

PROCEEDING BOOK



CUMHURİYET 10. ULUSLARARASI UYGULAMALI BİLİMLER KONGRESİ



**CUMHURİYET
10TH INTERNATIONAL CONFERENCE ON APPLIED SCIENCES
OCTOBER 29, 2023 – ANKARA**

ISBN : 78-625-6830-52-3

Academy Global Conferences & Journals



www.cumhuriyetkongresi.org



CUMHURİYET
10TH INTERNATIONAL CONGRESS ON APPLIED SCIENCES
OCTOBER 29, 2023
ANKARA

Edited By
PROF. DR. BAŞAK HANEDAN

CONGRESS ORGANIZING BOARD

- Head of Conference : Assoc. Prof. Dr. Feran Aşur*
Head of Organizing Board: Dr Gültekin Gürçay
Organizing Committee Member: Amaneh Manafidizaji
Organizing Committee Member: Prof. Dr. Hülya Çiçek
Organizing Committee Member: Prof. Dr. Ali Bilgili
Organizing Committee Member: Prof. Dr. Naile Bilgili
Organizing Committee Member: Prof. Dr. Başak Hanedan
Organizing Committee Member: Assoc. Prof. Dr. Elif Akpınar Külekçi
Organizing Committee Member: Assoc. Prof. Dr. Dini Yuniarti
Organizing Committee Member: Assoc. Prof. Ivaylo Staykov
Organizing Committee Member: Dr. Mehdi Meskini Heydarlou
Organizing Committee Member: Aynur Əliyeva

All rights of this book belong to Academy Conferences Publishing House
Without permission can't be duplicate or copied.
Authors of chapters are responsible both ethically and juridically.
Academy Global-2023 ©

Issued: 30.11.2023
ISBN: 978-625-6830-52-3

CONFERENCE ID

CUMHURIYET 10TH INTERNATIONAL CONGRESS ON APPLIED SCIENCES

DATE – PLACE
OCTOBER 29, 2023
ANKARA

ORGANIZATION
ACADEMY GLOBAL CONFERENCES & JOURNALS

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

PARTICIPATING COUNTRIES
Turkey – Iran – India – Cyprus – Tunisia – Japan – Thailand - Czech Republic –
Pakistan – Egypt – Spain – Ireland – China – Nigeria – Indonesia – Australia – Italy -

PRESENTATION
Oral presentation

ASSOCIATION & ACADEMIC INCENTIVES :
39 papers from Turkey and 52 papers 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 - Ozbekstan
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 Nurmaşulı 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
Aynurə Əliyeva - Azerbaijan
Sonali MALHOTRA - India

CUMHURİYET
10TH INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOCIAL SCIENCES
10TH INTERNATIONAL CONFERENCE ON APPLIED SCIENCES
25TH INTERNATIONAL GROUP EXHIBITION
OCTOBER 29, 2023
ANKARA

Join Zoom Meeting

<https://us02web.zoom.us/j/88193707664?pwd=MEZBL3M0SIArNWVsMjV0YUJkR3lIQT09>

Meeting ID: 881 9370 7664

Passcode: 123456



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 aşılmasını 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 sözkonusu 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,

| CUMHURİYET 10 th INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOCIAL SCIENCES 10 th INTERNATIONAL CONFERENCE ON APPLIED SCIENCES 25 th INTERNATIONAL GROUP EXHIBITION OCTOBER 29, 2023 – ANKARA Meeting ID: 881 9370 7664 Passcode: 123456 29 Ekim/ October 29, 2023 / 13:00 – 15:00 Time zone in Turkey (GMT+3) | | | | |
|--|-------------------------------------|---|--|---|
| Salon | Moderator | | Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title | Authors |
| SALON 1 | Assoc. Prof. Dr. Nazile Abdullazade | 1 | XƏLİL RZA ULUTÜRKÜN MÜSTƏQİLLİK DÖVRÜ YARADICILIĞI HEYDƏR ƏLİYEVİN GÖRÜŞLƏRİNDƏ | Assoc. Prof. Dr. Nazile Abdullazade |
| | | 2 | SOSYAL BİLGİLER ÖĞRETMENLERİNİN DİJİTAL ORTAM VE DİJİTAL MAHREMİYETE İLİŞKİN GÖRÜŞLERİ | Hande GÖRMEN ŞEN Prof. Dr. Zihni MEREY |
| | | 3 | Investigation of the Relations of Teachers' Life Skills Between Their Self-efficacy Beliefs and Burnout Conditions at Work | Öğr. Gör, İlknur İlğar |
| | | 4 | İLKOKUL ÖĞRENCİLERİNDE SAYGI DEĞERİNİN GELİŞİMİNE İLİŞKİN ÖĞRETMEN GÖRÜŞLERİ | Doktora Öğrencisi, Ümrən Erkorkmaz Çoban |
| | | 5 | MÜZİK BÖLÜMÜ LİSANS ÖĞRENCİLERİNİN KARİYER PLANLAMA DERSİ İLE İLGİLİ GÖRÜŞLERİ | Dr. Öğretim Üyesi, Demet AYDINLI GÜRLER |
| | | 6 | THE EFFECT OF TECHNOSTRESS ON TEACHER WELL-BEING: AN EMPIRICAL STUDY | Doç. Dr. Gökhan KERSE Doç. Dr. Daimi KOÇAK |
| | | 7 | Examining the Effect of Short-Term Basketball Training on Height and Weight | Nurkan Yılmaz |
| | | 8 | Examining Jumping Performance Development With Training | Nurkan Yılmaz |

| CUMHURİYET 10 th INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOCIAL SCIENCES 10 th INTERNATIONAL CONFERENCE ON APPLIED SCIENCES 25 th INTERNATIONAL GROUP EXHIBITION OCTOBER 29, 2023 – ANKARA Meeting ID: 881 9370 7664 Passcode: 123456 29 Ekim/ October 29, 2023 / 13:00 – 15:00 Time zone in Turkey (GMT+3) | | | | |
|--|------------------------|--|---|--|
| Salon | Moderator | Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title | Authors | |
| SALON 2 | Prof. Dr. Beyhan ZABUN | 1 | THE PROBLEM OF INTERACTIVE METHODS AND ACTIVE LEARNING METHODS IN EDUCATION | Assoc. Prof. Dr. Gafarova Parvin Muhamad |
| | | 2 | TÜSİAD Felsefe Ders Kitabında Din Kurumu: Alternatif Yaklaşım | Prof. Dr. Beyhan ZABUN |
| | | 3 | Alternatif Lise Sosyoloji Ders Kitabında Siyaset Kurumu | Prof. Dr. Beyhan ZABUN |
| | | 4 | