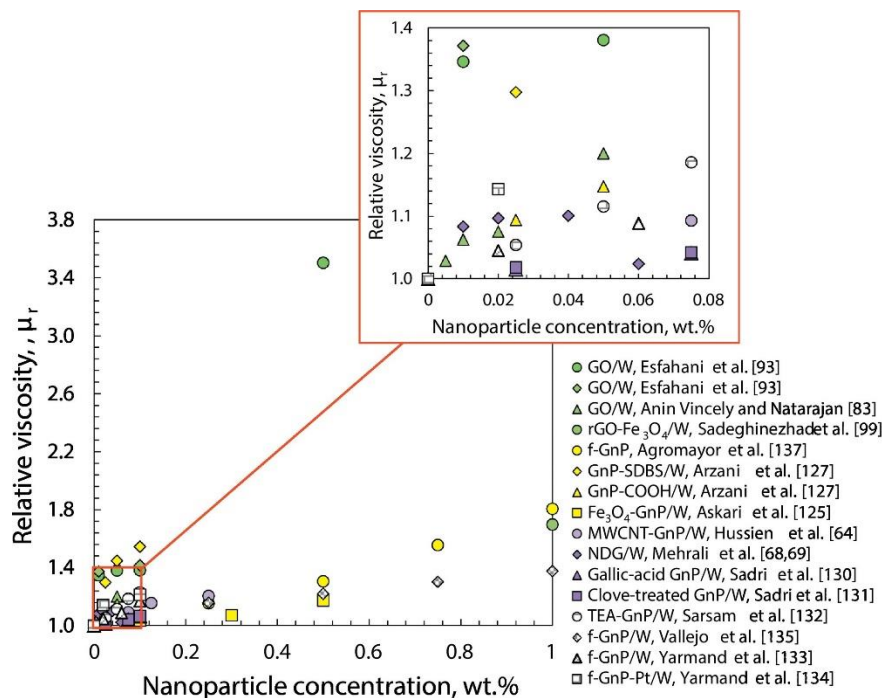


Fig. 8. Relative viscosity of graphene derivatives [21].

9. Conclusions

While incorporating graphene derivatives into various base fluids has shown promise in improving the thermal performance of various thermal media, it's crucial not to focus solely on thermal conductivity. A comprehensive investigation should include a range of thermo-physical properties. Therefore, there is a constant need for more comprehensive analyzes to understand the complex mechanisms of graphene nanofluids. Such understanding is essential before these dispersions can be confidently applied in real-world scenarios. Researchers have investigated various aspects, including the influence of nanoparticle concentration, size, shape, surface functionalization, temperature, and base fluid type on the viscosity of graphene nanofluids.

- Some studies have reported increases in viscosity with increasing nanoparticle concentration, while others have observed anomalous reductions or non-linear behavior.
- Additionally, the effect of temperature on viscosity has been examined, with viscosity generally decreasing with increasing temperature due to reduced fluid friction.
- Furthermore, comparisons between different types of graphene derivatives, such as graphene oxide (GO) and reduced graphene oxide (rGO), have been made to understand their impact on viscosity. Overall, these studies have contributed to a deeper understanding of the complex rheological behavior of graphene nanofluids and have paved the way for their application in various fields, including heat transfer enhancement, lubrication, and advanced materials.

References

- [1] Cengel, Y.A. and Cimbala, J.M. 2008. Fluid mechanics: fundamentals and applications. McGraw-Hill Companies Inc., .
- [2] Yang, L., Xu, J., Du, K., and Zhang, X. 2017. Recent developments on viscosity and thermal conductivity of nanofluids. **Powder Technology**. **317** 348–369.
- [3] Rasheed, A.K., Khalid, M., Rashmi, W., Gupta, T.C.S.M., and Chan, A. 2016. Graphene based nanofluids and nanolubricants - Review of recent developments. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**. **63** 346–362.
- [4] Pavía, M., Alajami, K., Estellé, P., Desforges, A., and Vigolo, B. 2021. A critical review on thermal conductivity enhancement of graphene-based nanofluids. **Advances in Colloid and Interface Science**. **294**.
- [5] Wick, P., Louw-Gaume, A.E., Kucki, M., Krug, H.F., Kostarelos, K., Fadeel, B., et al. 2014. Classification framework for graphene-based materials. **Angewandte Chemie - International Edition**. **53** (30), 7714–7718.
- [6] Apmann, K., Fulmer, R., Soto, A., and Vafaei, S. 2021. Thermal conductivity and viscosity: Review and optimization of effects of nanoparticles. **Materials**. **14** (5), 1–75.
- [7] Elçioğlu, E.B., Güvenç Yazıcıoğlu, A., and Kakaç, S. 2014. Nanoakışkan viskozitesinin karşılaştırmalı değerlendirmesi. **Isı Bilimi ve Tekniği Dergisi**. **34** (1), 137–151.
- [8] Einstein, A. 1906. Eine neue Bestimmung der Moleküldimensionen. **Annalen Der Physik**. **324** (2), 289–306.
- [9] H.C., B. 1952. The viscosity of concentrated suspensions and solutions. **J. Chem. Phys.** **20** 571.
- [10] G.K, B. n.d. The effect of Brownian motion on the bulk stress in a suspension of spherical particles. **J. Fluid Mech.,** **83** 97–117.
- [11] Abedian, B. and Kachanov, M. 2010. On the effective viscosity of suspensions. **International Journal of Engineering Science**. **48** (11), 962–965.
- [12] Vajjha, R.S. and Das, D.K. 2012. A review and analysis on influence of temperature and concentration of nanofluids on thermophysical properties, heat transfer and pumping power. **International Journal of Heat and Mass Transfer**. **55** (15–16), 4063–4078.
- [13] Chandrasekar, M., Suresh, S., and Chandra Bose, A. 2010. Experimental investigations and theoretical determination of thermal conductivity and viscosity of Al₂O₃/water nanofluid. **Experimental Thermal and Fluid Science**. **34** (2), 210–216.
- [14] Maïga, S.E.B., Nguyen, C.T., Galanis, N., and Roy, G. 2004. Heat transfer behaviours of nanofluids in a uniformly heated tube. **Superlattices and Microstructures**. **35** (3–6), 543–557.
- [15] Hemmat Esfe, M., Abbasian Arani, A.A., Rezaie, M., Yan, W.M., and Karimipour, A. 2015. Experimental determination of thermal conductivity and dynamic viscosity of Ag-MgO/water hybrid nanofluid. **International Communications in Heat and Mass Transfer**. **66** (July), 189–195.

- [16] Arshad, A., Jabbal, M., Yan, Y., and Reay, D. 2019. A review on graphene based nanofluids: Preparation, characterization and applications. Elsevier B.V., .
- [17] Dhar, P., Ansari, M.H.D., Gupta, S. Sen, Siva, V.M., Pradeep, T., Pattamatta, A., et al. 2013. Percolation network dynamicity and sheet dynamics governed viscous behavior of polydispersed graphene nanosheet suspensions. **Journal of Nanoparticle Research**. 15 (12),.
- [18] Zubir, M.N.M., Badarudin, A., Kazi, S.N., Huang, N.M., Misran, M., Sadeghinezhad, E., et al. 2015. Experimental investigation on the use of reduced graphene oxide and its hybrid complexes in improving closed conduit turbulent forced convective heat transfer. **Experimental Thermal and Fluid Science**. 66 290–303.
- [19] Mohd Zubir, M.N., Badarudin, A., Kazi, S.N., Huang, N.M., Misran, M., Sadeghinezhad, E., et al. 2015. Highly dispersed reduced graphene oxide and its hybrid complexes as effective additives for improving thermophysical property of heat transfer fluid. **International Journal of Heat and Mass Transfer**. 87 284–294.
- [20] Ambreen, T. and Kim, M.H. 2020. Influence of particle size on the effective thermal conductivity of nanofluids: A critical review. **Applied Energy**. 264 (March),.
- [21] Hamze, S., Cabaleiro, D., and Estellé, P. 2021. Graphene-based nanofluids: A comprehensive review about rheological behavior and dynamic viscosity. **Journal of Molecular Liquids**. 325.

**TÜBERKÜLOZ SEREBROVASKÜLER HASTALIK VE HİPERTANSİYONU OLAN
HASTANIN KOLCABA KONFOR KURAMINA GÖRE HEMŞİRELİK BAKIMI:
OLGU SUNUMU**

**NURSING CARE OF A PATIENT WITH TUBERCULOUS SEREVASCULAR
DISEASE AND HYPERTENSION ACCORDING TO KOLCABA COMFORT
THEORY: A CASE REPORT**

Seda YAĞMUR¹

Cumhuriyet Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Fakültesi, Hemşirelik Esasları Anabilim Dalı
CumhuriyetUniversity, Faculty of HealthSciences, Department of Nursing Fundamentals

ORCID: 0009-0008-6360-0712

Şerife KARAGÖZOĞLU²

Prof. Dr. Cumhuriyet Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Fakültesi, Hemşirelik Esasları Anabilim
Dalı

*Prof. Dr., CumhuriyetUniversity, Faculty of HealthSciences, Department of Nursing
Fundamentals*

ORCID:0000-0002-9558-0786

Fatma TOK YILDIZ³

Dr. Öğr. Üyesi, Cumhuriyet Üniversitesi, Sağlık Hizmetleri Meslek Yüksekokulu
Dr. Lecturer, CumhuriyetUniversity, Vocational School of Health Services

ORCID: 0000-0001-7543-2076

ÖZET

GİRİŞ:

Tüberküloz, Mycobacterium tuberculosis bakterisinden kaynaklanır ve genellikle akciğerleri etkiler. DSÖ'ye göre, tüberküloz dünya genelinde önemli bir sağlık problemi ve ölüm nedenidir. Tüberküloz enfekte kişilerin öksürmesi, hapsi, tükürüğündeki bakterilerin havaya yayılması ile bulaşır. Enfekte olmak için sadece birkaç TB basili solumak yeterlidir. Serebrovasküler hastalık, hemorajik ve iskemik inme olarak sınıflandırılır. İskemik inme, serebral arterlerde tıkanıklık veya daralma sonucu oluşurken, hemorajik inme, arter yırtılması nedeniyle meydana gelir. Her iki durum da ciddi sonuçlara yol açabilir ve doğru tedavi gerektirir. Hipertansiyon, kan basıncının yüksek olmasıdır ve inme riskini artırır. Kan

basıncının düzenlenmesi önemlidir ve erken tanı, etkili tedavinin anahtarıdır. Bu bağlamda kronik hastalıklarla mücadele önemli olup, bütüncül bir yaklaşımla bireylerin yaşam konforunu artırmaya temellenir.

Hemşirelikte önemli bir yere sahip olan konfor kavramı, farklı teorisyenler tarafından incelenmiş ve Katharine Kolcaba tarafından 1990'da bir hemşirelik kuramı olarak tanımlanmıştır. Kolcaba, konforu bireyin ihtiyaçlarını karşılama, huzur sağlama ve sorunlarla başa çıkma sürecinde karmaşık bir sonuç olarak açıklamış ve Genel Konfor Ölçeği'ni geliştirmiştir. Bu kuram, üç düzey ve dört boyuttan oluşmaktadır. Hemşirelik bakımında bu kuramın uygulanması, bireyin ihtiyaçlarına odaklanarak veri toplanması ve karşılanamayan gereksinimlere yönelik hemşirelik girişimlerinin planlanması ve uygulanmasıyla bütüncül bir bakım sağlamayı amaçlar. Bu çalışmada, tüberküloz, serebrovasküler hastalık ve hipertansiyonu olan yaşlı bir erkek hastanın sorunları ile mücadelede hemşirelik bakım planı Konfor Kuramına temellendirilmiş ve hastanın yaşam kalitesini artırmak amaçlanmıştır.

OLGU SUNUMU: 80 yaşındaki A.D., nefes almada zorlanma ve öksürük şikayetleriyle hastaneye başvurmuş ve Tüberküloz tanısı konularak göğüs hastalıkları servisine yatırılmıştır. Güçsüzlük, denge kaybı, baş dönmesi, bulantı ve kusma belirtileri nedeniyle anestezi ve reanimasyon servisine devri yapılan hastada sol serebellar hemisferde iskemi saptanmış ve serebrovasküler hastalık tanısı konulmuştur. Yapılan muayene sonuçlarında Hipertansiyon regülasyonu için kardiyoloji servisine devri yapılan hasta kardiyoloji servisinde yatmaktadır. Toplanan veriler Kolcaba Konfor Kuramına göre değerlendirilmiş ve hemşirelik problemleri saptanarak Kuram doğrultusunda bakım planı ve hemşirelik girişimleri uygulanmıştır.

SONUÇ: Kolcaba'nın Konfor Kuramı doğrultusunda uygulanan hemşirelik bakımı hastanın gereksinimlerinin karşılanmasında etkili bulunmuş, bu doğrultuda bütüncül bakım verebilmek için Kolcaba'nın Konfor Kuramına dayalı hemşirelik bakım uygulamalarının arttırılması önerilmiştir.

ANAHTAR KELİMELELER: Tüberküloz, Serebrovasküler Hastalık, Kolcaba Konfor Kuramı, Hemşirelik, Hemşirelik Bakımı

ABSTRACT

INTRODUCTION: Tuberculosis, It is caused by the bacterium Mycobacterium tuberculosis and usually affects the lungs. According to the WHO, Tuberculosis is a major health problem and cause of death worldwide. Tuberculosis is transmitted when infected people cough, sneeze or spit bacteria into the air. You only need to inhale a few TB bacilli to become infected. Cerebrovascular disease is classified into haemorrhagic and ischaemic stroke. Ischaemic stroke occurs as a result of occlusion or narrowing of the cerebral arteries, while haemorrhagic stroke occurs due to rupture of the artery. Both conditions can lead to serious consequences and require correct treatment. Hypertension is high blood pressure and increases the risk of stroke. Blood pressure regulation is important and early diagnosis is the key to effective treatment. In this context, the fight against chronic diseases is important and is based on increasing the comfort of life of individuals with a holistic approach.

The concept of comfort, which has an important place in nursing, has been examined by different theorists and was defined as a nursing theory by Katharine Kolcaba in 1990. Kolcaba, explained comfort as a complex result in the process of meeting an individual's needs, providing peace of mind and coping with problems, and developed the General Comfort Scale. This is the theory, it consists of three levels and four dimensions. Application of this theory in nursing care, it aims to provide holistic care by focusing on the needs of the individual, collecting data and planning and implementing nursing interventions for unmet needs. In this study, tuberculosis, cerebrovascular disease and with hypertension in the struggle with the problems of an elderly male patient, the nursing care plan was based on the Comfort Theory and it was aimed to improve the patient's quality of life.

CASE REPORT: A 80-year-old male patient, A.D., difficulty breathing and he was admitted to hospital with complaints of coughing and Tuberculosis was diagnosed and she was hospitalised in the chest diseases ward. Powerlessness, loss of balance, vertigo, transferred to anaesthesia and reanimation service due to nausea and vomiting symptoms, ischemia was detected in the left cerebellar hemisphere and a diagnosis of cerebrovascular disease was made. The results of the examination, the patient who was transferred to the cardiology service for regulation of hypertension is hospitalised in the cardiology service. The collected data were evaluated according to Kolcaba Comfort Theory and nursing problems were determined and care plan and nursing interventions were applied in accordance with the theory.

RESULT: Nursing care applied in line with Kolcaba's Comfort Theory was found to be effective in meeting the needs of the patient, in this direction, it was recommended to increase nursing care practices based on Kolcaba's Comfort Theory in order to provide holistic care.

KEYWORDS: Tuberculosis, Cerebrovascular Disease, Kolcaba Comfort Theory, Nursing, Nursing Care

GİRİŞ

Tüberküloz (TB), Mycobacterium tuberculosis bakterisinden kaynaklanır ve çoğunlukla akciğerleri tutar (1). Bulaşıcı bir bakteriyel enfeksiyon olan TB dünya çapında önde gelen ölüm nedenlerinden biri olup, enfekte kişilerin öksürmesi, hapsırması veya tükürüğünde bulunan etken bakterinin havaya yayılması ile bulaşır. Bir kişinin enfekte olması için sadece birkaç TB basili soluması yeterlidir (2,3,4). DSÖ verilerine göre 2022’de 1,3 milyon kişinin tüberkülozdan öldüğü ve COVID-19’dan sonra ikinci önde gelen bulaşıcı öldürücü hastalık olduğu, dünya nüfusunun yaklaşık ¼’ünün TB bakterisi ile enfekte olduğu tahmin edilmekte olup, enfekte kişilerin tüberküloza yakalanma riski yaklaşık %5-10’dur (3). TB hastalarının %75’inde akciğer tutulumu olmakla birlikte, genel olarak herhangi bir organın tutulumu da söz konusu olabilmektedir. Damlacık yolu ile bulaşan akciğer tüberkülozunun tipik semptomları arasında ateş, gece terlemesi, anormal yorgunluk, balgamlı öksürük ve hemoptizi yer almaktadır. TB standart tedavisi; İzoniyaizid (INH), Rifampisin (RMP), Etambutol (EMB) ve Pirazinamid

(PZA) ile 2 aylık dörtlü tedaviyi ve ardından doğrudan RMP ve INH'nin 4 ay ikili uygulanmasını içerir (5).

Serebrovasküler hastalık hemorajik ve iskemik inme olarak sınıflandırılmakta olup, iskemik inme serebral arter tıkanıklığı veya arterde meydana gelen daralma ile oluşmaktadır. İskemik inmenin, hemorajik inmeye göre görülme sıklığı daha fazla olmasına rağmen, hemorajik inmede hastaların prognozları daha kötü ve ağır seyreder. DSÖ'ye göre dünyada her yıl 15 milyon kişi felç geçirmekte, bunlardan 5 milyonu daimi olarak sakat kalmakta ve 5 milyonu da ölüm ile sonuçlanmaktadır (6,7). SVH'da en çok görülen belirti ve bulgular; diplopi, bulanık görme, pupil değişikliği, dizatri, disfaji, sersemlik, dengesizlik, kollarda ve bacaklarda güçsüzlük ve his kaybı, solunum sıkıntısı, nöbet, baş dönmesi, baş ağrısı, unutkanlık, uyuşukluk, sarhoş gibi yürüme, kendini iyi hissetmeme olarak sıralanabilir. Çok boyutlu sorunlara yol açan SVH'da hemşirenin bütüncül bakım anlayışı ile bakım verebilmesi için hemşirelik bakımında kendine rehberlik edecek sistematik yaklaşımlara ihtiyaç vardır. Kompleks hemşirelik uygulamaları gerektiren SVH gibi durumlarda hasta bakımında uygun olan girişimlerin planlanması konusunda kuramlar/modeller hemşirelere rehberlik ederler. Yaşam biçimi alışkanlıkları düzenlenerek sağlıklı yaşam biçimi alışkanlıkları kazandırılarak, uygun tedavi ve iyi bir hemşirelik bakımı ile SVH'da değiştirilebilir risk faktörleri kontrol altına alınabilir ve sekonder problemler azaltılarak hastalık sonrası gelişebilecek komplikasyonlar önlenabilir (8,9,10).

Hipertansiyonu olan hastalarda kan basıncının 130/80 mmHg altında tutulması için yaşam tarzı değişikliğine ve tıbbi tedaviye gereksinim vardır. Çünkü hipertansiyon hem iskemik hem de hemorajik inme için majör risk faktörü oluşturmakta olup, düzenli kan basıncı taraması yapılarak hipertansiyonu erken tanımlamak tedavi ve bakımını sürdürmek kritik öneme sahiptir (11).

Kronik hastalıklarda yaşanan uzun süreli problemler, hastalık ve tedaviye bağlı gelişen komplikasyonlar bütüncül ve sistematik bir hemşirelik bakımını gerektirir ve bakım sürecinde bireyin konfor gereksinimi ön plana çıkarır. Hemşirelik ile ilgili tarihsel ve güncel öneme sahip olan konfor kavramı Orlando, Paterson, Roy, Watson ve diğer kuramcılar tarafından hemşirelik kuramlarında birçok şekilde kullanılmış ve ilk kez bir hemşirelik kuramı olarak 1990 yılında Katharine Kolcaba tarafından Konfor kuramı geliştirilmiştir. Kolcaba konforu "bireyin gereksinimleri ile ilgili yardım, huzur sağlama ve sorunların üstesinden gelebilmeye ilişkin fiziksel, psiko-spiritüel, sosyal ve çevresel bütünlük içerisinde karmaşık yapıya sahip beklenen bir sonuç" olarak tanımlamış ve rahatlık kavramını bireyde beklenen konforu geniş bir çerçeve ve bütüncül bir bakış açısı ile analiz ederek 1992 yılında GKÖ (Genel Konfor Ölçeği)'ni geliştirmiştir (12,13,14).

Kolcaba, yaptığı çalışmalarda hasta konforu için kavramsal bir yol haritası oluşturan Konfor Kuramını üç düzey (ferahlama, rahatlama ve üstünlük) ve dört boyuttan (fiziksel, sosyo-kültürel, psikospiritüel ve çevresel) oluşan taksonomik bir yapıya dayandırmıştır (Çizelge 1) (12).

Çizelge 1. Kolcaba Konfor Kuramının Taksonomik Yapısı

KONFOR KURAMI DÜZEYLERİ/BOYUTLARI	FERAHLAMA DÜZEYİ	RAHATLAMA DÜZEYİ	ÜSTÜNLÜK DÜZEYİ
FİZİKSEL BOYUT			
PSİKOSPRİTÜEL BOYUTU			
ÇEVRESEL BOYUT			
SOSYO-KÜLTÜREL BOYUT			

Ferahlama, konforu bozan durumdan kurtulma hissi olup, gereksinimlerin karşılanmaya başlanması ile birlikte bireyin duyduğu sıkıntıdan kurtulma durumu olarak tanımlanmaktadır. Rahatlama: konforlu olma durumu olup, sakinlik, hoşnutluk ya da huzur içinde olma durumu, bireyin rahatlama, memnun olduğunu belirtmesi durumudur. Üstünlük: yenilenme hissi olup, kişisel gelişim, bireyin sorumluluklarının üstesinden gelmesine yönelik güçlerini arttırması, konfora yönelik gereksinimleri karşılanan bireyin konfor üstünlük derecesi, sorunlarının üstesinden gelebilme durumudur (12).

Fiziksel konfor, bedensel algılarla ilgili olan bireyin fiziksel durumu, dinlenme ve gevşeme, hastalığa karşı yanıtlar, beslenme, homeodinamizm, bağırsak işlevlerinin sürdürülebilirliği gibi fizyolojik faktörleri ve bireyin hastalığa karşı yanıtlarını, metabolik reaksiyonlarını içeren sağlık göstergesidir. Psikospiritüel konfor; bireyin yaşamına anlam veren, kendine saygısı, kavramsal düşünmesi, yaşamının anlamı, cinsellik, kendinin farkında olma ve daha yüksek bir varlığa inanmasını içeren akılsal, tinsel ve manevi bileşenlerden oluşmaktadır. Çevresel konforda, dış etkenler, durumlar ve bunların birey üzerindeki etkilerini içeren, kişinin çevresi ile olan etkileşimini, iyileşme durumunu, sağlığı teşvik edici ortamları ve sağlığı geliştirmesindeki rolünü kapsayan aydınlatma, gürültü, ortam ısı, güvenilir çevre gibi insanın dış ortamı ile ilgili kavramlar yer almaktadır. Sosyo-Kültürel Konfor, kişilerarası ilişki, aile ve diğer sosyal kurumlarla etkileşimleri, bilgi ve danışmanlık verme, birey-ailenin gelenekleri ve alışkanlıklarına duyarlı bakım verme, finansal destek sistemlerinden yararlanma, dini inançlar, dil, giyinme biçimi gibi sosyo-kültürel bakımı oluşturan konuları kapsar (12,15).

Konfor kuramının taksonomik yapısı incelendiğinde, her bir bileşenin birbiri ile ilişkili olduğu görülmekte olup, hemşirelik süreci doğrultusunda sürdürülecek bakımda bireyin gereksinimlerine ilişkin veri toplanması, karşılanamayan gereksinimlere yönelik konforu artırıcı hemşirelik girişimleri planlanarak uygulanması ile bireye bütüncül bakım vermek hedeflenir (12,15). Bu çalışmada 80 yaşında Tüberküloz tedavisi alan, Serebrovasküler Hastalık ve Hipertansiyon Regülasyonu tanısı ile hastanede yatan erkek hastanın yaşadığı sorunlara ilişkin Konfor Kuramına dayalı olarak yürütülen hemşirelik bakımı ele alınmış olup, hastanın problemlerinin çözülmesi ve konforunun yeniden sağlanarak yaşam kalitesinin arttırılması hedeflenmiştir.

OLGU

80 yaşında erkek hasta A.D., evli, emekli devlet memuru ve lise mezunudur. Nefes almada zorlanma ve öksürük tanısı ile Cumhuriyet Üniversitesi Göğüs hastalıkları polikliniğine

başvurmuş ve tüberküloz tanısı konulan hastanın üç ay önce göğüs hastalıkları servisine yatırışı yapılmıştır. Bir ay önce göğüs hastalıkları servisinde yatırışı devam ederken hastada güçsüzlük, denge kaybı, baş dönmesi, bulantı, fişkırtı tarzda kusma ve anlamsız konuşma belirtileri yaşanmış ve bunun üzerine hastanın anestezi ve reanimasyon servisine yatırışı yapılmıştır. Hastanın çekilen difüzyon manyetik rezonans (MR)'ında sol serebellar hemisferde iskemi tespit edilmiş ve hastaya serebrovasküler hastalık (SVO) tanısı konulmuştur. Anestezi ve reanimasyon yoğun bakımda yatan hastanın hipertansiyon ile seyreden yaşam bulgularının bir saat sonra hipotansiyon ile seyretmesi ve gün içinde kan basıncındaki regülasyonlar nedeni ile kardiyoloji uzman hekimine danışılması sonucunda 07.12.2023 tarihinde hasta kardiyoloji servisine devredilmiştir. A.D'nin kardiyoloji servisinde yatırışı halen devam etmektedir. Hastanın ilk değerlendirmesinde bilinci açık, oryante ve koopere, anlama ve konuşma tam, duyu muayenesi alt ekstremitelerde güç kaybı, yürümede dizlerde bükülme ve desteksiz yürüyemem tespit edilmiştir. A.D'nin kilosu 45 kg, boyu 155 cm ve beden kitle indeksi (BKİ) 18,73 kg/m² (normal) dir.

A.D'nin özgeçmişi değerlendirildiğinde; 20 yıldır hipertansiyon (HT), 15 yıldır kronik obstrüktif akciğer hastalığı (KOA), 12 yıldır benign prostat hipertrofisi ve 5 yıldır prostat CA öyküsü olup, üç ay önce de tüberküloz tanısı aldığı, 2010 ve 2022 yıllarında prostat ameliyatı, 2012 ve 2021 yıllarında sol inguinal herni nedeni ile operasyon geçirdiği öğrenilmiştir. Daha önce sigara ve zararlı madde kullanmadığı ve herhangi bir allerjisi olmadığı belirlenmiştir. Hastanın aile geçmişinde; annesinde HT olduğu ve babasının ise Akciğer CA ile vefat ettiği saptanmıştır.

KULLANDIĞI İLAÇLAR:

- Levosol® 30 mg/5 ml 150 ml şurup 2x1, Deltacortil® tablet 5 mg 1x1, Zaldiar® 37.5/325 mg tablet 1x1, Furacin® Soluble Dressing 56 g pomad 1x2, Durogesic® transdermal flaster 25 mcg/saat 1x1, Polifleks® %0.9 izotonik 100 ml 4x1, Polifleks® %0.9 izotonik 500 ml 1x3, Pirazinamid® 500 mg 1x3 tablet, Equiset® 1 g iv 2x1, Karum® 75 mg tablet 1x1, Vasoxen® 5 mg tablet 1x2, Resource® Energy 200 ml şişe 3x1, Pulcet® 40 mg tablet 1x1, İzoniazid 1x300 mg tablet, Rifampisin 1x600 mg tablet, Etambutol 1x1000 mg, Eligard® 22.5 mg s.c 1x1 (3 ayda 1 kere)

YAŞAM BULGULARI: Vücut Sıcaklığı: 36.1 °C, Nabız: 76/dk, Solunum: 21/dk, Kan Basıncı: 128/72 mmHg, SpO₂: %97

HASTANIN LABORATUVAR BULGULARI:

A.D'nin laboratuvar bulguları Çizelge 2'de sunulmuştur.

Çizelge 2. Hastaya Ait Laboratuvar Bulguları

TETKİK ADI	SONUÇ	BİRİM	REFERANS ARALIĞI
WBC	10.5	10 ³ /µL	3.2-10.6
NEU	6.9	10 ⁹ /L	1.3-7.0
BASO	0.05	10 ³ /µL	0-0.3

RBC	5.64	$10^6/\mu\text{L}$	4.7-6.1
HGB	16.3	g/dL	13.5-17.5
HCT	40.7	%	38.5-50.0
MCV	89.0	fL	78-94
MCH	28.9	pg	27-33
PLT	480	$10^3/\mu\text{L}$	150-450
GLUKOZ	124	mg/dL	70-99
BUN(Kan Üre Azotu)	25.7	mg/dL	7-25
ÜRE	65.2	mg/dL	17-43
KREATİN	0.98	mg/dL	0.67-1.17
AST	12	U/L	0-50
ALT	7	U/L	0-50
ALP	104	U/L	30/120
TBIL	0.80	mg/dL	0.3-1.2
DBIL	0.22	mg/dL	0-0.2
P	3.8	mg/dL	2.5-4.5
Ca	9.3	mg/dL	8.6-10.2
Na	137	mmol/L	136-145
K	4.8	mmol/L	3.5-5.1
Cl	101	mmol/L	101-109
CK	35	U/L	0-171
AMİLAZ	23	U/L	28-110
CRP	58	mg/dL	0-10
PT-s	14.3	sn	12-17
PT-INR	1.08		0.8-1.3
APTT	29.2	sn	25-36
pH	7.433		7.35-7.45
pCO ₂	40	mm/Hg	35-48
pO ₂	77.8	mm/Hg	83-108
Mg	1.91	mg/dL	1.6-2.6
DEMİR	66	$\mu\text{g/dL}$	37-145
T.Demir Bağlama	158	$\mu\text{g/dL}$	172-537

KOLCABA KONFOR KURAMI'NA GÖRE HASTA VERİLERİ VE STRESÖRLER

Hastanın verileri kardiyoloji servisinde yatışının 1. Ayında toplanmıştır.

FİZİKSEL KONFOR BOYUTU YÖNÜNDEN HASTA VERİLERİ

-Solunum Sistemi: A.D'nin solunum sayısı 21/dk, sPO₂: Oksijensiz %97, akciğer sesleri normal ve etkisiz öksürme mevcuttur. Bunun yanında sarı beyaz renkte ara ara balgamı bulunmaktadır. A.D'nin nefes alırken burun kanatları solunuma katılmamakla birlikte, ağızından nefes alıp vermektedir, dudaklarda hafif siyonotik görünüm ve kuruluk

mevcuttur, periferde siyonotik görünüm yoktur, tırnaklar normal renktedir, göğüs kafesinde ve omurga düzleminde anormallik bulunmamaktadır.

-Kardiovasküler Sistem: A.D'nin nabızı 76/dk, kan basıncı: 128/72 mmHg olup, 20 yıldır HT ve 1 aydır SVO tanısına sahiptir. Hipertansiyon regülasyonu mevcuttur. Nabız değerlendirmeleri ve boyun ven dolgunluğu normaldir. Santral periferik siyanoz ve ekstremitelerde ödem yoktur.

-Genitoüriner Sistem: A.D'nin Foley katateri mevcut olup, aldığı çıkardığı takibine göre Oral sıvı alımı: 1500 ml, İV sıvı alımı: 1000 ml/gün ve Çıkardığı sıvı miktarı: 2100 ml'dir. 12 yıldır benign prostat hipertrofisi ve 5 yıldır prostat CA tanısı mevcut olan hasta iki kere prostat ameliyatı geçirmiştir.

-Aktivite-Egzersiz: A.D yatak içinde mobil olup, ayaklarında güç kaybı olduğundan desteksiz ayağa kalkmamaktadır. Hastamız destek ile yürümeye de baş dönmesi ve denge kaybı hissettiğinden düşme tehlikesi yaşadığını söylemiştir.

-Gastrointestinal Sistem: Hastanın oral alımı mevcuttur. Tuzsuz ve sıvı diyeti olan A.D diyete uyumsuzdur. Hastanın dişleri bulunmamakta olup, protez diş kullanmaktadır. Ağız içerisinde sağ taraf dil ve yanakta kızarıklık ve ağrı mevcuttur. Oral sıvı alımı 2500 ml nin altında olup, günlük 1500 ml oral sıvı alımı (yemek+su) mevcuttur. A.D'nin (BKİ) 18,73 kg/m² (normal) dir. Günde 4-5 kere sulu kanlı olmayan gaitasının olduğunu ve üç gündür bu şekilde diyaresi bulgunu belirten hasta bez kullanmakta ve tuvalete gidememektedir. Hastanede yattığı sürede kilo kaybettiğini söylemiştir.

-Nörolojik Sistem: A.D'nin bilinci açıktır, yer, zaman ve kişilere oryantedir. Dikkat ve bellek problemi yoktur. Anlama ve konuşma tamdır, ancak SVH bağlı olarak bu yetilerde zayıflama mevcuttur. Pupiller izokorik, pupil refleksi ir: +/+, görme alanı tam, göz hareketleri serbest, duyu muayenesinde üst ekstremiteler ile alt ekstremiteler karşılaştırıldığında alt ekstremitelerde duyu azalma mevcuttur. Patolojik refleks yoktur. A.D'nin daha çok semi Fowler pozisyonunda yattığı ve yürürken zemine tam basamadığı gözlemlendi. İlaçlarına bağlı halsizlik yaşadığını ifade etmiş olup, gün içerisinde çoğunlukla uyku halindedir.

Hasta yorgunluk, halsizlik ve ara ara baş dönmesi ve genel vücut ağrısı yaşadığını, baş ağrısını sayısal ağrı skalasına göre (NRS) 6 (orta şiddette) olduğunu ifade etmiştir.

-Endokrin Sistem ve Laboratuvar Bulguları: Kan testlerinde BUN, ÜRE değerlerinde yükselme, demir bağlama, fosfor, kalsiyum değerlerinde düşme mevcuttur Karaciğer fonksiyon testleri normal aralıklardadır. DM tanısı yoktur ve kan glikoz değeri normaldir.

-Fonksiyonel Durum: A.D hastaneye yatmadan önce günlük yaşam aktivitelerini kendi yerine getirebiliyor iken, şimdi yerine getirememektedir. Hastaya günlük yaşam aktivitelerinde ve öz bakımında eşi destek olmaktadır.

-Uyku ve İstirahat: Hastanede yatmadan önce 7-8 saat uyuduğunu sıkıntı yaşamadığını belirten hasta şimdi ilaçlara bağlı olarak gün içerisinde uyku eğilimindedir. Tansiyon takibi için monitöre bağlı olan hasta gece monitör ve ışıktan rahatsız olduğunu ve uykuya dalmakta zorlandığını belirtmiştir.

-Deri ve Genel Görünümü: A.D'nin saçları seyrek ve kepeklenme yoktur. Dudakları kuru ve çatlamış görünmektedir. Yaşa bağlı olarak deri turgoru azalmış, kuru ve ince görünümündedir. Braden Skalasına göre bası yarası açılma risk puanı: 14 (orta risk) olan

hastanın sacrumda 2. Derece bası yarası mevcuttur. Hastanın ağrıları olması ve hastanede yatmasına bağlı yüz ifadesinde huzursuzluk ve gerginlik gözlemlenmiştir.

PSİKOSPRİTÜEL KONFOR BOYUTU YÖNÜNDEN HASTA VERİLERİ

Mental durum değerlendirmesi: A.D nin genel olarak ağrı ve hastanede yatışından kaynaklı ara ara yüz ifadesinde huzursuzluk olduğu, yatak içinde dizleri karına çekik bir şekilde yattığı ve konuşmasında yavaşlama olduğu gözlenmiştir. Bilinci açık ve koopere durumda olan hasta kendisini güçsüz hissettiğini, normalde sessiz bir kişiliğe sahip olduğunu ifade etmiştir. Hastaneye yattıktan sonra kendisini daha yorgun hissettiğini, sürekli servis değiştirdiği için rahatsız olduğunu ve eve gitmek istediğini belirtmiştir. Hasta ve hasta yakınları hastanede yatış sürecinde geçirdiği SVH nedeni ile hastalık sonrasında beden görünümünde ve fonksiyonlarında oluşabilecek komplikasyonlara yönelik endişe duyduğunu ifade etmiştir. A.D. hayata bakış açısında herhangi bir değişiklik olmadığını, hastalığın Allahtan geldiğine inandığını ve dua ettiğini, hastaneden çıkıp eve gitmek istediğini söyledi. A.D. nin eşinin bakım verirken bazen hastaya gücünün yetmediğini, bazen hastanın perine bakımında ve pozisyon vermede zorlandığını ifade etmiştir.

ÇEVRESEL KONFOR BOYUTU YÖNÜNDEN HASTA VERİLERİ

A.D takip amaçlı monitöre bağlı olduğu için monitörün gece çıkardığı ses ve ışıktan rahatsız olduğunu, uykuya dalmada zorlandığını ifade etmiştir. Hasta baş ağrısı ve baş dönmesi yaşadığını ve bu nedenle düşmekten korktuğunu ifade etmiştir. A.D'nin kalıcı Foley katater ve İntravenöz kateterlerine bağlı enfeksiyon riski taşıdığı gözlenmiştir.

SOSYOKÜLTÜREL KONFOR BOYUTU YÖNÜNDEN HASTA VERİLERİ

A.D. lise mezunu, emekli devlet memuru, sosyal güvencesi mevcut ve geçimini kendi emekli maaşı ile karşılamaktadır. Yaşamında önemli kişiler olarak eşi ve 5 çocuğu olduğunu, torunlarını ve özellikle oğlunu gördüğünde mutlu olduğunu, oğlunun işi olduğundan ziyarete sık gelemediğini ifade etti. A.D. tüberküloz hastalığını başkalarına bulaştırmaktan endişelendiğini, bu nedenle kendini diğer bireylerden izole ettiğini, hastaneye yattığı sürece sağlık durumunun bozulduğunu, iletişim kurmak ve sürdürmek istemediğini, kendisini yorgun hissettiğini ifade etmiştir. A.D. tüberküloz ile hastaneye yattığını yatış sürecinde SVH geçirdiğini kendini yorgun hissettiğini, çevresindeki insanlar ile konuşmak istemediğini ifade etmiştir. Hasta hastalığın Allah tarafından geldiğine inandığını, normalde tuzsuz diyeti olduğunu, ama diyetine uymakta zorlandığını arada eşinden gizli yemeğine tuz attığını, fizik tedavinin önerdiği hareketleri yapmak istemediğini belirtmiştir. A.D'nin tıbbi öyküsü hemşirelik verileri, fiziksel değerlendirme, laboratuvar ve yaşam bulguları parametreleri değerlendirmesi sonrası fiziksel, psiko-spiritüel, sosyokültürel ve çevresel alanlarda fazla sayıda sorun saptanmıştır.

A.D'nin tıbbi öyküsü hemşirelik verileri, fiziksel değerlendirme, laboratuvar ve yaşam bulguları parametreleri değerlendirmesi sonrası fiziksel, psiko-spiritüel, sosyokültürel ve çevresel alanlarda fazla sayıda sorun saptanmıştır. A.D'nin verileri toplanırken; Nümerik değerlendirme ağrı skalası (NRS – Numerical Rating Scale), Braden Skalası Bası ülseri

tanılama ve risk değerlendirme formu, Aldığı Çıkardığı takip formu ve Rhoterm yorgunluk skalası kullanılmıştır.

KONFOR KURAMI'NIN TAKSONOMİK YAPISINA GÖRE; BİREYE ÖZGÜ HEMŞİRELİK BAKIM PLANI

Çizelge 3: Konfor Kuramı' nın Taksonomik Yapısına Göre; Bireye Özgü Hemşirelik Tanıları ve Bakım Planı

KONFOR KURAMI DÜZEYL ERİ/ BOYUTL ARI	HEMŞİRELİ K TANISI	AMAÇ	FERAHLAMA DÜZEYİ	RAHATLAMA DÜZEYİ	ÜSTÜNLÜK DÜZEYİ	BAKIMIN DEĞERLEN -DİRİLMESİ
FİZİKSEL KONFOR BOYUTU	◆ İmmobolite, dudaklarda siyanotik görünüm ve hastanın etkisiz öksürmesi nedeniyle sekresyon stazına bağlı, Etkisiz Hava Yolu Açıklığı	A.D'nin hava yolu açıklığının sürmesi	- Hastanın hava yolu açıklığının sürdürmek amacıyla egzersiz ve farmakolojik uygulamalar yapılması - Hastanın sekresyon stazını ortadan kaldırmak için oral sıvı alımının artırılması - hastaya derin soluk aldıktan sonra etkili bir şekilde öksürmesi öğretilip egzersizin hastanın en ağrısız ve rahat zamanda yapılması sağlandı.	- Hastanın hava yolu açıklığının sürdürmeye yönelik destekleme ve uygulamaların yapılarak hastanın rahatlatılması - Pozisyon değişikliklerinin yapılması ve semi-fowler pozisyonu ile rahatlatılması	- Olumlu ve yeterli bireysel çaba ve gelişmeler takdir edilerek hastanın hava yolu açıklığını sürdürmeye yönelik uygulamaları yapması ve hava yolu açıklığını sürdürmesi. - Derin solunum ve Öksürük egzersizlerini yapması.	- Sarı-beyaz renkte balgam (+) - Sıvı alımı oral alımında 500ml den 1500 ml ye çıktı. - Derin solunum ve öksürük egzersizleri(+) - Balgam çıkarma(+)

FİZİKSEL KONFOR BOYUTU	♦ Kemoterapik ilacın yan etkisine bağlı, Ağrı	Hastanın ağrısının geçtiğini ya da azaldığını ifade etmesi	- Nümerik Değerlendirme Skalası ile ağrı düzeyinin belirlenmesi. - Ağrıyı azaltmak amacıyla reçete edilen Durogesic® transdermal flaster 25 mcg/saat 1x1 hastaya uygulanması.	- Hastanın dikkatinin başka yöne çekilmesi ile ağrı düşüncesinden uzaklaştırılması, 1, rahatlatılması. - Hastayı rahatlatacak uygulamaların belirlenmesi (Kur'an dinlemek, TV izlemek) ile hastanın rahatlatılması. - Hastanın ağrısının giderilmesi, azaltılması sağlanarak rahatlatılması	- Ağrıyla baş etme yöntemlerini uygulayarak ağrıyla baş etmeyi sağlaması	- NRS (Nümerik değerlendirme skalası) ağrı skalası: 0: ağrı yok 1-3: hafif şiddette ağrı 4-6: orta şiddette ağrı 7-10: şiddetli ağrı - Girişimler öncesi NRS: 7, Girişimler sonrası NRS: 4-5
FİZİKSEL KONFOR BOYUTU	♦ Baş dönmesi, yorgunluk ve hareket ile artan dispneye bağlı, Aktivite İntoleransı	Hastanın dispne ve yorgunluk olmadan hareket edebilmesi ve aktiviteyi tolere edebilmesi	- Hastanın aktivite intoleransına neden olan durumların belirlenmesi ve uygun planlama ve girişimlerin yapılması - Hastanın hareket toleransının değerlendirilmesi (yaşam bulguları, ağrı kontrolü, gücü). - Aktivite toleransını arttıran faktörlerin belirlenmesi. - Derin solunum egzersizlerinin öğretilmesi	- Hastanın aktivite toleransını arttırarak rahatlatılması - Öğretilen derin solunum egzersizlerinin stresli durumlarında ve aktivite yaparken bu egzersizleri yapması ile rahatlamasının sağlanması.	- Hastanın yatak içinde ROM (Range of motion) egzersizlerinin günde en az iki kere yaparak aktivitesini gün içinde arttırması - Öğretilen derin solunum egzersizlerinin yapılması.	- Hasta yatak içinde ROM egzersizlerinin günde bir kere yaptı ve 3. günde egzersizi günde iki kere yaptı. Aktivitelerde ve egzersizlerde hastanın yaşam bulgularında anormallik saptanmadı.

FİZİKSEL KONFOR BOYUTU

♦ İmmobiliteye bağlı, Deri Bütünlüğünde Bozulma	Bası yarasının iyileşmesi ve diğer alanlarda deri bütünlüğünün bozulmaması	- Bası ülseri tanılama risk ve değerlendirme ile yaranın değerlendirilmesi ve ülseri azaltmaya ve derecesinin artmasını engellemeye yönelik uygulamaların yapılması - Yara bölgesi enfeksiyon belirtileri yönünden gözlemlenmesi - Yatak çarşafı ve hastanın giysilerinin düz ve gergin olması - Protein ve karbonhidrat alımının arttırılması için reçete edilen Resource® Energy 200 ml şişe 3x1 verilmesi - Hastanın hidrasyonun sağlanması için günlük 2500 ml sıvı alımı sağlanması	- Bozulmuş doku bütünlüğünün Steril % 0.9 NaCl SF solüsyonla yara dokusunun steril yöntem ile temizlenip reçete edilen Furacin® Soluble Dressing 56 g pomad uygulanarak kapatılması ile rahatlatılması. - Havalı yatak kullanılarak ve bası bölgelerine havlu, yastık ile desteklenerek bası bölgelerinin rahatlatılması	- Hasta yakınına ve hastaya pasif ROM egzersizleri ve pozisyon değişikliği gibi uygulamaların öğretilerek devamlılığının sağlanması - Hasta yakınlarının 2 saatte bir hastaya pozisyon değişikliğinde yardımcı olması	- Havalı yatağı çalışıyor - Ayaklarda destek ile hareketlilik var. - Pasif ROM egzersizlerine uyumlu. - Hastanın bası yarası bakımı steril bir şekilde yapılarak kapatılıyor. - Yara bölgesinde enfeksiyon belirtileri gözlemlenmedi - Bası yarası 2. Derece - Girişimler öncesi, Braden Skalasına Bası ülseri tanılama ve risk değerlendirme formuna göre bası yarası değerlendirme sine puanı: 14 (Riskli) - Girişimler sonrası, Braden Skalasına Bası ülseri tanılama ve risk değerlendirme formuna göre bası yarası değerlendirme sine puanı: 12 (Riskli)

FİZİKSEL KONFOR BOYUTU	♦ Kemoterapik ajanla ilişkili, Bulantı	Hasta bulantısının azaldığını ifade etmesi	- Hastanın bulantısını arttıran faktörlerin değerlendirilmesi, - Bulantısını azaltacak reçete edilen antiemetik ilaç verilmesi. - Hastanın yemek yeme sırasında hoş olmayan kokulardan uzak tutulması.	- Hastanın bulantısının giderilmesi ya da azaltılması ile rahatlatılması - Yemek öncesi ve sonrasında oda havalandırılmasının sağlanması ile hastanın rahatlatılması. - Yemek sonrası semi-fowler pozisyonunda dinlenmesinin sağlanarak hastanın rahatlatılması.	- Hastanın bulantısını yaşam sıklığını ve rahatsızlık derecesini azaltacak uygulamaların sürdürülmesi - Hastanın sıcak-soğuk sıvılar, yağ ve baharatlı yiyeceklerde bulantısını arttırabileceği için bu tarz yiyeceklerde uzun durması. - Yemekleri yavaş yavaş, az az ve sık sık şekilde bulantıyı engelleyerek yemesi.	- Antiemetik ilaç sonrası bulantı azaldı. - Kemoterapik ilaç sonrası bulantı(+) kusma olmadı. - Kemoterapik ilaçtan iki gün sonra bulantı azaldı kusma gerçekleşmedi.
FİZİKSEL KONFOR BOYUTU	♦ Kemoterapik ilacın sekonder etkisine ilişkili, Oral Mukoz Membranda Bozulma	Ağızda bulunan kızarıklık ve ağrının azalması	- Oral Mukozanın değerlendirilerek Oral mukozanın nemliliğini ve temizliğini sağlamak yönelik uygulamaların planlanması. - Uygun protez bakımının yapılması. - Yumuşak diş fırçası kullanması	- Oral mukozanın bütünlüğünün iyileşmesine yönelik ve oral hijyeni sağlamak için sodyum bikarbonatlı ağız bakımının yapılması ile hastanın rahatlatılması - Yemekten önce ve sonra ağız hijyeninin sağlanması ile hastanın rahatlatılması.	- Hasta ağız bakımını öğrenmesi ve gargara yapması - Aşırı sıcak ve soğuk besinlerden bireyin kaçınması. - Her iki saatte bir sıvı tüketmesi ile oral nemliliği sağlanması.	- İşlemler sonunda 3. gün hastanın mukoz membranında iyileşme gözlemlendi. - Hasta 3.gün ağız içerisinde ağrısının azaldığını ifade etti.

FİZİKSEL KONFOR BOYUTU	◆ Kemoterapik ilacın sekonder etkisine, bulantı, diyare ve iştahsızlığa bağlı, Dengesiz Beslenme: Beden Gereksiniminin Az Beslenme	Bireyin, metabolik gereksinimine ve aktivitesine göre düzenlenmiş günlük besinleri yemesi	- Hastanın yeme alışkanlıklarının ve yemeği zorlaştıran faktörlerin değerlendirilmesi - Hastaya beslenmenin öneminin açıklanması. - Yüksek kalori ve yüksek proteinli besinler yemesinin önerilmesi. - Reçete edilen Resource® Energy 200 ml, planlanan zamanlarda verilmesi.	- Beslenme alışkanlıklarını düzenleyecek bir diyet planı oluşturulması - Yemeklerden önce hastanın istirahat etmesinin ağlanması ile rahatlatılması. - Ağız hijyeninin sağlanması ile hastanın rahatlatılması.	- Hastanın besinleri az ve sık sık tüketmesi. - Hastanın BKİ'nin normal aralıkta ve sağlıklı beslenmesi	- Hasta küçük öğünler halinde sık sık beslendi. - Ağız bakımı yapıldı. - Kalori açığına göre diyetisyen ile konuşularak reçete edilen Resource® Energy 200 ml günde 3 kere verildi.
FİZİKSEL KONFOR BOYUTU	◆ Kemoterapik ilacın sekonder etkisine ve tüberküloz ilaçlarının etkisine bağlı, Diyare	Hastanın normal sıklıkta ve kıvamda gaita yapması	- Diyareyi önleyici uygulamaların planlanması ve uygulanması - Sıvı elektrolit düzeylerinin takip edilmesi - Dehidratasyon belirtileri yönünden hastanın gözlemlenmesi - Gaitanın kan yönünden takip edilmesi.	- Diyarenin giderilmesine yönelik uygulamaların yapılarak rahatlatılması. - Lifsiz gıdaların önerilmesi ile diyarenin azaltılarak hastanın rahatlatılması. - Besin ve sıvı alımının artırılması ile hastanın rahatlatılması.	- Hastanın diyet ve sıvı alımını artırması ile diyarenin oluşumunun önlenmesi. - Perinatal bölgenin temizliğine dikkat edilmesi ve Perinatal bölge temizliğinin sürdürülmesi.	- Aldığı oral sıvı 1500ml-serum ile aldığı sıvı 1000ml çıkardığı sıvı miktarı 2300 - Gaitada kan (-) - Az ve sık besleniyor. - Uygulamalar sonrasında 3. Gün diyare (-)

FİZİKSEL KONFOR BOYUTU	◆ Yeterli beslenme ve kemoterapik ilacın sekonder etkisine bağlı, Yorgunluk	Hastanın yorgunluğunun azalması	- Hastanın yorgunluğa neden olan faktörlerin belirlenerek yorgunluğu azaltıcı uygulamaların planlanarak uygulanması - Hastanın kendini nasıl hissettiği sorularak yorgunluğunun nedenlerinin açıklanması. - Enerjisini etkili kullanma yöntemlerinin anlatılması.	- Hastanın yorgunluğun yaşamını nasıl etkilediğini ifade edebilmesi için cesaretlendirilerek hastanın rahatlatılması. - Hastaya dinlenmesinin önemini açıklanması ve dinlenmesinin sağlanması ile rahatlatılması.	- Hastanın yeterli dinlenmeyi sağlayarak yorgunluk yaratan uygulama ve aktivitelerde hasta yakınından destek alması	- Yakını yorgunluğunu arttıran aktivitelerde yardımcı oluyor. - Rhoterm yorgunluk skalası (max:10-min:0) - girişimler öncesi:7 - girişimler sonrası: 5 Yorgunluk azaldı.
FİZİKSEL KONFOR BOYUTU	◆ Yetersiz beslenme, oral sıvı alımında azalma ve diyareye bağlı, Sıvı Volüm Eksikliği Riski	Hastada dehidratasyon bulgularının olmaması	- Hastanın sıvı alımının arttırmaya yönelik uygulamaların planlanması ve uygulanması - Hastanın dehidratasyon belirtileri yönünden izlenmesi. - Yaşam bulguları takibinin yapılması. - Aldığı çıkardığı takibinin yapılması. - Cildin durumunun (nemliliği, sıcaklığı) değerlendirilmesi. - Hekim isteminde yer alan Polifleks® %0.9 izotonik 100 ml 4x1, Polifleks® %0.9 izotonik 500 ml 1x3 tedavisinin uygulanması.	- Hastanın sıvı alımını engelleyen faktörlerin değerlendirilmesi ve giderilerek hastanın rahatlatılması - Günlük sıvı alımını arttırması için hasta desteklenerek rahatlatılması	- Hastaya yeterli sıvı alımının ve hidrasyonu sürdürmenin önemi açıklanması sonucunda hastanın sıvı alımının önemini kavraması ve davranışını bu yönde geliştirmesi	- Hasta oral sıvı alımını günde 500 ml kadar arttırılarak oral sıvı alımı toplam 1500ml ye çıkarıldı. - Yaşam bulgularında anormallik rastlanmadı. Hastada dehidratasyon belirtileri gözlemlenmedi.

PSİKOSPRİTÜEL KONFOR BOYUTU	♦ Ağrı, yorgunluk, halsizlik ve hastanede yatış süresinin uzamasına bağlı, Anksiyete	Hastanın korku ve endişelerin i ifade etmesi ve etkili baş etme yöntemleri geliştirebilmesi	-Hastanın endişe ve korkularını ifade etmesi için ortam sağlanarak hastanın dinlenmesi. -Hastaya gevşeme egzersizleri ve derin solunum egzersizlerinin öğretilmesi. -Anksiyete düzeyinin ölçülerek kayıt edilmesi.	- İfade edilen duyguların hastayı rahatlatması -Hastayı rahatlatan anksiyetesini azaltacak uygulamalar hasta ile beraber tartışılıp belirlenerek (namaz kılmak, Kur'an dinlemek), belirlenen uygulamalar ile hastanın rahatlamasının sağlanması.	-Endişelerini n üstesinden gelmesi ve anksiyete ile baş etmesi - Öğretilen gevşeme ve derin solunum egzersizlerin i yapması.	-Hasta kendini ifade ediyor. -Çoğunlukla uyku halinde -İbadetini yatak içinde yapabiliyor. Stres düzeyi 1 haftada : 8'den 5'e düşmüştür. (0-10)
PSİKOSPRİTÜEL KONFOR BOYUTU	♦ Hastalık sürecinin belirsizliğine bağlı, aile bireylerinin yaşadığı Anksiyete (Aile)	Ailenin korku ve endişelerin in azalması	- Ailenin endişe ve korkularını ifade etmeleri için ortam sağlanarak dinlenmesi. -Hastanın sağlık durumu hakkında daha ayrıntılı bilgi verilerek bilgi eksikliklerinin giderilmesi.	- İfade edilen duyguların ve bilgi eksikliklerinin giderilmesi ile ailenin rahatlaması.	- Hastanın konforunu ve iyilik halini arttıracak uygulamalar da ailenin de uygulamalar a katılımının artması ve uygulamalar ı sürdürmesi. - Ailenin endişelerin üstesinden gelerek anksiyete ile baş etmeyi sağlaması.	Aileye bilgilendirmel er yapılarak hastanın konforunu ve iyilik halini arttıracak bilgilendirmel er yapılması ile anksiyetelerin in azaldığını ifade ettiler.

PSİKOSPİRİTÜEL KONFOR BOYUTU	♦ Hasta yakınının (eşi) bilgi ve destek eksikliğine bağlı, Bakım Verici Rolünde Zorlanma (Aile)	Bakım veren kişinin yararlanab ileceği resmi/özel kurum ve kuruluşlar ve kaynakları tanımlaması	- Bireyin endişelerin ifade etmesinin sağlanması ve bakım verici rolünde kolaylaştırıcı uygulamaların planlanması ve uygulanması - Zorlanmaya neden olan ve zorlanmayı arttıran faktörlerin değerlendirilmesi. - Hasta yakınına, hasta taburcu olduktan sonra destek alabileceği toplumsal kaynaklar hakkında bilgi verilmesi (evde sağlık bakımı vb.).	- Hasta yakınının endişelerinin dinlenmesi ve yeterlilik duygusunun sağlanmaya çalışılması ile rahatlatılması. - Hastanın Eşine destek olması ve yardımcı olması için hastanın çocuklarından destek istenerek hasta yakının rahatlatılması.	- Hasta yakınının hangi aktivitelerde ve uygulamalar da zorlandığını fark ederek rolünü kolaylaştırıcı 1 uygulamalar 1 öğrenmesi ve uygulaması.	Resmi ve özel kurum kuruluşlar hakkında bilgiler verilmesi ile hasta yakını birey taburcu olduğunda bu kuruluşlardan destek alacağını ifade etti.
ÇEVRESEL KONFOR BOYUTU	♦ Hastanın gece ses ve ışıktan rahatsız olduğunu ifade etmesi ve gün içerisinde dinlendirici olmayan uykularının olmasına bağlı, Uyku Örüntüsünde Bozulma	Hastanın dinlendirici olan uykusunun olması	- Uyumayı zorlaştıran faktörlerin ifade edilmesi - Ortam sessizliğinin sağlanması. - Gece rahatsızlık veren monitör ışığının yansımalarını engellemek için monitörün hastadan olabildiğince uzak ve ters yöne konulması.	- Uykuya dalmayı kolaylaştırıcı faktörlerin belirlenmesi. - Gece düşmeyi engelleyecek aydınlatma sağlayacak şekilde ortam ışığının kapatılarak hastanın rahat uyuması. - Hastanın uyumasını kolaylaştıracak uygulamalar (ılık süt, gevşeme teknikleri vb.) ile hastanın uykuya dalmasının kolaylaştırılması ile rahatlatılması.	- Hastanın uyumayı kolaylaştırıcı davranış ve uygulamaları yapması. - Gündüz uykularını kısıtlayarak gece daha verimli ve dinlendirici uyku uyuması ve gündüz uyku kısıtlamasının sürdürülmesi.	- Uyarıların azalması ile hasta gece daha dinlendirici bir uyku uyuduğunu ifade etti.

ÇEVRESEL KONFOR BOYUTU

♦ Yürüyüşte dengesizlik, 65 yaş üstü olma, baş dönmesi ve hipotansiyon belirtilerine bağlı, Düşme Riski	Hastanın düşme riskinin en az seviyede olması	- Düşmeyi önleyecek şekilde çevre düzenlemesinin yapılması. - Düşme konusunda hasta ve yakınlarının bilgilendirilmesi. - Dört yapraklı yonca figürü yatak başına asılması. - Düşme riskini arttıran faktörler belirlenmesi. - Düşmeyi önlemeye yönelik güvenlik önlemlerinin (yatak seviyesi en alçak seviyede ve kapalı konumda kalması) alınması. - Gece, gece lambası kullanılarak ortam aydınlatmasının yeterli düzeyde ayarlanması. - Hastayı sağlık personeli yanında değilken düşme riski yönünden ailenin hastayı gözlemlemesi.	- Yürümedeki ve ayakta durmadaki dengesizliklere aileden hastaya destek olmasının istenerek hastanın rahatlatılması. - Ortostatik hipotansiyon değerlendirmesinin yapılması ve ortostatik hipotansiyonu engellemek için yataktan kademeli olarak kalkmasının ve yataktan kalkarken hasta yakınlarının hastaya destek olmasının sağlanması ile hastanın düşmesinin engellenerek konforun devam ettirilmesi.	- Düşmenin, yaralanmaların önlenerek vücut bütünlüğünün devamlılığının birey ve aile tarafında sağlanması. - Uzun süreli yatma durumundan sonra pozisyon değişimini yavaş hareketler ile yapması. - Önerilen güç ve esnekliğini arttıran egzersizleri yapması.	- Dört yapraklı yonca figürü(+) - Düşmeyi önleyecek şekilde çevre düzenlemesi yapıldı. - Yatak seviyesi en alçak seviyede ve korkuluklar kapalı konumda ve çalışıyor. - Gece aydınlatma(+) - Yakını hastayı gözlemliyor. - Hastada düşme gözlemlenmedi.

ÇEVRESEL KONFOR BOYUTU

	♦ Uzun süre hastanede yatma, invaziv girişimlerin (iv katater ve foley katater) uygulanmasına bağlı, Enfeksiyon Riski	Hastada enfeksiyon gelişmesi	- Enfeksiyon belirti ve bulgularının takip edilmesi, aseptiye uygun girişimler yapılması. - Hasta bakımı sırasında el yıkama talimatlarına uygun hareket edilmesi. - Düzenli aralıklarla vital (ateş, nabız, tansiyon) bulguları takibi yapılması. - Günlük katater giriş yerlerindeki ve insizyon bölgesindeki kızarıklık, şişlik, ağrı, sıcaklık gibi enfeksiyon belirti ve bulguları yönünden değerlendirilmesi. - İdrar torbasında idrarın uzun süre beklemesine izin verilmeyerek belirli aralıklar ile boşaltılmasının sağlanması.	- Hastanın bulunduğu ortam sık sık havalandırılarak hastanın rahatlatılması ve enfeksiyon belirti bulgularının gözlenmemesi. - Vücut direncini arttırmak için bol protein ve karbonhidratlı besin alımının sağlanması ile rahatlatılması.	- Enfeksiyonun önlenmesi ve enfeksiyonun önlenmesine karşı tekniklerin hasta yakınına öğretilerek hasta yakınının uygulaması. - Ailenin yaptığı hasta bakımlarında ailenin el yıkama talimatlarına uyması. - Hastanın el hijyenine dikkat etmesi.	- Vücut sıcaklığı: 36.2-36.7 °C - Hastada kırmızılık, ısı artışı, şişlik, ağrı ve işlev kısıtlamaları gözlemlenmedi. - Hastanın vital bulgularında ve vücut ısısında değişim gözlemlenmedi. - WBC 10500/µL - Hastada enfeksiyon gelişmedi.

SOSYO-KÜLTÜREL KONFOR BOYUTU	♦ Önerilen diyet ve egzersize uymamaya bağlı, Etkisiz Sağlık Yönetimi	Hastanın sağlığı sürdürme davranışlarına katılması	- Sağlığı sürdürmede etkisizlik yaratan faktörlerin ifade edilmesi. - Hastaya sağlığı olumsuz etkileyecek durumlar (diyet ve önerilen egzersiz planına uymama) açıklanarak bunların öneminin anlatılması.	- Diyet, egzersiz ve sıvı alımı artışı gibi sağlık davranışlarının önemini kavraması. - Hasta yakınından hastaya bu dönemde destek olmasının istenmesi ile sağlığı sürdürme uygulamaların da hastanın rahatlatılması.	- Bireyin sağlığı sürdürme davranışlarına katılması veya katılmaya niyetlenmesi. - Hastanın sağlığı için yaptığı her doğru girişimde desteklenip cesaretlendirilmesi ile sağlığı sürdürme devamlılığını sağlaması.	- Hasta diyetine uyuyor. - Günlük 500ml sıvı alımına artış oldu. Fizik tedavinin önerdiği egzersizleri eşinin desteği ile yapmaya başladı.
SOSYO-KÜLTÜREL KONFOR BOYUTU	♦ Bireyin çevresi ile olan sözel iletişim azaltılmasına bağlı Sosyal İzolasyon	Hasta sosyalleşmesini sağlayacak etkileşim ve tutumları tanımlaması ve uygulaması	- Hastanın yaşadığı durum ile ilgili olarak duygu ve düşüncelerini ifade etmesi. - İletişimi başlatması için hastaya fırsat verilerek cesaretlendirilmesi. - Hastanın eşi, çocukları ve torunları ile iletişimini arttırmak için telefon görüşmeleri ayarlanması.	- Bireyin ailesi ile görüşmelerini sağlamak ve görüşme sayılarının artırılması sağlanarak rahatlatılması. - Hastayı motive edecek aile bireyleri ile daha sık yüz yüze gelerek iletişim kurması sağlanarak hastanın rahatlatılması.	- Bireyin çevresi ile olan iletişimini arttırması ve ailenin bireye destek olması - Hasta başkaları ile kendiliğinden etkileşime girdiğinde desteklenerek cesaretlendirilmesi ile hastanın iletişimi sürdürmesi.	- Başlangıçta iletişim kurmak istemeyen hasta daha sonraki süreçte hastanede yatmak istemediğini, eve gitmek istediğini kısa cümleler ile ifade etti. - Oğlu ve torunları ile görüşmeler ayarlandığına da mutlu olduğunu ifade etti. Yüz yüze görüşmelerde çocuklarının daha sık gelmelerinden mutlu olduğunu ifade etti.

SOSYO-KÜLTÜREL KONFOR BOYUTU	◆ Yorgunluk, immobilité ve iletişim kurmak istemediğini ifade etmesine bağlı, Sosyal Etkileşimde Bozulma	Hastanın duygu ve düşüncelerini ifade etmesi ve sosyal etkileşiminin artması	- Yaşadığı stres durumu ile ilgili başa çıkma yöntemlerinin öğretilmesi ve bu süreçte ailenin desteğinin alınması. - Hastanın aile üyeleri ile gerek telefonla mümkün olduğunda da yüz yüze iletişim kurmalarının sağlanması, iletişimin güçlenmesinin desteklenmesi.	- Çocukları ve torunları ile ara ara telefon görüşmeleri planlanarak görüşmeler sağlandı ve hastanın rahatlaması sağlandı.	- Hastanın etkileşimin düzelmesi konusunda kendisi ve eşi ile birlikte sosyal yaşantısında bir takım planlama ve düzenlemeler yapabildi.	- Başlangıçta iletişime geçmekte isteksiz olan hasta sonraki süreçte evini özlediğini, hastanede yatmak istemediğini kısa cümlelerle ifade etti. - Camiye gitmeyi özlediğini taburcu olduktan sonra tekrar camide namaz kılmak istediğini ifade etti.

SONUÇ

Bu olgu çalışmasında, Tüberküloz tedavisi ve Serebrovasküler Hastalık geçiren bir hastanın konforunun sağlanması ve sağlığını sürdürmesine yönelik yaşam sorunlarının çözümlenmesinde Kolcaba Konfor Kuramının kullanımının etkili olduğu sonucuna varılmıştır. Konfor Kuramının bütüncül yaklaşımı, kuramın boyutları ve kuramın düzeylerinin özellikleri ile bireyin fiziksel, psikospiritüel, sosyo-kültürel ve çevresel faktörlerine yer vermesi, bireye bütüncül yaklaşımda ferahlama, rahatlama ve üstünlük ile konfor sağlamada rehberlik eden bir kuramdır. Konfor Kuramı kapsamlı hemşirelik tanısının oluşturulması, girişimlerin planlanarak değerlendirilebilmesi için bir çerçeve oluşturmaktadır. Bu bağlamda, Konfor Kuramı hasta konforunu sağlamada ve hasta bakımında kullanılması önerilmektedir.

KAYNAKÇA

1. World Health Organization, (2023). *Tuberculosis Report*. Erişim tarihi: 27.01.2024, <https://iris.who.int/bitstream/handle/10665/373828/9789240083851-eng.pdf?sequence=1>
2. Furin, J., Cox, H., & Pai, M. (2019). Tuberculosis. *Lancet (London, England)*, 393(10181), 1642–1656. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(19\)30308-3](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(19)30308-3)
3. World Health Organization, (2023). *Tuberculosis*. Erişim tarihi: 27.01.2024. <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/tuberculosis>
4. Şahinoğlu, İ., Şahinoğlu, M. S., Alkan, S., & Aydın, D. Ç. (2023). Biyolojik Tedaviler ve Tüberküloz: Bir Derleme Çalışması. *Black Sea Journal of Health Science*, 6(1), 196-200.
5. Suárez, I., Fünfer, S. M., Kröger, S., Rademacher, J., Fätkenheuer, G., & Rybniker, J. (2019). The Diagnosis and Treatment of Tuberculosis. *Deutsches Arzteblatt international*, 116(43), 729–735. <https://doi.org/10.3238/arztebl.2019.0729>
6. Fırat, O., Karakuş, M., Arsava, E., Topçuoğlu, M. A., & Demirkan, K. (2021). İskemik İnmelerde Risk Faktörlerinin Yönetiminde Kılavuz Karşılaştırması. *Sürekli Tıp Eğitimi Dergisi*, 30(3), 211-217.
7. World Health Organization, (2023). *Stroke, Cerebrovascular accident*. Erişim tarihi: 27.01.2024. <https://www.emro.who.int/health-topics/stroke-cerebrovascular-accident/index.html>
8. Akkoca, A. (2022). Hastane Öncesi Serebrovasküler Hastalıklara Yaklaşım Organizasyonu. *Hastane Öncesi Dergisi*, 7(2), 261-273.
9. Bayram, A., & Demirbağ, B. C. (2021). Johnson Davranışsal Sistem Modeli: Serebrovasküler Olay Olgu Sunumu. *Ordu Üniversitesi Hemşirelik Çalışmaları Dergisi*, 4(2), 255-267.
10. Bilgili, N., & Gözümlü, S. (2014). İnmeli hastaların evde bakımı: bakım verenler için rehber. *Dokuz eylül üniversitesi hemşirelik fakültesi elektronik dergisi*, 7(2), 128-150.
11. Furie K. (2020). Epidemiology and Primary Prevention of Stroke. *Continuum (Minneapolis, Minn.)*, 26(2), 260–267. <https://doi.org/10.1212/CON.0000000000000831>
12. Terzi, B., & Kaya, N. (2017). Konfor Kuramı ve Analizi. *Anadolu Hemşirelik ve Sağlık Bilimleri Dergisi*, 20(1), 67-74.
13. Kolcaba, K. (2003). Comfort theory and practice: A vision for holistic health care and research. Springer Publishing Co, New York, 37-58.
14. Kolcaba, K. (1992). Holistic comfort: Operationalizing the construct as a nurse sensitive outcome. *Advances in Nursing Science*, 1, 1-10.
15. Koçyiğit, H., & Karagözoğlu, Ş. (2021). Akut Miyeloid Lösemi Tanılı Bir Olgunun Hemşirelik Bakımı Yönetiminde Kolcaba Konfor Kuramının Kullanımı. *Ege Üniversitesi Hemşirelik Fakültesi Dergisi*, 37(3), 235-243.

KOAH VE KRONİK BÖBREK YETMEZLİĞİ TANILARINA SAHİP KONJETİNAL KALP YETMEZLİĞİ OLAN BİREYİN MYRA ESTRİN LEVİN KORUMA MODELİNE GÖRE HEMŞİRELİK BAKIMI: OLGU SUNUMU

Sema YILDIZ¹

Cumhuriyet Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Fakültesi, Hemşirelik Esasları Anabilim Dalı
ORCID:0009-0008-4707-6594

Prof. Dr. Şerife KARAGÖZOĞLU²

Cumhuriyet Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Fakültesi, Hemşirelik Esasları Anabilim Dalı
ORCID:0000-0002-9558-0786

Fatma TOK YILDIZ³

Cumhuriyet Üniversitesi, Sağlık Hizmetleri Meslek Yüksekokulu, Tıbbi Hizmetler Ve
Teknikler, Anestezi
ORCID:0000-0001-7543-2076

ÖZET

Giriş

Kronik hastalığı bulunan kişilerin bedensel sıkıntıları onların gündelik yaşam aktivitelerini, yaşam biçimlerini, toplumsal kimliklerini ve benlik imgelerini değiştirebilmektedir. Bu tür hastalıklar bireylerin büyük finansal, psikolojik ve toplumsal, iletişimsel ve varoluşsal problemlerle karşı karşıya kalmalarına yol açmakta; akademik başarıda düşüşe, aile ve çevreden gelen sosyal desteğin azalmasına, sosyal uyum problemlerine, benlik saygısında düşüşe, iş bulma güçlüklerine, evlilik hayatının bozulmasına neden olabilmektedir. Bununla beraber kuram ve modeller hemşirelere bakım verdiği bireylerin sağlığını değerlendirme, bakım sürecinde elde ettiği birçok veriyi organize etme, analiz etme ve bu bilgileri kanıta dayalı açıklama olanağı sağlarlar. Kronik hastalığı olan bireylere verilen bakımda kuram ve modellerin kullanımı, bireye özgü bakımda farklılık yaratmakla beraber; hemşirelik bakımının sistematize edilmesine, birey ve ailesine bütüncül bakım verilmesine ve yaşam kalitelerinin artırılmasına olanak sağlamaktadır.

Hemşirelik kuramlarına dayandırılmış bakım modelleri; bakım yönetimi sürecinin sürdürülmesine rehberlik ederken hemşirenin analitik düşünme becerisi geliştirmesine, amaç belirleme ve geliştirme yeteneği kazanmasına katkı sağlamaktadır. Bakım modellerinden Levine Koruma Modeli (KM); uyumu destekleyerek koruma ilkelerini kullanmayı ve bireyin bütünlüğünü sağlamayı amaçlamaktadır. Modelde hemşire enerjisinin, yapının, bireysel ve sosyal bütünlüğün korunması yoluyla hedeflerine ulaşmaktadır. Aynı zamanda tepkiler üzerine odaklanmaktadır. Hemşirelik kuramları, hemşireliğe ait kavramları tanımlama, açıklama ve

öngörme yoluyla hemşirelik uygulamalarına temel oluşturur, hemşirelik uygulamalarını destekleyen ilkeler sunar ve yaşam kalitesini yükseltir.

Olgu Sunumu

Özgeçmişinde 11 yıldır KOAH ve 3 yıldır kronik böbrek yetmezliği tanılarına sahip olan 61 yaşındaki erkek hasta B.K., aralıklı olarak göğsünde ağrı, sıkışma ve dispne şikayetleriyle devlet hastanesinde kardiyoloji servisine başvurmuş, hastaya yapılan tetkikler sonucunda atriyal septal defekt ve kardiyomegali (14 cm) tanısı konulmuştur. Toplanan veriler Myra Estrin Levine Koruma Modeli'ne göre değerlendirilmiş ve hemşirelik problemleri saptanarak Kuram doğrultusunda bakım planı ve hemşirelik girişimleri uygulanmıştır.

Sonuç

B.K.'nın hemşirelik bakım sürecinin bu modele dayalı olarak yürütülmesi sistematik bir yaklaşımı sağlamış, problemlerin görünürlüğünü sağlayarak, neden-sonuç ilişkisi doğrultusunda, bütüncül bakımın sunulmasını desteklemiştir. Kronik hastalıklara sahip bir bireyin hemşirelik bakım amaçlarına uygun bir model olan Levine Koruma Modeli bu hastaların bakımında hemşireler tarafından kolaylıkla kullanılabilir ve olumlu sonuçlar gözlemlenebilir. Bu bağlamda bütüncül bakım verebilmek için Levine 'in Koruma Modeline dayalı hemşirelik bakım uygulamalarının arttırılması önerilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Konjenital Kalp Yetmezliği, KOAH, Kronik Böbrek Yetmezliği Koruma Modeli, Kuram, Hemşirelik, Hemşirelik Bakımı, Myra Estrin Levine, Koruma Modeli

ABSTRACT

Introduction

The physical distress of people with chronic diseases can change their daily life activities, lifestyles, social identities and self-image. Such illnesses cause individuals to face major financial, psychological, social, communicative and existential problems; they may lead to a decline in academic achievement, a decrease in social support from family and environment, social adjustment problems, a decrease in self-esteem, difficulties in finding a job, and disruption of marital life. However, theories and models provide nurses with the opportunity to evaluate the health of the individuals they care for, to organize and analyze many data obtained during the care process, and to explain this information based on evidence. The use of theories and models in the care given to individuals with chronic diseases makes a difference in individual-specific care; it enables systematization of nursing care, providing holistic care to the individual and his/her family and improving their quality of life.

Care models based on nursing theories guide the continuation of the care management process and contribute to the nurse's development of analytical thinking skills and the ability to set and develop goals. Levine Protection Model (PM), one of the care models, aims to use protection principles and ensure the integrity of the individual by supporting harmony. In the model, the nurse achieves her goals through the protection of energy, structure, individual and social

integrity. It also focuses on reactions. Nursing theories form the basis for nursing practices by defining, explaining and predicting the concepts of nursing, provide principles that support nursing practices and improve the quality of life.

Case Report

B.K., a 61-year-old male patient with a history of COPD for 11 years and chronic renal failure for 3 years, was admitted to the cardiology service of a state hospital with complaints of intermittent chest pain, tightness and dyspnea. The patient was diagnosed with atrial septal defect and cardiomegaly (14 cm) as a result of the examinations. The collected data were evaluated according to the Myra Estrin Levine Protection Model and nursing problems were identified and a care plan and nursing interventions were implemented in line with the theory.

Conclusion

Carrying out the nursing care process of B.K. based on this model provided a systematic approach, provided visibility of the problems, and supported the provision of holistic care in line with the cause-effect relationship. The Levine Protection Model, which is a model suitable for the nursing care goals of an individual with chronic diseases, can be easily used by nurses in the care of these patients and positive results can be observed. In this context, it is recommended to increase nursing care practices based on Levine's Protection Model in order to provide holistic care.

Keywords: Congenital Heart Failure, COPD, Chronic Renal Failure Protection Model, Theory, Nursing, Nursing Care, Myra Estrin Levine, Protection Model

1. GİRİŞ

Kronik hastalığı bulunan kişilerin bedensel sıkıntıları onların gündelik yaşam aktivitelerini, yaşam biçimlerini, toplumsal kimliklerini ve benlik imgelerini değiştirebilmektedir. Bu tür hastalıklar bireylerin büyük finansal, psikolojik ve toplumsal, iletişimsel ve varoluşsal problemlerle karşı karşıya kalmalarına yol açmakta; akademik başarıda düşüşe, aile ve çevreden gelen sosyal desteğin azalmasına, sosyal uyum problemlerine, benlik saygısında düşüşe, iş bulma güçlüklerine, evlilik hayatının bozulmasına neden olabilmektedir. Kronik hastalığı olan bireyler tedavi edici diyetlerini düzenlemek, hastalık belirtilerini kontrol altına almak, krizleri yönetmek ve önlemek, sağlık hizmeti sunan kişilerle ilişkilerini yürütmek, zamanı iyi kullanmak, yaşamı normalleştirmek, duygusal dengeyi korumak, sosyal yalıtımla başa çıkmak, sağlık hizmeti maliyetlerini karşılamak ve geleceği planlamak gibi pek çok konu ile ilgilenmek durumunda kalabilmektedirler (1,2).

Kişilerin hastalıkları karşısında geliştirdikleri tepkiler, hastalığın gidişatı ve toplumsal etkileri açısından son derece önemlidir. Bu durumda profesyonel desteğin ve sistematik hemşirelik bakımının gereği büyük önem arz etmektedir. Bununla beraber kuram ve modeller hemşirelere bakım verdiği bireylerin sağlığını değerlendirme, bakım sürecinde elde ettiği birçok veriyi organize etme, analiz etme ve bu bilgileri kanıta dayalı açıklama olanağı sağlarlar. Araştırma ve uygulamada kuram ve modellerin rehber alınması, hemşirelerin tıbbi uygulamalara değil

hemşirelik rolü ve uygulamalarına odaklanmasına yardımcı olarak, sağlık profesyonelleri arasında etkin koordinasyonu da sağlayarak, uygulamalarda daha az farklılıklar yaşanmasına neden olur. (3,4)

Uzun süreli bakım gerektiren ve farklı seyirde kronik rahatsızlıkları olan bireylerin ihtiyaçlarının da farklılık göstermesi, bu bireylere verilecek bakımında bireye özgü olmasını gerektirmektedir. Kronik hastalığı olan bireylere verilen bakımda kuram ve modellerin kullanımı, bireye özgü bakımda farklılık yaratmakla beraber; hemşirelik bakımının sistematize edilmesine, birey ve ailesine bütüncül bakım verilmesine ve yaşam kalitelerinin arttırılmasına olanak sağlamaktadır. Günümüzde kronik hastalık yükünün giderek artması ile birlikte kronik hastalıkların özyönetimi ile beraber toplum temelli hastalık yönetimi programlarının önemi de artmıştır. Kronik hastalık yönetiminde hemşirelere rehber olabilecek modeller; bütüncül bakımının sürekliliğinin sağlanmasında, hasta bireyler ile sağlık profesyonelleri arasındaki iş birliğinin ve etkileşimin geliştirilmesinde, bakımın kalitesinin artırılmasında, maliyet-etkililiğin sağlanmasında, hasta ve ailesinin bakıma aktif katılımının sağlanmasında sağlık profesyonelleri tarafından kullanılabilir. (5,6,7).

Hemşirelik kuramlarına dayandırılmış bakım modelleri; bakım yönetimi sürecinin sürdürülmesine rehberlik ederken hemşirenin analitik düşünme becerisi geliştirmesine, amaç belirleme ve geliştirme yeteneği kazanmasına katkı sağlamaktadır (5,6,7).

Bakım modellerinden Levine Koruma Modeli (KM); uyumu destekleyerek koruma ilkelerini kullanmayı ve bireyin bütünlüğünü sağlamayı amaçlamaktadır. Modelde hemşire enerjisinin, yapının, bireysel ve sosyal bütünlüğün korunması yoluyla hedeflerine ulaşmaktadır. Aynı zamanda tepkiler üzerine odaklanmaktadır. Hemşirelik kuramları, hemşireliğe ait kavramları tanımlama, açıklama ve öngörme yoluyla hemşirelik uygulamalarına temel oluşturur, hemşirelik uygulamalarını destekleyen ilkeler sunar ve yaşam kalitesini yükseltir.

Bu bağlamda, hemşirelik süreci doğrultusunda sürdürülecek bakımda Myra Estrin Levine geliştirdiği Koruma Modeli rehber alınarak bireyin gereksinimlerine ilişkin veri toplanması, karşılanamayan gereksinimlere yönelik koruma ilkeleri doğrultusunda hastalığa uyumun sağlanması, bireyin bütünlüğünün ve var olan enerjisinin korunması ve yükseltilmesi için hemşirelik girişimlerinin planlanarak uygulanması ile bireye özgü bütüncül bakım verilmesi hedeflenmiştir ve hemşirelik aktivitelerinin kapsamını ve temelindeki bilimsel ilkeleri dikkate alarak hemşireliğin tanımlanmasına yardımcı olmuştur. (8,9,10)

Bu bağlamda çalışmamızda Myra Estrin Levine geliştirdiği Koruma Modeli çerçevesinde; 61 yaşındaki erkek hastanın çoklu kronik hastalıkları (konjenital kalp yetmezliği, KOAH kronik böbrek yetmezliği) nedeni ile yaşadığı sorunlara ilişkin yürütülen hemşirelik bakımı ele alınmış, hastanın yaşamındaki sağlık sorunları gibi her tür değişikliğe uyum sağlaması ve bireysel yaşam kalitesinin iyileştirilmesi hedeflenmiştir. (10,11)

Myra Estrin Levine Koruma Modeli

Levine, tarafından geliştirilen Koruma Modelinin temelinde çevre-insan etkileşimi vardır. Model aynı zamanda, hemşireliğin temelini insan etkileşimi olduğuna inanmakta ve bu doğrultuda insanı çevresiyle sürekli etkileşim halinde olan dinamik bir bütün olarak

tanımlamaktadır. Kuramın temel hedefi; hemşirelik girişimlerindeki koruma aktivitelerini kullanarak, bireyin yaşamındaki sağlık sorunları gibi her tür değişikliğe uyum sağlaması ve bireysel yaşam kalitesinin iyileştirilmesidir. (12,13)

Levine'in Koruma Modeline yönelik tüm çalışmalarının özünü hemşirelik uygulamalarının altında yatan bilimsel gerçekleri anlama ve analiz etme düşüncesi oluşturmuştur. Hemşirelerin alışlagelmiş uygulamaları yapmaktan ziyade, bu uygulamaları neden yaptığına ve hangi bilimsel gerekçeler ile yapması gerektiğine odaklanmasını istemiştir. Levine hemşirelikte bu anlayışın gelişmesi ve hemşirelik uygulamalarının bilimsel dayanağının oluşması için araştırmalara olan gereksinimi vurgulamıştır. Bilimsel bir disiplin olan hemşireliğin teorik bilgi birikimine, eğitim ve mesleki uygulamalarına yön veren dört temel kavramı vardır. Bu kavramlar insan, sağlık/hastalık, hemşirelik ve çevredir. Myra Estrin Levine de diğer tüm hemşirelik teorisyenleri gibi modeli ile bu dört temel kavram arasındaki ilişkiye açıklık getirmiştir. Bunlar; insan, sağlık/hastalık, hemşirelik ve çevredir. (14,15,16)

Levine insanı düşünen, uygulanan, geçmiş ve geleceğin farkında olan holistik ve aynı zamanda spiritual bir varlık olarak tanımlamıştır. İnsanın çevre ile etkileşim halindeyken bireysel bütünlüğü içinde değişime uyum sağladığını, sıralı ve bireysel şekilde tepki verdiğini belirtmiştir. Levine'e göre sağlık durumunu düzeltmeye çalışan hasta aynı zamanda bir insandır. İnsanın bir bütün olarak içinde bulunduğu denge hali hastalık durumunda bozulur, dolayısı ile hastanın sağlık durumunun düzeltilmesinde bireysel bütünlüğünün korunması önemlidir. Levine insanoğlunun kompleks bir varlık olduğunu, canlılığını sürdürmesinde belli ölçülerde dışa bağımlılık gösterdiğini ve bu nedenle bütüncül değerlendirilmesi gerektiğini vurgulamıştır. Birey kendi dünyasının merkezindedir. Dolayısı ile hastalık stresine gösterilen tepki de bireyseldir. Birey kapasitesi doğrultusunda kendi çevre koşullarına uyum sağlayabilir. Levine bu tepkiyi organizmik cevap olarak adlandırmış ve bu durumda hemşirenin hastaya yardımcı olma sorumluluğu taşıdığını belirtmiştir. (14,15,16)

Birey organizmik cevap (savaş ya da kaç yanıtı, inflamatuvar yanıt, stres tepkisi, algısal yanıt) ve kapasitesiyle orantılı olarak çevreye uyum sağlamaktadır. Levine göre hemşirenin temel amacı, sağlık ve hastalıkta bireyin uyumunun (adaptasyonun) artırılması ve bütünlüğünün korunmasıdır. Model bu üç bileşen (uyum, koruma, bütünlük) ve dört ilke (enerjinin korunması, yapı bütünlüğü, kişisel bütünlük, sosyal bütünlük) doğrultusunda hareket eder. Levine'in koruma bileşeninde dört temel koruma ilkesi vardır. (14,15,16)

Bunlar:

Bireyin enerjisinin korunması

Enerjinin korunması, bireyin aktivite durumu ve mevcut enerji düzeyi arasındaki dengenin korunmasına yönelik hemşirelik girişimlerine dayanmaktadır. Koruma modelinin özünde enerjiyi ekonomik kullanma ve enerji sarfiyatından kaçınma vardır. Enerjinin korunmasında iç ve dış çevre arasında enerjinin serbest hareketi önemlidir. Koruma Modeli kapsamında hasta bakımına özgü planlanan ve uygulanan tüm hemşirelik girişimlerinin bireyin enerjisini korumaya yönelik olması son derece önemlidir. (17,18)

Bireyin yapısal bütünlüğünün korunması

Bireyin yapısal bütünlüğünün korunması, bireyin yapısal ve fonksiyonel bütünlüğünün korunmasına yönelik hemşirelik girişimlerine dayanmaktadır. Levine'e göre yapısal bütünlüğün korunması iyileşme sürecine odaklanır. Diğer bir anlamda yaralanmanın önlenmesi ve iyileşme süreci yapısal bütünlüğün korunmasına hizmet eder. Yapısal bütünlüğü korumak için iyileşmeyi destekleyen ve bütünlük içinde organizmanın tüm fonksiyonlarını devam ettirmek üzere eksiksiz onarım yapan bir savunma sistemine (immün sistem) gereksinim vardır. Profesyonel hemşirenin temel sorumluluğu bireyin yapısal bütünlüğünü korumaya yönelik iyileşmeyi destekleyecek ve yaralanmaları önleyecek hemşirelik girişimlerini planlamak ve uygulamaktır. (18,19)

Bireyin kişilik / benlik bütünlüğünün korunması

Bireyin kişilik / benlik bütünlüğünün korunması, kendisi için karar alma veya kararlara katılma kapsamında bireyi destekleyen ve güçlendiren hemşirelik girişimlerine dayanmaktadır. Kişisel bütünlüğün korunması birey olarak tanınma, saygı görme ve gösterme, öz farkındalık sağlama ve kendi kararlarını verme çabasında olan bireyi desteklemek ile gerçekleştirilebilir. (18,19,20)

Kişilik/benlik bütünlüğünün korunması bireyin kendisine yönelik duyguları üzerine odaklanmıştır. İnsanoğlu hem toplumun bir parçası hem de kendine özgü bir bireydir. Bireyin kendine özgü yönlerinin bir kısmı bilinemez, hatta bu özelliklerden bazıları kişinin kendisine bile kapalı olabilir. Birey yaşam sürecinde farklı zaman ve durumlarda kendini tanır, keşfeder ve korur. Bireysellik aynı zamanda eşsizlik ve bütünlüktür (19,20).

Bireyin sosyal bütünlüğünün korunması

Bireyin sosyal bütünlüğünün korunması, bireyin ailesi ve ait olduğu sosyal sistem ile etkileşimlerini korumaya yönelik hemşirelik girişimlerine dayanmaktadır. Levine'e göre, bireyi toplumda fonksiyon gören sosyal bir varlık olarak kabul etmek, sosyal bütünlüğü korumanın temel koşuludur. Sosyal bütünlük için temel kural ise sosyal sistemdeki etik değerlerin çeşitliliğidir. Sosyal bütünlüğü korumak bireyi toplum içinde değerli bir varlık olarak görmekle başlar. Bu kapsamda bireyin bir aile, bir toplum, bir dini grup, bir etnik grup, politik bir sistem ve ulus içinde varlık gösterdiği kabul edilmelidir. Aynı zamanda sosyal bütünlüğün korunması için bireyin dışındaki tüm sosyal alanın birey tarafından da tanımlanması gerekir. Bireyler çevrelerindeki insanları tanımlarken onlarla olan ilişkilerinden yola çıkarlar. Dolayısı ile ilişkilerde bireylerin kimliği/kişiliği, ailesi, yaşadığı toplum, kültürü, etnik kökeni, dini inancı, eğitimi, mesleği ve sosyo-ekonomik statüsü önemlidir (19,20,21).

Modelin amacı; koruma ilkelerini kullanarak sağlıklı/hastalıklı bireyin bütünlüğünü sağlamak ve adaptasyonunu desteklemektir. Bu bağlamda bu olgu çalışmamızda KOAH ve kronik böbrek yetmezliği tanılarına sahip konjetinal kalp yetmezliği olan bireyin hemşirelik bakımının Myra Estrin Levine Koruma Modeli'ne göre organize edilmesi ve uygulanmasıdır (21,22).

2. MODELE GÖRE HAZIRLANMIŞ VAKA ÖRNEĞİ

Bilgilendirilmiş onamı alınarak görüşmenin başlatıldığı B.K. 61 yaşında ve erkektir. Hasta, 180 cm boyunda ve 70 kilogram ağırlığındadır. Sivas'ta yaşayan evli, dört çocuğu olan B.K.'nın sosyal güvencesi (SSK) mevcuttur. İlköğretim mezunu, emekli ve sosyoekonomik durumu düşük olan B.K. eşi ve dört çocuğuyla (7-12-18-22 yaşlarında) beraber doğalgazlı küçük bir evde yaşamaktadır. Hastanın özgeçmişinde 11 yıldır KOAH ve 3 yıldır kronik böbrek yetmezliği tanısı vardır.

5 yıl önceye kadar günde 2 paket sigara kullanan B.K., KOAH tanısından sonra sigarayı bırakmak zorunda kalmıştır. Yaklaşık 3-4 ay boyunca aralıklı olarak göğsünde ağrı, sıkışma ve dispne şikayetleriyle devlet hastanesinde kardiyoloji servise başvurmuş. Hastaya tetkikler sonucu atriyal septal defekt ve kardiyomegali (14 cm) tanısı konulmuştur. Ayak bilekleri ve tibia çevresinde +3 derece gode mevcut, servis hemşiresi tarafından 12 saatte bir takibi yapılmıştır. Hasta kalkarken ve yataarken zorluk yaşadığını eşi olmadan tuvalete bile gitmek istemediğini belirtmiştir. B.K. gün içerisinde sadece yatak içinde eşinin yardımı ile dönme hareketini yapabilmekte ve bacaklarındaki ödemden dolayı yürürken dengesini zor sağlamaktadır. Ayrıca bu şekildeki görünüşünden de rahatsız olduğu ifade etmektedir. Etkisiz öksürme durumu mevcut olan hasta günde 2-3 kez sekresyon çıkarmakta genellikle sekresyonun rengi sarı-beyaz şeklindedir. Cildi genel olarak yaşa bağlı deri turgoru azalmış kuru ve ince bir yapıdadır. B.K.'ya tuzsuz diyet uygulanmaktadır. Hasta hastaneye yattığından beri iştahının azaldığını yemek yemek istemediğini ve genelde yemek yerken sekresyon varlığından dolayı midesinin bulandığını; günlük çok su içemediğini ve en fazla 1 litreye kadar su içebildiğini ifade etmektedir. Hasta günde 1 defa defekasyona çıktığını ve zorlandığını ifade etmektedir. Foley kateteri bulunan hastanın günlük aldığı sıvı 1400 ml ve çıkardığı sıvı ise 1000ml dir. Hastanın zaman zaman ağrıların olmasından dolayı yüz ifadesinde huzursuzluk gözlemlendi. Visual Analog Skala (VAS)'ya göre gün içinde ağrı şiddetinin 3-6 hafif-orta derecede olduğu tanımlandı.

B.K. aynı zamandan hastaneye yatışından beri kendini yorgun hissettiğini, günde en fazla 3-4 saat uyuduğunu, geceleri sık sık uyandığını ve derin uykuya dalamadığını ifade etmektedir. B. K. ve eşi bu hastalıklardan çok yorulduklarını ifade etmiş olup, B.K'nın eşi eşinin hastanede yatmasından ve bakımını üstlenmesinden dolayı çocuklarına bakamadığından yakınmaktadır. B.K. ve eşi yokken çoğu zaman çocukların bakımını anneanneleri üstlenmekte olup, gerektiğinde büyük çocuklar küçüklerle ilgilenmektedir. Eşi B.K'nın son zamanlarda aşırı derece sinirli ve stresli olduğunu, yürüyemediği için hastane odasından sıkıldığını ve en ufak bir şeyde kendisine bağırdığını ve bu nedenle de sık sık ağladığını ifade etmektedir.

B. K. namazını oturduğu yerden kıldığını, ama ilaçları ve mevcut hastalıklarından dolayı son yıllarda orucunu tutamadığını ve umreye çok gitmek istediğini, bu hastalık durumunda gidemeyeceğini düşünüp üzüldüğünü ve daha önce gitmediği için pişman olduğunu söylemektedir. B.K'nın eşi çocuklarının hastaneye yattığından beri ziyarete gelmediklerini ve bu yüzden B.K'nın çocuklarına kırıldığını ve telefonlara çıkmadığını ifade etti. B.K. hastaneye yatmadan önce sıklıkla çay ocağına gittiğini, oradaki arkadaşlarıyla güzel vakit geçirdiğini, şimdi ise arkadaşlarının onu ziyarete bile gelmediğini ifade etmiştir. Hastalıklarının Allahtan geldiğine inanmakta ve hastalığının bir sebep olacağına, zamanı ve yeri geldiğinde öleceğine inanmaktadır. Hasta sıklıkla hastaneden ne zaman çıkacağım, ibadetlerimi ne zaman

yapacağım, bir daha arkadaşlarımla ne zaman buluşabilirim diye yakınmakta ve sorular sormaktadır. B. K. ve eşi hastalıkları ve olası durumlar hakkında bilgi sahibi olmadıklarını sadece kalbinden rahatsız olduğunu bildiklerini söylemektedir.

Son alınan verilere göre;

Yaşam Bulguları:

Vücut Sıcaklığı:36.5°C, Nabız:78 /dk, Solunum:20 /dk, sPO₂: Oksijensiz %92, Kan basıncı: 130/80 mmHg.

Çizelge 1. Laboratuvar Bulguları

TETKİK ADI	SONUÇ	BİRİM	REFERANS ARALIĞI
Hemoglobin	11.3	mg/dL	13-17
WBC	9.29	10 ³ /μL	3.2-10.6
NEU	5.7	10 ⁹ /L	1.3-7.0
BASO	0.15	10 ³ /μL	0-0.3
RBC	5.62	10 ⁶ /μL	4.7-6.1
HGB	15.2	g/dL	13.5-17.5
HCT	43.7	%	38.5-50.0
MCV	85	fL	78-94
MCH	28.7	pg	27-33
PLT	295	10 ³ /μL	150-450
GLUKOZ	98	mg/dL	70-99
BUN(Kan Üre Azotu)	15.2	mg/dL	8-23
Ürik Asit	7.0	mg/dL	3.4-7.0
KREATİN	0.1	mg/dL	0.67-1.17
AST	18	U/L	0-50
ALT	15	U/L	0-50
ALP	104	U/L	30/120
LDL	46	mg/dL	<100
HDL	45	mg/dL	(>40
Mg	1.8	mg/dL	1.7-2.3
Ca	7.28	mg/dL	8.6-10.2
Na	138	mmol/L	136-145
K	4.9	mmol/L	3.5-5.1
Cl	103	mmol/L	101-109
CK	35	U/L	0-171
AMİLAZ	29	U/L	28-110
CRP	9.29	mg/dL	0-10

PT-s	15.2	sn	12-17
PT-INR	1.0		0.8-1.3
APTT	26.2	sn	25-36
pH	7.44		7.35-7.45
pCO ₂	42	mm/Hg	35-48
pO ₂	84.8	mm/Hg	83-108
Mg	1.91	mg/dL	1.6-2.6
Serum Demir	40	µg/dL	37-145
Albumin	3.0	µg/dL	3.2-4.6

Çizelge 2. Kullandığı İlaçlar ve Tedavi

İlaç adı	Sıklığı	Uygulama yolu
Cortair	2x1	Oral
Ipravent	4x2	Oral
Pulcet	1x1	Oral
Aldactone-A	1x1	Oral
Betablok SDK	1x1	Oral
Rivoksar	1x1.5	Oral
Delix	1x1.5	Oral
Digoxin-Assos	1x0.5	Oral
Furoson	4x2	IV

Çizelge 3. Myra Estrin Levine'in Koruma Modeli'ne Göre B.K.'nın Hemşirelik Bakımına Temel Oluşturan Verileri

Hastanın Adı Soyadı: B. K. Tıbbi Tanısı: Konjenital Kalp Yetmezliği, KOAH, Kronik Böbrek Yetmezliği Yatış Tarihi:02.01.2024	
BİREYİN DIŞ ÇEVRESİ	
Algısal Çevre	61 yaşında ve erkek cinsiyetindedir. 180 cm boyunda ve 70 kilogram ağırlığındadır. Sivas'ta yaşayan evli, dört çocuğu vardır.

	• İlköğretim mezunu, emekli ve sosyoekonomik durumu düşük olan B.K. eşi ve dört çocuğuyla (7-12-18-22 yaşlarında) beraber doğalgazlı küçük bir evde yaşamaktadır. • 5 yıl önceye kadar günde 2 paket sigara kullanan B.K., KOAH tanısından sonra sigarayı bırakmak zorunda kalmıştır. • B.K. ve eşi bu hastalıklardan çok yorulduklarını eşinin hastanede yatmasından ve bakımını üstlenmesinden dolayı çocuklarına bakamadığından yakınmaktadır.
İşletimsel (Operasyonel) Çevre	• Eşi B.K.'nın son zamanlarda aşırı derece sinirli ve stresli olduğunu, yürüyemediği için hastane odasından sıkıldığını ve en ufak bir şeyde kendisine bağırdığını bu nedenle de sık sık ağladığını ifade etmektedir.
Kavramsal Çevre	• B.K.'nın namazını oturduğu yerden kıldığını ama ilaçları ve mevcut hastalıklarından dolayı son yıllarda orucunu tutamadığını ve umreye çok gitmek istediği bu hastalık durumunda gidemeyeceği düşünüp üzüldüğünü ve daha önce gitmediği için pişman olduğunu söylemektedir.

Çizelge 4. BİREYİN DIŞ ÇEVREYE UYUMU (ORGANİZMİK CEVABI)

Savaş ya da Kaç Yanıtı	Inflamatuvar Yanıt	Stres Tepkisi	Algısal Yanıt
*Eşi ve dört çocuğuyla (7-12-18-22 yaşlarında) beraber doğalgazlı küçük bir evde yaşamaktadır.	*Ayak bilekleri ve tibia çevresinde +3 derece godenin mevcut olması.	***Hastanın eşine kötü davranması. *Eşinin hasta için endişelenmesi. **Hastalık süreciyle birlikte arkadaşlarıyla vakit geçirememesi (sosyalleşememesi). Eşi ve hastanın hastalık ve tedavi	**Hastaneden bir daha çıkamayacağını düşünmesi. **İbadetlerini yerine getirememesini hastalığa bağlaması.

		süreci hakkında bilgi eksikliği yaşamaları. *Eşinin çocuklarına bakamamasından dolayı yakınması.	
Uyum Özelliği: Tarihsellik*, Özgüllük**, Fazlalık ***			

3. DÖRT TEMEL KORUMA İLKESİNE GÖRE HEMŞİRELİK BAKIMI

“Enerjinin korunması” boyutuna yönelik belirlenmiş NANDA taksonomik yapısına dayalı olarak uygulanan hemşirelik tanıları;

- Dispneye bağlı “Beslenmede dengesizlik: Gereksinimden az beslenme”
- Yatak içi hareket edememeye, hareketsizliğe ve sıvı alımı yetersizliğinden dolayı bağırsak peristaltizmindeki azalmaya bağlı “Bağırsak boşaltımında değişiklik(konstipasyon)
- Yetersiz uyumaya bağlı “Uyku örüntüsünde değişim”
- Anemiye ve uykusuzluğa ve bağlı “Yorgunluk”
- Bilek ve tibia kısmındaki ödeme bağlı Ağrı
- Dispne, öksürük ve hareket kısıtlılığına bağlı Etkisiz Solunum Örüntüsü
- Kilo kaybına, yetersiz sıvı alımına, kalsiyum ve albümin düşüklüğüne bağlı sıvı elektrolit dengesizliği

“Yapısal bütünlüğün korunması” boyutuna yönelik belirlenmiş NANDA taksonomik yapısına dayalı olarak uygulanan hemşirelik tanıları;

- Anemiye, yorgunluğa ve yürümede güçlüğüne bağlı “Düşme riski”
- Kronik böbrek yetmezliğinden dolayı ayak bilekleri ve tibia çevresinde +3 derece gode olmasına bağlı Doku bütünlüğünde bozulma riski
- Mevcut hastalığı ve uzun süreli hastane yatışına bağlı Bakım verici rolünde zorlanma

“Kişisel bütünlüğün korunması” boyutuna yönelik belirlenmiş NANDA taksonomik yapısına dayalı olarak uygulanan hemşirelik tanıları;

- Hastanede yatmaya ve ibadetlerini yapamamasına bağlı “Spritüel (manevi) distres”
- Bacaklarındaki ödeme, renk değişikliğine ve hareket kısıtlılığına bağlı beden imgesinde bozulma
- Mevcut hastalık ve yeni duruma uyuma hakkında Bilgi eksikliği
- Hastane ortamı ve mevcut hastalık hakkında bilgisizlik, ibadet yapamamasından dolayı korku yaşamasına bağlı Ümitsizlik

“Sosyal bütünlüğün korunması” boyutuna yönelik belirlenmiş NANDA taksonomik yapısına dayalı olarak uygulanan hemşirelik tanıları;

- Hastanedeki yatış süresine ve mevcut hastalığına bağlı “Aile içi süreçlerinin devamında bozulma”
- Uzun süre hastanede yatma ve beden imajında bozulmaya bağlı Sosyal etkileşimde bozulma
- Hastanede yatış sürecine ve hastanın hareket kısıtlılığının olmasına bağlı Sosyal izolasyon

DÖRT TEMEL KORUMA İLKESİNE GÖRE HEMŞİRELİK BAKIMI**Çizelge 5. “Enerjinin korunması” boyutuna yönelik belirlenmiş hemşirelik tanıları;**

Hemşirelik Tanısı (07.01.2024)	Amaç/Etiyoloji/Semptom	Uygulama (07.01.2024-21.01.2024)	Değerlendirme (08.01.2024)
Yatakiçi hareket edememeye, hareketsizliğe ve sıvı alımı yetersizliğinden dolayı bağırsak peristaltizmindeki azalmaya bağlı “Bağırsak boşaltımında değişiklik(konstipasyon)	Amaç: B.K’nın normal barsak alışkanlığını yeniden kazanması. Etiyoloji: Sıvı alım yetersizliği ve hareketsizlik Semptom: Hasta günde 1 defa defekasyona çıktığını ve zorlandığını ifade etmesi	Diyette lifli, bol posalı gıdalar tercih etmesi sağlandı. Kronik böbrek yetmezliğinden dolayı sıvı kısıtlaması olan hastanın 1500 ml sıvı alması önerildi. Barsak boşaltımı için uyarıcı olması nedeniyle hastanın ılık su içmesi önerildi. Defekasyon rutinine geri dönüş için günün uyku zaman aralıkları belirlendi. Hastaya uygun pozisyon verildi (yarı çömelme pozisyonu). Tuvalette iken, batının alt kadrana masaj yapması öğretildi. Defekasyon uyarısı olduğunda ertelememesi önerildi. Düzenli egzersiz yapmanın önemi ve gerekliliği anlatıldı. Sık sık laksatif kullanmanın ve lavman uygulamanın sakıncaları anlatıldı. Hastaya olabildiğince erken mobilizasyon sağlandı. Aç karnına ılık su içmesi önerildi. Hastanın kalp yetmezliğinden dolayı ıkmaması kendini zorlamamasının gerekliliği anlatıldı.	Hastanın günlük 2 defa defekasyona çıktığı gözlemlendi. Hastanın günlük aldığı sıvı miktarı 1500 ml. Konstipasyon gözlenmedi.

Hemşirelik Tanısı (07.01.2024)	Amaç/Etiyoloji/Semptom	Uygulama (07.01.2024-21.01.2024)	Değerlendirme (09.01.2024)
Dispneye bağlı “Beslenmede dengesizlik: Gereksinimden az beslenme	Amaç: B.K'nın yeterli ve dengeli beslenmesi Etiyoloji: Dispne, etkisiz öksürük ve sekresyon varlığı Semptom: Hasta hastaneye yattığından beri iştahının azaldığını yemek yemek istemediğini ve genelde yemek yerken sekresyon varlığından dolayı midesinin bulandığını ifade etmesi.	Öncelik olarak hastanın beslenme örüntüsündeki değişikliklerin nedeni belirlendi. Günlük vücut ağırlığı, oral alım durumu, son 24 saatte tüketilen besin miktarı ve türü, besin tercihi, beş besin grubu ve sıvı tüketimi, yemek hazırlama durumu değerlendirildi. Yutkunma veya çiğneme durumu, bulantı ve kusma varlığı, tat alma duyusu, mukozit veya disfaji varlığı, barsak fonksiyonları (konstipasyon veya diyare varlığı) değerlendirildi. Beden kitle indeksi, kilo kaybı (son 6 ayda> %10 kilo kaybı) antropometrik ölçümler değerlendirildi. Ağrı, aşırı yorgunluk, psikolojik durum (örn: depresyon, anksiyete), aktivite düzeyi ve günlük yaşam aktivitelerini yerine getirme durumu, fiziksel performans durumu değerlendirildi. Dehidratasyon belirti ve bulguları (örn: susama hissi ↑, kuru oral mukoza, idrar miktarı ↓, kuru cilt, cilt turgor-tonüsü ↓, postural hipotansiyon, güçsüzlük, baş dönmesi, konfüzyon) değerlendirildi. Kan testleri (albumin, globulin, protein, kan glukoz düzeyi, BUN/kreatinin oranı, lenfosit sayımı) değerlendirildi. Dengeli beslenme ve besin öğelerinin önemi açıklandı ve incelemesi için yazılı doküman verildi. Dolgunluk hissine neden olacağından yemeklerden yarım saat öncesi sıvı tüketimine ara verildi.	Hasta hastanede çıkan yemeklerden (tuzsuz diyet) yediği gözlemlendi. Hastanın yutkunma ve çiğneme sıkıntısı yok AÇT Takibi: Aldığı:1500 ml Çıkardığı:900 ml Kan testleri: Albumin: 3,0 g/dl (3,2-4,6) Açlık Kan glukoz düzeyi: 98 mg/dl (70-110) Bun: 15.2 mg/dl (8-23) Kreatin: 0,8 mg/dl (0,5 – 1,1) WBC: 9.29 mm³ (4.37-9.68)

Hemşirelik Tanısı (07.01.2024)	Amaç/Etiyoloji/Semptom	Uygulama (07.01.2024-21.01.2024)	Değerlendirme (08.01.2024)
Yetersiz uyumaya bağlı “Uyku örüntüsünde değişim”	Amaç: B.K’nın yeterli ve etkin uyuması Etiyoloji: Hastane ortamı ve yeni hastalık sürecine uyum aşaması Semptom: Gün içinde kendini yorgun hissetmesi, geceleri sık sık uyandığını derin uykuya dalamadığını (3-4 saat), hastalığı ve tedavi süreci hakkında kaygılarının olduğunu ifade etmesi.	Hastanın uyku alışkanlığı ve uyku gereksinimi belirlendi. Hastanın uykusunu etkileyen durumlar ve normal uyku örüntüsü belirlendi. Hasta hastalık süreci ile ilgili bilgilendirildi. Uyku ve dinlenme dönemlerinde eklemlerin uygun pozisyonda olması sağlandı. (Örnek: kolların ve kalçanın yastıkla desteklenmesi) Hasta odasına giren çıkan kişilerin sayısı kısıtlandı. Dinlendirici, sessiz ve sakin ortam oluşturuldu. Uyku-uyanık olma dönemleri düzenlendi. Tedavi ve vital bulgu takibi hastanın uyuma düzenine göre ayarlandı. Hastanın uyumadan önce idrar yapması sağlandı. Hastanın yatmadan önce sıvı alımı kısıtlandı. Hastanın gündüzleri uyanık kalması için aktivite programı hazırlandı Hastanın uykuya dalmasını kolaylaştıracak girişimler planlandı. (Ilık süt içme, bitki çayları, kitap okuma, vb.). Öğleden sonra kafeinli içeceklerin alımı kısıtlandı. Hastanın uyuma ve uyanma saatlerine uyması sağlandı. Dispne atak durumlarında hastaya uygun pozisyon verilerek daha rahat nefes alması sağlandı. Hasta soru sorması için cesaretlendirildi, korkularını ifade etmesi sağlandı. Hastanın hastalığı ve tedavisi hakkında endişelendiği ve merak ettiği sorular cevaplandı hastanın rahatlaması kaygı düzeyi düşürüldü.	Hastanın uyku saatlerinde odası sessiz ve uyumasına uygun. Hastanın günlük uyuduğu saat: Gündüz: 1 saat Gece: 5-6 saat Hastanın önceki günlere göre uyku saati ve kalitesi arttı.

Hemşirelik Tanısı (08.01.2024)	Amaç/Etiyoloji/Semptom	Uygulama (08.01.2024-21.01.2024)	Değerlendirme (09.01.2024)
Anemiye, uykusuzluğa ve bağı “Yorgunluk”	Amaç: B.K’nın kendini iyi hissetmesi ve günlük aktivitelerini yorulmadan yapabilmesi. Etiyoloji: Anemi, yorgunluk Semptom: B.K’nın geceleri uyuyamadığını ve kendini yorgun hissettiğini ifade etmesi, Yorgunluğu 0-10 (0 en az, 10 en yüksek) arasında derecelendirmesi istendiğinde 9 Puan vermesi.	Yorgunluğun nedeni belirlenmeye çalışıldı. Kişinin yaşamına yorgunluğun etkilerini ifade etmesine izin verildi. Bireyin güçlü yönlerini, yeteneklerini tanımasına yardım edildi. Bireyin kendisinin yapabileceği ve başkalarından destek alabileceği aktiviteler belirlendi. Önemli uygulamaları enerjisinin en yüksek olduğu zamanlarda yapması için planlamalar yapıldı. Enerjiyi koruma teknikleri tespit edildi. Hastanın sık kullandığı eşyalar yakınına yerleştirildi. Enerji sarf ettiren güç işler bütün haftaya yayıldı. Zorlu işlerden önce ve sonra hastanın dinlenmesi sağlandı.	Hasta uygulamalar sonrası eskisi kadar yorgunluk hissetmediğini ifade etti. Yorgunluğu 0-10 (0 en az, 10 en yüksek): 5 Puan’a geriledi.

Hemşirelik (09.01.2024)	Tanısı	Amaç/Etiyoloji/Semptom	Uygulama (09.01.2024-21.01.2024)	Değerlendirme (10.01.2024)
Dispne, öksürük ve hareket kısıtlılığına bağlı Etkisiz Solunum Örüntüsü		Amaç: Hastanın hava yolu açıklığının sağlanarak etkili ve yeterli solunumunu sürdürmesi, kişinin rahat soluk alıp verdiğini ifade etmesi. Etiyoloji: KOAH ve hareket kısıtlılığı Semptom: Dispne, solunum hızı ve derinliğinde değişiklik (artış), hastanın sık aralıklarla sekresyon çıkarması ve etkisiz öksürme	Hava yolu tıkanıklığına neden olan faktörler tanımlandı. Solunum hızı, ritmi, solunum sesleri, öksürük ve sekresyonun özelliği değerlendirildi. Hastaya derin solunum ve öksürme egzersizleri öğretildi. (burundan nefes al, nefesini 3-5 saniye tutabildiğince derin ağızdan ver (yavaş), ikinci nefesi al, tut ikinci kez derinden öksür şeklinde) Hasta hareket konusunda cesaretlendirildi. Hastaya yatak içi egzersizler yaptırıldı. Hastaya semi fowler/fowler pozisyon verildi. Hastanın sıvı alımı arttırıldı.	Nefes alırken burun kanatları solunuma katılmıyor. Solunum hızı: 26/dk Solunum sesleri: Akciğer sesleri normal Sekresyon özelliği: Etkisiz öksürme durumu mevcut olan hasta günde 2 -3 kez sekresyon çıkarmakta genellikle sekresyonun rengi sarı-beyaz şeklindedir. Hastanın hava yolu açık, etkili ve yeterli solunum sürdürüyor.

Hemşirelik Tanısı (09.01.2024)	Amaç/Etiyoloji/Semptom	Uygulama (09.01.2024-21.01.2024)	Değerlendirme (10.01.2024)
Ayak bileği ve tibia üzerindeki ödeme bağlı Ağrı	Amaç: B.K'nın ağrısının azalması veya olmadığını ifade etmesi. Etiyoloji: Konjenital kalp yetmezliğine bağlı bilek ve tibia bölgesinde ödem Semptom: Hastanın bilek ve tibia bölgesinde hareket sırasında ağrısının olduğunu ifade etmesi (Visual analog skala (VAS) ağrı ölçeği skalasına göre gün içinde ağrısını 3-6 hafif-orta derecede ağrı olarak tanımlaması.)	Ağrıya neden olan faktörler araştırıldı. Ağrının özelliği değerlendirildi. (yeri, süresi, şiddeti, yayılımı, ağrıyı başlatan ve rahatlatan faktörler) VAS kullanılarak ağrının derecesi belirlendi. Ağrı sırasında vital bulgular takip edildi. Hastaya tedavi süreci ile ilgili bilgi verildi. Hasta hareket konusunda cesaretlendirildi. Hastanın özellikle bacakları elevasyona alındı, takibi yapıldı. (kalp hizasından yukarıya) Akut ağrı sırasında kişinin dikkati farklı noktalara çekildi. Hastaya ağrıyı azaltıcı teknikler öğretildi. Masaj, pozisyon değişikliği, gevşeme teknikleri, derin solunum egzersizleri vs.)	Hasta ağrısının azaldığını ifade etti. Visual analog skala (VAS) ağrı ölçeği skalasına göre gün içinde ağrısını (1-3) hafif dereceye geriledi. Vital Bulgular: Vücut Sıcaklığı:36.6 °C, Nabız:90/dk, Solunum:25 /dk, Kan basıncı:130/75 mmHg. sPO ₂ : Oksijensiz %92 .

Hemşirelik Tanısı (11.01.2024)	Amaç/Etiyoloji/Semptom	Uygulama (11.01.2024)	Değerlendirme (12.01.2024)
Kilo kaybına, yetersiz sıvı alımına, kalsiyum ve albümin düşüklüğüne bağlı sıvı elektrolit dengesizliği	Amaç: Sıvı volüm eksikliğinin giderilmesi, Sıvı volüm eksikliği komplikasyonlarının önlenmesi. Etiyoloji: Oral olarak yetersiz sıvı alımı, aldığı çıkardığı dengesizliği, kalsiyum ve sodyum düşüklüğü Semptom: Hastanın hastaneye yattığı süre boyunca kilo vermesi (60 kg), laboratuvar değerlerindeki değişim (Ca: 7,28 mg/dL, Alb: 3,0 mg/dl)	Hastanın günlük alması gereken sıvı miktarı hesaplandı ve eksik olan sıvıyı alması sağlandı. Hasta yeterli miktarda su ve diğer sıvıları alması için desteklendi. Düzenli aralıklarla AÇT takibi yapıldı Günlük kilo takibi yapıldı. Serum elektrolitleri, BUN, idrar ve serum osmolarite düzeyleri izlendi. Kahve, çay ve greyfurt suyunun diüretik etkiye sahip olduğu ve sıvı kaybını arttırabileceği konusunda bilgi verildi. Hastanın beslenmesinde özellikle albümin değerinin yükseltecek yumurta,süt,et gibi protein kaynaklarından yeterli ve dengeli beslenmesi sağlandı. Kusma, diyare, ateşle ilgili ek sıvı kayıpları dikkate alındı. Ödem varlığından dolayı deri basınç ülseri belirtileri açısından izlendi. Hastaya 2 saatte bir pozisyon verildi. Ödemli ekstremiteler kalp seviyesinden yüksekte tutuldu. Ödemli cilt travmadan korundu. Hasta GİS kanama ve hipovolemi belirti ve bulguları açısından takip edildi.	Hastanın; Boy: 180 cm Kilo: 70 kg AÇT Takibi: Aldığı:1500 ml Ödem takibi yapıldı Çıkardığı:900 ml Ayak bilekleri ve tibia çevresinde +3 derece gode mevcut devam ediyor. Lab değerleri: BUN (Kan Üre Azotu): 15.2 mg/dL (8-23) Na: 138 mmol/L (136-145) Ca: 7,28 mg/dl Alb: 3,0 mg/dl

Çizelge 6. “Yapısal bütünlüğün korunması” boyutuna yönelik belirlenmiş hemşirelik tanıları;

Hemşirelik Tanısı (11.01.2024)	Amaç/Etiyoloji/Semptom	Uygulama (11.01.2024-21.01.2024)	Değerlendirme (12.01.2024-21.01.2024)
Anemiye, yorgunluğa ve yürümede güçlüğü bağlı “Düşme riski”	Amaç: Hastanın düşme riskinin en aza inmesi, hastanın güvenliğinin sağlanması. Etiyoloji: Anemi ve yorgunluk varlığı Semptom: -	Hastanede düşme açısından riskli alanlar tespit edildi. (İTAKİ Düşme Riski Ölçeği kullanılarak) Düşme riski olan hastanın odasının giriş kapısına ya da yatak başına DÖRT YAPRAKLI YONCA figürü asıldı. Sağlık personelleri, düşme riski olan hastalar hakkında bilgilendirildi. Hastanın yakınlarına alınacak önlemlerle ilgili bilgi verildi, işbirliği yapıldı. Hastanın kendi başına hareketi engellenmesi, kısıtlanması sağlandı. Hasta yardım istemesi konusunda bilgilendirildi. Değerlendirme kriterleri düzenli olarak takip edildi. Hasta saat başı ziyaret edildi, gerekli durumlarda oda kapısı açık tutuldu. Kullanılan ekipmanlar hastayı riske sokmayacak şekilde düzenlendi. Hasta odasında gereksiz eşyalar (yerlerde kablo vs.) bulunmaması sağlandı. Hasta ayağa kalkmak istediğinde yalnız kalkmaması konusunda ve ayağa kalkmak istediğinde mutlaka hemşireyi çağırması konusunda bilgilendirildi. Hasta ayağa kalkarken hemşire veya personel tarafından yardım ve destek sağlandı. Hastanın uzanması, dengesini yitirmesi önlendi. Bunun için portatif yemek masası, etejer, sandalye vb hasta yatağına yakın olarak yerleştirildi. Telefon, çağrı zili ve diğer ulaşması gereken nesneler uzanmadan alabileceği mesafede tutuldu. Yatak kenarlarının yukarıda, yatak tekerleklerinin kilitli tutulması sağlandı. Hasta transferinin tekerlekli sandalye veya sedye ile yapılması durumunda gerekli önlemler alındı. Etkili bir oda aydınlatması sağlandı. Hastanın kas güçsüzlüğünü ve kemiklerinin tutulumunu gidermek için belli aralıklarla yürüyüş gibi kondisyon artırıcı hareketler yaptırıldı. Hastanın hijyen, tuvalet vb. ihtiyaçları için destek olundu. Kaymayan ayakkabı ya da terlik kullanması sağlandı.	İTAKİ DÜŞME RİSKİ ÖLÇEĞİ :10 Puan (yüksek risk) Hastada herhangi bir düşme yaşanmadı. Hastane ve hastanın odası hastanın düşmemesi için uygun. (Yerler kuru, uygun aydınlatma, yatak korkulukları açık, ihtiyacı olan nesneler yakınında)

Hemşirelik (12.01.2024)	Tanısı	Amaç/Etiyoloji/Semptom	Uygulama (12.01.2024-21.01.2024)	Değerlendirme (13.01.2024)
Kronik böbrek yetmezliğinden dolayı ayak bilekleri ve tibia çevresinde +3 derece gode olmasına bağlı Doku bütünlüğünde bozulma riski		Amaç: Deri bütünlüğünün bozulmaması Etiyoloji: Kronik böbrek yetmezliği ve konjenital kalp yetmezliği hastalığının olması. Semptom: -	Hastanın hastaneye kabulü takiben bası yarası gelişme riski açısından değerlendirildi ve kayıt altına alındı. Hastanın cildi değerlendirildi. (Braden bası skalası kullanıldı, basınç bölgeleri kontrol edildi) Kontrendike olmadığı durumlarda hastanın hidrasyonu sağlandı. Hastanın günlük vücut ve perine bakımı sağlandı. Cildin temiz ve kuru olması sağlandı Düzenli olarak pozisyon verildi. (iki saat ara ile ve gereken durumlarda) Hastaya pozisyon değişikliği sırasında kızarıklık ve bası yarası açısından riskli bölgeler değerlendirildi. Yatak çarşaflarının temiz, kuru ve kırışksız olmasına özen gösterildi. Hastanın giysileri temiz ve kuru olma sağlandı. Giysi seçiminde terletmeyen kıyafetler tercih edildi. Aldığı çıkardığı takibi yapıldı. Hasta inkontinans açısından gözlemlendi. Hastanın el tırnaklarının oval ve kısa kesilmesi sağlandı.	Aldığı:1500 ml Çıkardığı:900 ml Hastanın bası yarası açısından riskli bölgelerinde ve ödemli bölgelerde doku bütünlüğünün bozulmasına yönelik belirti ve bulgularına rastlanmadı. Braden bası skalası :14 puan orta riskli (13.01.2024-21.01.2024)

Hemşirelik (14.01.2024)	Tanısı	Amaç/Etiyoloji/Semptom	Uygulama (14.01.2024-21.01.2024)	Değerlendirme (15.01.2024)
Mevcut hastalığı ve uzun süreli hastane yatışına bağlı eşinin Bakım verici rolünde zorlanma		Amaç: Bakım vericinin bakım verici rolünün güçlenmesi Etiyoloji: Mevcut hastalık ve hastane de yatış durumu. Semptom: B.K. ve eşi bu hastalıklardan çok yorulduklarını eşinin hastanede yatmasından ve bakımını üstlenmesinden dolayı çocuklarına bakamadığından yakınması.	Zorlanmaya neden olan veya arttıran faktörler gözlemlendi Öğüt vermeden önce dinlendi ve kişiye destek olundu. Refakatçi değişikliği konusunda destek olunarak eşinin de dinlenmesi sağlandı. Hangi aktivitelerde yardım istediği belirlendi. Kişinin endişeleri paylaşıldı ve yeterlilik duygusunun farkına vardırıldı. Dinlenme periyotları içeren bakım planlandı. Kişinin düşüncelerini paylaşmasına olanak sağlandı ve yapıcı olundu.	B.K.'nın eşi çocukları ve kayınvalidesi ile iletişimi sonrası çocuklarının mutlu görünmenin onu da mutlu ettiğini ifade etti. Eşinin de hastalığı kabullendiğini ve refakatçi değişimi sağlanmasının ona iyi geldiğini belirtti.



Çizelge 7. “Kişisel bütünlüğün korunması” boyutuna yönelik belirlenmiş hemşirelik tanıları;

Hemşirelik Tanısı (14.01.2024)	Amaç/Etiyoloji/Semptom	Uygulama (14.01.2024-21.01.2024)	Değerlendirme (17.01.2024)

Hastanede yatmaya ve ibadetlerini yapamamasına bağlı “Spritüel (manevi) distres”	Amaç: Hastanın Spiritüel gereksinimlerini karşılaması Etiyoloji: Hastane de yatmak ve mevcut hastalığına bağlı ibadetlerini yerine getirememesi Semptom: B.K. namazını oturduğu yerden kıldığını ama ilaçları ve mevcut hastalıklarından dolayı son yıllarda orucunu tutamadığını ve umreye çok gitmek istediği bu hastalık durumunda gidemeyeceği düşünüp üzüldüğünü ve daha önce gitmediği için pişman olduğunu belirtmesi.	Kişinin manevi inanç ve alışkanlıkları kabul edilir. Bu duruma neden olan faktörler; Utanma, ortam koşulları, fiziksel kısıtlılık vb. değerlendirildi. Hastaya önyargısız bir davranış sergilendi. Manevi gereksinimlerin önemi vurgulandı. Manevi gereksinimlerinin karşılanmasında hastaya yardımcı olundu. Ortamda sessizlik ve mahremiyet sağlandı. Sağlığı için sakıncalı olmayan ritüellerin gerçekleştirilmesi için kişi cesaretlendirildi. Geçmişteki inançları, alışkanlıkları hakkında sorular sorarak kişinin duygularını ifade etmesi sağlandı. Kişinin dinsel görevlerini yerine getirmesi için ihtiyacı olan objeler ailesinden veya yakınlarından temin edildi. Kişiye destek ve yardımcı olmaları için aile bireyleriyle irtibata geçildi.	Hasta ibadet gereksinimlerinin önemsenmesinin onu mutlu ettiğini ifade etti. İbadetlerini yerine getirmekten mutlu ve huzurlu olduğunu ifade etti.

Hemşirelik Tanısı (15.01.2024)	Amaç/Etiyoloji/Semptom	Uygulama (15.01.2024-21.01.2024)	Değerlendirme (17.01.2024)

Bacaklarındaki ödeme, renk değişikliğine ve hareket kısıtlılığına bağlı beden imgesinde bozulma	Amaç: B.K.'nın beden imajının olumlu yönde olması, hastalık ve süreç adaptasyonun artması ve sosyal ilişkilerini daha rahat-nitelikli sürdürmesi Etiyoloji: Kronik böbrek yetmezliğine bağlı ödem (+3 derece gode mevcut). Semptom: B.K. bacaklarının aşırı derecede şişmesinden dolayı yürüyemediğini, yürürken ağrı ve zorluk yaşadığını; görünüşünden rahatsız olduğunu ifade etmesi.	Duygularını, özellikle kendisi hakkında hissettiklerini, düşündüklerini, kendine bakış açısını ifade etmesi için birey cesaretlendirildi. Sağlık problemi, tedavi, gelişmeler, tedavi ve seyri konusunda soru sormaya cesaretlendirildi. Sorduğu sorulara anlayacağı biçimde açıklama yapıldı. Hastanın hastalığı hakkında geçerli ve güvenilir bilgi verildi. Güvenli bir çevre sağlandı. Hastanın mahremiyeti sağlandı. Güven verici hasta-hemşire ilişkisi kuruldu. Akranları ve ailesiyle vakit geçirmesi zaman ayarlandı. (çocukları ve arkadaşları) Kendi hakkında konuşması için cesaretlendirildi. Yapabileceği aktivitelerde hasta desteklendi ve mutlaka geribildirimlerde bulunuldu. Bağımsızca yapabildiği aktiviteler desteklenip başarılı olduğunun hissettirilmeye çalışıldı. Hasta benlik saygısını artırabileceği aktivitelere yönlendirildi. Kendisi hakkındaki algı ve düşüncelerini paylaşması sağlandı, yanlış olanlar düzeltilmeye çalışıldı. Yaşamakta olduğu negatif duygular hastadan birebir dinlendi. Hastanın bakıma katılımı sağlandı.	Hastanın güven duygusunun geliştiği gözlemlendi. Çocuklarının ona olumlu şeyler söylemesi ve yanlarında olduğunu bilmesi hastayı rahatlattı.

Hemşirelik Tanısı (16.01.2024)	Amaç/Etiyoloji/Semptom	Uygulama (16.01.2024-21.01.2024)	Değerlendirme (17.01.2024)
Mevcut hastalık ve yeni duruma uyuma hakkında Bilgi eksikliği.	Amaç: Hastanın ve ailesinin hastalığı hakkında bilgi sahibi olması ve hastanın hastalığı konusundaki endişelerinin azalması. Etiyoloji: Mevcut hastalık ve yeni durumu olması Semptom: Hasta sıklıkla hastaneden ne zaman çıkacağım, ibadetlerimi ne zaman yapacağım, bir daha arkadaşlarımla ne zaman buluşabilirim diye yakınmaktadır ve sorular sormaları. Eşi ve kendisi hastalıkları ve olası durumlar hakkında bilgi sahibi olmadıklarını sadece kalbinden rahatsız olduklarını bildiklerini ifade etmeleri.	Hastanın bilgi eksikliğinin nedenleri araştırılır ve öğrenme biçimleri belirlendi. Hastalığı ile ilgili soru sormaya cesaretlendirildi. Sorduğu sorular açık ve net şekilde cevaplandı. Hastanın hastalığına ilişkin bilgi gereksinimleri saptandı. Eksik ve yanlış bilgi ve inanışları; hastalığa Karşı tutum ve davranışları, kullandığı ilaçlar, doğru kullanımı ve yan etkileri, tedavisi ve diyeti hakkında, güvenli ve etkili iletişim ortamı sağlanarak, hastaya uygun zamanda eğitim gerçekleştirildi. Hastaya hastalığı, tedavisi, ilaçları, mobilizasyon hakkında bilgi verildi. Hastanın hastalığı ile ilgili psikomotor beceri gerektiren durumlar hakkında bilgi verildi. (nebulizatör kullanımı) Gerektiğinde uygulamalı eğitim verildi.	Hastanın eğitim sonrası endişelerinin azaldığı, daha rahat görüldüğü ve önceki kadar soru sormadığı gözlemlendi. Hasta verilen bilgileri anladığını ifade etti.

Hemşirelik Tanısı (16.01.2024)	Amaç/Etiyoloji/Semptom	Uygulama (16.01.2024-21.01.2024)	Değerlendirme (19.01.2024)
Hastane ortamı ve mevcut hastalık hakkında bilgisizlik, ibadet yapamamasından dolayı korku Ümitsizlik	Amaç: Hastanın içinde bulunduğu durumla başa çıkabilme becerisi kazanması, kendi bakımına katılması. Etiyoloji: Hastane ortamı ve mevcut hastalık hakkında bilgisizlik, ibadet yapamamasından dolayı korku yaşaması. Semptom: B.K. ve eşi bu hastalıklardan çok yorulduklarını ifade etmesi, Eşi ve kendisi hastalıkları ve olası durumlar hakkında bilgi sahibi olmadıklarını sadece kalbinden rahatsız olduklarını bildiklerini belirtmesi.	Hastanın endişelerini, şüphelerini ve korkularını ve ümidinin kırıldığı durumları sözel olarak ifade etmesi sağlandı. Açık bir iletişim sağlandı. Hastaya tüm tedavi yöntemleri açıklanır, soruları yanıtlandı. Yapılan/yapılacak işlemler ve tedavi süreci ve prognozu hakkında aile üyelerine bilgi verildi ve soru sorması sağlandı. Mümkün olduğu sürece hastanın ve ailesinin bakıma katılması sağlandı. Kişinin bireysel baş etme yöntemleri hakkında bilgi alındı ve kullanması için desteklendi. Manevi gereksinimi karşılamak için ortam ve kaynaklar hakkında hasta bilgilendirildi.	Hastanın bakımına daha etkin katıldığı gözlemlendi. Hastaya ibadetlerinin yapımı hakkında verilen bilgiler sonrası anlatılanları uyguladığı gözlemlendi.

Çizelge 8. “Sosyal bütünlüğün korunması” boyutuna yönelik belirlenmiş hemşirelik tanıları;

Hemşirelik Tanısı (17.01.2024)	Amaç/Etiyoloji/Semptom	Uygulama (17.01.2024-21.01.2024)	Değerlendirme (20.01.2024)
Hastanedeki yatış süresine ve mevcut hastalığına bağlı “Aile içi süreçlerinin devamında bozulma”	Amaç: Aile üyelerinin birbiri ile iletişiminin artması ve güçlenmesi Etiyoloji: Aile içi iletişimin etkili bir şekilde kurulmaması, hastanın hastanede yatmaya bağlı anksiyete yaşaması. Semptom: B.K.’nın eşi çocuklarının hastaneye yattığından beri ziyarete gelmediklerini ve bu yüzden B.K.’nın çocuklarına kırdığını ve telefonlara çıkmadığını ifade etmesi. B.K. ve eşi bu hastalıklardan çok yorulduklarını eşinin hastanede yatmasından ve bakımını üstlenmesinden dolayı çocuklarına bakamadığından yakınmaktadır.	Aile üyelerinin etkili iletişim kurmaları sağlandı. Aile üyeleri arasındaki oluşan sorunlar belirlendi. Belirlenen sorunlar neticesinde aile üyelerinin tam olarak katılımı ile çözümler üretildi. Aile üyeleriyle babalarını ziyaret etmeleri konusunda annelerinin de onları teşvik etmeleri ve bunun önemi konusunda öncülük edildi. Aile üyelerinin görevleri cinsiyet ayrımına neden olamayacak şekilde hasta ve eşi ile birlikte planlandı. Aile üyelerine birbirine destek olması konusunda destek sağlandı. Aile üyelerinin dışarıdan herhangi bir olumsuz yönlendirmeye maruz kalmamaları ve olumlu destek faktörleri konusu hasta ve eşi ile birlikte değerlendirildi. . Çocukların bozulan aile içi süreçlerden olumsuz yönde etkilenebileceği ebeveynlere anlatıldı. Çocukların herhangi bir fiili veya sözlü kavgaya şahit olmamaları gerektiği anlatıldı. Aile üyeleri arasındaki saygı korunması gerektiği belirtildi.	Girişimler sonrası B.K.’nın eşine daha sabırlı ve daha iyi davrandığı gözlemlendi. Aynı zamanda çocuklarını görmesinin pozitif yönde hastaya iyi geldiği gözlemlendi.

Hemşirelik Tanısı (18.01.2024)	Amaç/Etiyoloji/Semptom	Uygulama (18.01.2024-21.01.2024)	Değerlendirme (19.01.2024)
Uzun süre hastanede yatma ve beden imajında bozulmaya bağlı Sosyal etkileşimde bozulma	Amaç: Hastanın sosyal etkileşiminin geriye dönmesi ve sosyal yaşantısının iyileşmesi Etiyoloji: Fiziksel hareketlilik ve enerjinin sınırlanması, hastalıklar sonucu fiziksel yetersizliklere bağlı iletişimin engellenmesi, bedenindeki fiziksel değişiklikler. Semptom: B.K.'nın hastaneye yatmadan önce sıklıkla çay ocağına gittiğinin oradaki arkadaşlarıyla güzel vakit geçirdiğini şimdi ise arkadaşlarının onu ziyarete bile gelmediğini ifade etmesi aynı zamanda bacaklarındaki ödemden dolayı görünüşünden rahatsız olduğu ifade etmesi.	Bireyle konuşularak sorunun kaynağı belirlendi. Bireyin duygu ve düşüncelerini ifade etmesine olanak sağlandı. Bireye yaşadığı stres durumu ile ilgili başa çıkma yöntem ve teknikleri öğretildi. Bu süreç içerisinde ailenin desteği alındı. Hastanın arkadaşlarıyla iletişimi sağlandı. Günlük sosyal aktiviteler planlandı ve mümkün oldukça katılımı sağlandı. Bireyin sevdikleri ile sık sık zaman geçirmesi sağlandı. (Arkadaşları ve çocukları) Süreç içerisinde yararlı görülen davranışlar gözlemlenerek bu davranışlar desteklendi. Bireyin mümkün oldukça yalnız bırakılmaması sağlandı. (Genellikle eşi yanında oldu)	Hastanın genellikle oda da yalnız kalmadığı gözlemdi. Arkadaşlarının onu ziyarete geldiği gözlemdi. Ziyaretçiler gittikten sonra hastanın yüzündeki mutluluk ve kendini iyi hissettiği gözlemlendi.

Hemşirelik (19.01.2024)	Tanısı	Amaç/Etiyoloji/Semptom	Uygulama (19.01.2024-21.01.2024)	Değerlendirme (20.01.2024)
Hastanede yatış sürecine ve hastanın hareket kısıtlılığının olmasına bağlı Sosyal izolasyon		Amaç: Hastanın sosyal izolasyondan çıkması, kendini farklı gruplarda rahat ifade edebilmesi, çevresiyle pozitif yönlü iletişim kurabilmesi. Etiyoloji: Hastane de yatış süreci ve hareket kısıtlılığının olması Semptom: B.K.'nın eşi çocuklarının hastaneye yattığından beri ziyarete gelmediklerini bu yüzden B.K.'nın çocuklarına kırıldığını telefonlara çıkmadığını, arkadaşlarının onu ziyarete bile gelmediklerini ve üzüldüğünü ifade etmesi.	Hastada sosyal izolasyona neden olan faktörler saptandı. Hastanın kendisini doğru ifade edebilmesi için yeterli zaman ayrıldı. Hastanın duygularını ifade etmesine, soru sormasına fırsat verildi. Soruları uygun bir dille cevaplandı. Hastanın çocuklarıyla iletişime geçildi hastaneye gelmelerinin babaları için önemi iletili. Hasta günlük yaşam aktivitelerine katılması için cesaretlendirildi. Bireyin sosyalleşmesini sağlayacak yöntemler bireyle birlikte seçildi. Hasta ve yakınlarının bilgi gereksinimlerine yönelik eğitim planlandı ve uygulandı.	Çocuklar babalarını ziyarete geldiler Hastanın moral ve iletişim olarak daha iyi olduğu belirlendi. Hastanın yan odalardaki hastalarla iletişim halinde olduğu gözlemlendi.

4. SONUÇ

Sonuç olarak kavramlar ve kavramları açıklayan modellerin kullanımı hemşirelik sürecinin bilimsel temellere dayandırarak daha planlı ve sistemli hale gelmesini sağlamaktadır. Özellikle çoklu kronik hastalığı olan hastalarda koruma ilkeleri doğrultusunda hastalığa uyumun sağlanması, bireyin bütünlüğünün ve var olan enerjisinin korunması ve yükseltilmesi gerekmektedir.

Bu bağlamda B.K.'nın hemşirelik bakım sürecinin bu modele dayalı olarak yürütülmesi sistematik bir yaklaşımı sağlamış, problemlerin görünürlüğünü sağlayarak, neden-sonuç ilişkisi doğrultusunda, bütüncül bakımın sunulmasını desteklemiştir. Kronik hastalıklara sahip bir bireyin hemşirelik bakım amaçlarına uygun bir model olan Levine Koruma Modeli bu hastaların bakımında hemşireler tarafından kolaylıkla kullanılabilir ve olumlu sonuçlar gözlemlenebilir.

KAYNAKLAR

1. Biordi, D. L. Nicholson, N. R. (2013). "Social Isolation", Chronic Illness, Impactand Intervention, Ed.: Ilene Morof Lubkin, Pamala D. Larsen, Burlington, Jones&Bartlett Learning.
2. Görgülü, Ü., Fesci, H. (2011). "Epilepsi İle Yaşam: Epilepsinin Psikososyal Etkileri", Göztepe Tıp Dergisi, 26 (1): 27-32.
3. Schaefer KM, (2014), Myra Estrin Levine: The Conservation Model, "Alligood MR (eds): Nursing Theorists and Their Work, 8. Baskı" kitabında s.205-211, Elsevier Health Sciences, Missouri.
4. Şenol, S., & Sevgili, S. A. (2018). Metotreksata Bağlı Kutanöz Ülserasyonda Levine Koruma Modeli'ne Göre Bakım. *İzmir Kâtip Çelebi Üniversitesi Sağlık Bilimleri Fakültesi Dergisi*, 3(3), 39-46.
5. Özkutlu S, Saraçlar M. (1996), Konjestif Kalp Yetmezliği. *Katkı Pediatri Dergisi*; 17:722-44.
6. Schaefer KM, (2014), Myra Estrin Levine: The Conservation Model, "Alligood MR (eds): Nursing Theorists and Their Work, 8. Baskı" kitabında s.205-211, Elsevier Health Sciences, Missouri.
7. Şenol, S., & Sevgili, S. A. (2018). Metotreksata Bağlı Kutanöz Ülserasyonda Levine Koruma Modeli'ne Göre Bakım. *İzmir Kâtip Çelebi Üniversitesi Sağlık Bilimleri Fakültesi Dergisi*, 3(3), 39-46.
8. Alligood MR. Philosophies, models, andtheories: critical thinking structures. Alligood MR, Tomey AM.(eds). In Nursing theory: Utilization&application. Newyork: Mosby Elsevier 2006; 43-61.
9. Şimşek, P., & Çilingir, D. (2018). Çevreye Uyum ve Bütünlüğün Korunması: Levine'nin Koruma Modeli. *Balıkesir Sağlık Bilimleri Dergisi*, 7(1), 34-41.
10. Abumaria, I.M., Hastings-Tolsma, M., Sakraida, T.J., (2015), Levine's Conservation Model: A framework for advanced gerontology nursing practice, *Nursing Forum*, 50, 179-188.
11. Fawcett, J., (2005), Analysis and Evaluation of Contemporary Nursing Knowledge: Nursing Models and Theories. In J. Fawcett (Eds.), Levine's conservation model. (pp.128-165). 2.nd Ed. Philadelphia: F.A. Davis.
12. Özcan Ş, & Eryılmaz G. Levine'in koruma modeli. *Türkiye Klinikleri Journal Of Obstetric Women's Health And Diseases Nursing Special Topics*. 2017; 3(3): 225-230.

13. Karagözoğlu, Ş. (2017). Myra Estrin Levine: Koruma modeli. Karadağ, A., Çalışkan, N., & Göçmen Baykara, Z (Eds.), Hemşirelik teorileri ve modelleri (pp. 288-326). İstanbul: Akademi Basın ve Yayıncılık.
14. George, J.B., (2002), Nursing Theories: The Base for Professional Nursing Practice. In J. George (Eds.), The conservation principles: A model for health. (pp.225-240). Upper Saddle River, (NJ): Prentice Hall.
15. Gümüş, M., Yıldırım, Y., Aykar, F. S., & Fadiloğlu, C. (2020). Nursing Model and Care: Evaluation of a Diagnosed Infant with Short Bowel Syndrome by Levine Protection Model/Hemşirelik Modeli ve Bakım: Kısa Barsak Sendromu Tanılı Bir Bebeğin Levine Koruma Modeli İle Değerlendirilmesi. *Journal of Education and Research in Nursing*, 17(1), 91-98.
16. Özkutlu S, Saraçlar M. (1996), Konjestif Kalp Yetmezliği. *Katkı Pediatri Dergisi*; 17:722-44.
17. Demirağ, H., Demirbağ, B. C., & Hintistan, S. (2021). Yaşlı Bir Olgunun Yoğun Bakım Ünitesinde Myra Estrin Levine'nin Koruma Modeline Göre Hemşirelik Bakımı. *Geriatrik Bilimler Dergisi*, 4(1), 35-44.
18. Dolgun, G., İnal, S., & Bozkurt, G. (2013). Çocuklarda dolaşım sistemi hastalıkları ve hemşirelik bakımı. *Conk Z, Başbakkal Z, Yılmaz HB, Bolışık B, editörler. Pediatri hemşireliği. Ankara: Akademisyen Tıp Kitabevi*, 410-13.
19. Fawcett, J., (2005), Analysis and Evaluation of Contemporary Nursing Knowledge: Nursing Models and Theories. In J. Fawcett (Eds.), Levine's conservation model. (pp.128-165). 2.nd Ed. Philadelphia: F.A. Davis.
20. George, J.B., (2002), Nursing Theories: The Base for Professional Nursing Practice. In J. George (Eds.), The conservation principles: A model for health. (pp.225-240). Upper Saddle River, (NJ): Prentice Hall.
21. Levine, M.E., (1991), Levine's Conservation Model: A Framework for Nursing Practice In K.M. Schaefer & J.B. Pond (Eds.), The conservation principles: A model for health. (pp.1-11). Philadelphia: F.A. Davis.
22. Spear HJ. Nursing theory and knowledge development: a descriptive review of doctoral dissertations, 2000-2004. *Adv Nurs Sci* 2007; 30(1): 1-14.

THE ROLE OF GENETICS IN SKELETAL CLASS III ANOMALIES

PhD Student Dt., DAMLA ÇARDAK¹

¹Izmir Katip Celebi University

[-https://orcid.org/0000-0002-1479-6703](https://orcid.org/0000-0002-1479-6703)

Asst. Prof. Dr., BERŞAN KARADEDE²

²Yalova University

<https://orcid.org/0000-0001-9500-2188>

Orthodontist Dr., RAFAEL ECIJA NAVARRO³

³Central Military University Hospital "Gomez Ulla"

<https://orcid.org/0000-0002-0072-4709>

Assoc. Prof. Dr. Dr., Beyza KARADEDE ÜNAL⁴

⁴Izmir Katip Celebi University

<https://orcid.org/0000-0002-0035-0444>

ÖZET

Ortodontik maloklüzyonlar diş, çene ve yüz sistemindeki büyüme ve gelişim sürecinde mevcut dengenin bozulmasıyla meydana gelmektedir. Maloklüzyon, dünyada popülasyonları etkileyen, ağız fonksiyonlarının bozulmasına, dental travmaya, periodontal hastalığa ve dentofasiyal estetiğin azalmasına neden olan yaygın bir diş ve/veya çene düzensizliğidir. Moss'un Fonksiyonel Matriks Teorisine göre büyüme, kas fonksiyonu ve hava yolu gereksinimleri gibi fonksiyonel ihtiyaçlara cevap olarak gerçekleşmektedir. Kas kompozisyonunu veya kas aktivitesiyle ilgili özellikleri etkileyen genetik varyasyonlar, iskelet konfigürasyonunu da etkileyecektir. Çiğneme kasları ve temporomandibular eklemi etkileyen mekanizmaların ve genlerin tanımlanması iskeletsel varyasyonlar için teşhis ve tedaviye yardımcı olacaktır.

İskeletsel Sınıf 3 anomaliler morfolojik olarak; maksiller yetersizlik, mandibular prognatizm veya her ikisinin kombinasyonu şeklinde olabilir. Bununla birlikte, sefalometrik incelemeler doğrultusunda, yapılan analizde çenelerin birbirleri ve kafa kaidesi ile olan ilişkilerinin normal olduğu fakat üst keserlerin retruze olduğu, alt keserlerin ise protruze olduğu yanlış ya da Sınıf III maloklüzyon olarak sınıflandırılabilirler. İskeletsel Sınıf 3 anomalilerin gelişimine çok çeşitli çevresel faktörler katkıda bulunmasına rağmen genellikle ailesel kümelenme ve kalıtsal eğilim ile genetik önemli bir etiyolojiye sahiptir. Genetik kalıtım ile ilgili yapılan ilk çalışmalar soyağacı araştırmalarına dayanmaktadır. Avrupa'nın soylu ailelerinden biri olan Habsburg ailesine ait soy ağacı incelendiğinde dokuz nesil boyunca kayıtlarına ulaşılabilen 40 bireyden 33'ünde mandibular prognati görülmüştür. Yapılan diğer Sınıf 3 fenotipli ailelerin genetik analizleri ile beraber poligenik kalıtım hipotezi desteklenmiştir. Literatürde yer alan çeşitli

çalışmalarda EPB41, MATN1, SSX2IP, PLXNA2, COL2A1, MYO1H, TGFB3, LTBP2, DUSP6, HOX3, ERLEC1, FGF ailesi ve IGF1 genlerinin iskeletsel sınıf 3 anomalilerle ilişkili olduğu tespit edilmiştir. İlgili genler ve kromozom bölgelerinin daha iyi belirlenebilmesi amacıyla güncel çalışmalar devam etmektedir.

Bu çalışmada tüm yönleriyle iskeletsel sınıf 3 anomalilerde genetiğin rolü incelenecektir.

Anahtar kelimeler: Genetik, Anomaliler, Maloklüzyon

ABSTRACT

Orthodontic malocclusions occur when the existing balance in the growth and development process of the teeth, jaw and facial system is disrupted. Malocclusion is a common tooth and/or jaw irregularity that affects populations around the world, causing impaired oral function, dental trauma, periodontal disease and decreased dentofacial aesthetics. According to Moss's Functional Matrix Theory, growth occurs in response to functional needs such as muscle function and airway requirements. Genetic variations that affect muscle composition or traits related to muscle activity will also affect skeletal configuration. Identification of the mechanisms and genes affecting the masticatory muscles and temporomandibular joint will aid in the diagnosis and treatment of skeletal variations.

Skeletal Class 3 anomalies are morphologically; It may be in the form of maxillary insufficiency, mandibular prognathism, or a combination of both. However, in line with cephalometric examinations, the analysis shows that the relations of the jaws with each other and with the skull base are normal, but the upper incisors are retruded and the lower incisors are protruded, which can be classified as false or Class III malocclusion. Although a wide variety of environmental factors contribute to the development of skeletal Class 3 anomalies, genetics generally have an important etiology with familial clustering and hereditary predisposition. The first studies on genetic inheritance were based on pedigree research. When the family tree of the Habsburg family, one of the noble families of Europe, was examined, mandibular prognathia was observed in 33 of the 40 individuals whose records were available for nine generations. The polygenic inheritance hypothesis was supported by genetic analyzes of other Class 3 phenotype families. Various studies in the literature have found that EPB41, MATN1, SSX2IP, PLXNA2, COL2A1, MYO1H, TGFB3, LTBP2, DUSP6, HOX3, ERLEC1, FGF family and IGF1 genes are associated with skeletal class 3 anomalies. Current studies continue to better identify relevant genes and chromosome regions.

In this study, the role of genetics in all aspects of skeletal class 3 anomalies will be examined.

Key words: Genetics, Anomalies, Malocclusion

1. INTRODUCTION

The craniofacial unit is a holistic structure in which different skeletal structures function in harmony. With the cephalocaudal growth pattern, all facial structures are displaced anteriorly and downward away from the cranium. They reach their ideal size and position through mutual relations and interactions in the growth and development process (1, 2).

Malocclusions, which were first defined by Edward H. Angle in 1899, appear in the article "Classification of Malocclusion" published in Dental Cosmos. Angle, who accepted the upper jaw as unchanging and fixed, defined class III malocclusion as anterior positioning of the lower jaw, mesial occlusion of the lower teeth and lingual inclination of the lower incisors (3). Class III anomalies are defined in two groups as functional and morphologic. In pseudo prognathia, i.e. functional class III anomalies, the problem is that although the upper and lower jaws are positionally normal, the lower jaw is positioned more anteriorly when moving to the closing position due to reasons such as early contact of the teeth, tonsillar hypertrophy and mimicry. In order for this condition not to become morphologic, the factor should be eliminated. Morphologic Class III anomalies are true skeletal malposition in the form of retrognathia superior, prognathia inferior or a combination of both due to the position of the upper and lower jaws in space. Correct diagnosis of the anomaly, the time to start treatment and effective treatment approach are extremely important (4). The prevalence of individuals with Class III malocclusion in the community is lower than other anomalies and this rate may vary according to ethnicity and geographical differences. The prevalence of Class III malocclusions in the community was found to be 1-5% in the white race, 3-5% in the black race, and 9.1% in a study conducted by Silva in 507 Latin adolescents (5, 6, 7). It is observed with a rate of 4%-13% in the Japanese population and 12.76%-22.87% in the Chinese population (8). In the Turkish population where various studies have been performed, Ulgen and Yolalan reported the incidence of skeletal Class III anomaly as 6-8% (9).

It is known that skeletal Class 3 malocclusions are genetically inherited based on studies conducted for many years. Family studies have proven genetic transmission (10). It has been reported that polygenic or multifactorial features are mostly involved in the etiology of skeletal class 3 deformities, but the exact role of environmental factors, intrinsic and extrinsic factors, is not known (11, 12). Identification of relevant genes is important for early treatment of individuals with anomalies. In this way, treatment methods can be applied more accurately by predicting the changes in the growth direction of the individual in the long term (13).

2. LITERATURE REVIEW

The need to identify candidate genes has increased in the face of mounting evidence that mandibular prognathism has a genetic background. Single nucleotide polymorphisms (SNPs) may play a role as predisposing factors for diseases related to craniofacial growth and morphogenesis, bone and cartilage development and metabolism. Linkage analysis, a statistical analysis of the characteristics of affected family members and discrimination of single gene polymorphisms (SNPs), is the best method for the detection of phenotype-associated gene loci (14). Yamaguchi et al. identified gene loci that may cause mandibular prognathism by genome-wide linkage analysis in their study in which they examined siblings with mandibular

prognathism from 42 families of Korean and Japanese origin. They reported that especially the 1p36 locus harbors candidate genes such as alkaline phosphatase, perlecan and matrilin-1 (cartilage matrix protein). He also emphasized that 12q13 and 12q23 regions harbor HOX3, IGF1 and COL2A1 genes. Hox genes are highly conserved master regulatory genes involved in the formation of head and brain regions originating from the second brachial arch (15). It has been determined that IGF-1 loci on chromosomes 10 and 11 are responsible for the length of the mandible and these loci correspond to regions 12q21 and 12p13 on human chromosomes, respectively (16, 17).

Li et al. reported that the chromosome region 14q24.3-31.2 may cause mandibular prognathism in their study in which they examined the families of 21 individuals of Chinese origin from 4 generations by genetic linkage analysis method. TGFB3 (transforming growth factor beta 3) and LTBP2 (latent transforming growth factor beta binding protein 2) genes are located in this chromosome region (18).

Xue et al. genotyped 106 single nucleotide polymorphisms (SNPs) in the 1p36 chromosome region in their case-control study. They reported that all four SNPs (rs2249138, rs2254241, rs2788890 and rs2788888) were located in the EPB41 gene and that the EPB41 gene may play a role in mandibular prognathism (19).

In a study in which a total of 198 members of two families with mandibular prognathism were examined, it was concluded by the next generation sequencing (NGS) method that the Gly1121Ser variant of the Arginine P21 (ARHGAP21) gene, which is located in the 10p12.1 chromosome region and plays a role in bone formation, may be associated with mandibular prognathism (20).

Genno et al. stated that the C1orf167 gene, whose function has not yet been fully discovered, may be a new candidate gene related to mandibular prognathism due to its low frequency in the normal population (21).

ERLEC1 (endoplasmic reticulum lectin-1) gene, a new candidate gene, has an inhibitory effect on osteoblast proliferation and differentiation. In a study in which 25 individuals of Chinese origin and four generations were examined, it was reported that c.1237C>T (p.His413Tyr), a missense variant of the ERLEC1 gene, may be a factor in the formation of mandibular prognathism (22).

Yamaguchi et al., in their study investigating the relationship between craniofacial morphology and the P56IT variant in the GHR gene in a Japanese population, reported that the mandibular ramus length (Co-Go) of individuals without the P56IT variant was significantly greater than those with the P56IT variant (23).

Nikopensus et al. examined 21 Estonian individuals and four generations of these individuals (age range 18-66) and reported that the 12q22-q23 region, where one of the new candidate genes DUSP6 is located, is associated with craniofacial development. He also reported that it provides evidence that it may be responsible for both mandibular prognathism and maxillary insufficiency (24).

Ikuno et al. reported that two candidate regions may be associated with mandibular prognathism in their study including 240 Japanese individuals with mandibular prognathism and 360 Japanese individuals without any malocclusion. The first of these is D1S1358i, which is located in the 1q32.2 chromosome region and is the intron region of the PLXNA2 (Plexin A2) gene, and the other is D1S0411i, which is located in the 1p22.3 chromosome region and is very close to the SSX2IP (Synovial Sarcoma X Breakpoint 2 Interacting Protein) gene (25).

Jang et al., 164 prog. examined the frequency of 3 MATN1 polymorphisms (-158 T>C, 7987 G>A, 8572 C>T) in their study comparing individuals with inf. and 132 normal individuals. The results of his research showed that 8572 C>T polymorphism increases the risk of prognathia inferiority, while 7987 G>A polymorphism plays a protective role (26).

Da Fontoura et al. performed a phenotype-genotype association study on 269 genotypes. Individuals with Class 1, 2, and 3 malocclusions were examined for 198 SNPs in 71 genes with potential. This study showed that variants rs2249492 in COL1A1 and rs2162540 and rs11200014 in FGFR2 were associated with an increased risk of Class III malocclusion, while the rs1248046 variant in TBX5 was associated with a decreased risk (27).

Considering that affected individuals should be heterozygous for the single nucleotide missense mutation (c. 742I>T) in the ADAMTS1 gene, and when 15 single nucleotide polymorphisms in the ADAMTS1 coding sequence were screened, 2 single nucleotide polymorphisms of ADAMTS1 (rs2738, rs229038) were found to be associated with mandibular prognathism (28).

Milosevic et al., in 55 individuals with Class III malocclusion and 55 individuals with Class I malocclusion, prognathia inferiora and MATN1-1878 A>G (rs1149048), MYO1H 1001 C>T (rs3825393) and BMP-4 538 A>G (rs17563) examined the relationship between SNPs. Using the polymorphism method, 3 SNP polymerase chain reaction-restriction fragment lengths were analyzed. MATN1 and BMP-4 polymorphisms were not associated with mandibular prognathism. Only MYO1H polymorphism was found to be associated with mandibular prognathia in patients with Class III malocclusion (29).

The relationships observed in the studies shed light on science. In order to confirm the findings and identify functional variants, it is important that the number of studies increase day by day and continue with stronger data. Future studies should examine whether soft tissues have a genetic etiology for skeletal and soft tissue variations in patients with malocclusion.

3.CONCLUSION

Skeletal Class 3 anomalies constitute almost the most challenging patient group in terms of treatment success, although they generally constitute a smaller population in orthodontic clinics. The difficulty of treating these individuals can cause difficulties in decision-making in treatment planning, especially in borderline cases, as it is often uncertain how severe the anomaly will be during development and growth. Recent genetic studies have revealed the genetic background and diversity of this anomaly much better. As a result of these studies, in the future, we will be able to know what we do not know, so we will be able to make much

healthier diagnoses, treatment plans and predictions. In this case, determining the role and severity of genetics in skeletal class 3 anomalies will reveal a new concept of treatment plan and prediction in skeletal class 3 treatment in the field of orthodontics.

REFERENCES

1. Proffit WR, Fields HW. Contemporary Orthodontics. St. Louis: Mosby, 2000: 1-200.
2. Enlow DH, Hans MG. Essentials of facial growth. Philadelphia: WB Saunders Company, 1996: 1-110.
3. Arslan Gündüz S, Kama Devocioğlu J. İskeletsel sınıf III anomalilerin erken dönem tedavisi (Vaka sunumu). Turk Ortodonti Derg, 2004; 17(1): 89-98.
4. Ulusoy S. N. İskeletsel sınıf 3 bireylerde hyoid kemiğin konumunun değerlendirilmesi, Danışman: Beyza Karadede Unal. Dış Hekimliğinde Uzmanlık Tezi. İzmir Katip Çelebi Üniversitesi Dış Hekimliği Fakültesi Ortodonti Ana Bilim Dalı, İzmir, 2017.
5. Graber, L.W., Vanarsdall, R.L., Vig, K.W.L Orthodontics: Current prinnciples and techniques. 2012: 56-57.
6. Haynes S. Orthodontic treatment in the British National Health Service. A quantitative study of the contribution of specialist and general practitioners in Scotland 1966 - 1979. Eur J Orthod. 1981;3(2):141-5.
7. Silva RG, Kang DS. Prevalence of malocclusion among Latino adolescents. Am J Orthod Dentofacial Orthop. 2001 Mar;119(3):313-5.
8. Hardy D, Cubas Y, Orellana M. Prevalence of angle class III malocclusion: A systematic review and meta-analysis. O J Epi. 2012;2:75–82.
9. Ulgen M, Yolalan C. Angle Kl. III Anomalilerin Coben sefalometrik analizi ile incelenmesi. Türk Ortod Derg. 1988; 1: 1–6.
10. Cozzani, G. (1981). Extraoral traction and Class III treatment. American Journal of Orthodontics, 8(6), 638–50.
11. Hren NI, Barbič U. Tongue volume in adults with skeletal Class III dentofacial deformities. Head & face medicine. 2016;12(1):12.
12. Graber LW, Vanarsdall RL, Vig KW, Huang GJ. Orthodontics-E-Book: current principles and techniques: Elsevier Health Sciences; 2016.
13. Bui C, King T, Proffit W, Frazier-Bowers S. Phenotypic characterization of Class III patients: a necessary background for genetic analysis. The Angle orthodontist. 2006;76(4):564-9.
14. Doraczynska-Kowalik, A., Nelke, K. H., Pawlak, W., Sasiadek, M. M., & Gerber, H. Genetic Factors Involved in Mandibular Prognathism. Journal of Craniofacial Surgery 2017; 28(5), 422–31.
15. Yamaguchi T, park S, Narita A, Maki K, Inoue I. Genome-wide linkage analysis of mandibular prognathism in Korean and Japanese patients. Journal of Dental Research. 2005;84(3):255-9.
16. Hajjar D, Santos MF, Kimura ET. propulsive ap-pliance stimulates the synthesis of insulin-like growth factors I and II in the mandibular condylar cartilage of young rats. Archives of Oral Biology. 2003;48(9):635-42.

17. Dohmoto A, Shimizu K, Asada Y, Maeda T. Quantitative trait loci on chromosomes 10 and 11 influencing mandible size of SMXA RI mouse strains. *Journal of Dental Research*. 2002; 81(7):501-4.
18. Li Q, Li X, Zhang F, Chen F. The identification of a novel locus for mandibular prognathism in the Han Chinese population. *Journal of Dental Research*. 2011;90(1):53-7.
19. Xue F, Wong R, Rabie ABM. Identification of SNp markers on 1p36 and association analysis of EpB41 with mandibular prognathism in a Chinese population. *Archives of Oral Biology*. 2010;55(11):867-72.
20. Perillo I, Monsurro A, Bonci E, Torella A, Mutarelli M, Nigro v. Genetic association of ARHGAp21 gene variant with mandibular prognathism. *Journal of Dental Research*. 2015; 94(4):569-76.
21. Genno PG, Nemer GM, Eddine SBZ, Macari AT, Ghafari JG. Three novel genes tied to mandibular prognathism in eastern Mediterranean families. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*. 2019;156(1):104-12.e3.
22. Rao C, Guan B, Luo D, Deng Q, Peng Q, Lin Z, et al. Identification of pathogenic variants of ERIEC1 in individuals with Class III malocclusion by exome sequencing. *Human Mutation*. 2020;41(8):1435-46.
23. Yamaguchi T, Maki K, Shibasaki Y. Growth hormone receptor gene variant and mandibular height in the normal Japanese population. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*. 2001;119(6):650-3.
24. Nikopensius T, Saag M, Jagomägi T, Annilo T, Kals M, Kivistik P, et al. A missense mutation in DuSp6 is associated with Class III malocclusion. *Journal of Dental Research*. 2013;92(10):893-8.
25. Ikuno K, Kajii TS, Oka A, Inoko H, Ishikawa H, Iida J. Microsatellite genome-wide association study for mandibular prognathism. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*. 2014;145(6):757-6.
26. Jang JY, Park EK, Ryoo HM, et al. Polymorphisms in the Matrilin-1 gene and risk of mandibular prognathism in Koreans. *J Dent Res* 2010;89:1203–1207.
27. Da Fontoura CS, Miller SF, Wehby GJ, et al. Candidate gene analyses of skeletal variation in malocclusion. *J Dent Res* 2015;94:913–920.
28. Guan X, Song Y, Ott J, et al. The ADAMTS1 Gene Is Associated with Familial Mandibular Prognathism. *Journal of Dental Research*. 2015;94(9):1196-1201.
29. Milosevic O, Nikolic N, Carkic J, Juloski J, Vucic L, Glisic B, Milasin J. Single nucleotide polymorphisms MYO1H 1001 C>T SNP (rs3825393) is a strong risk factor for mandibular prognathism. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2022 Nov;162(5):246-251.

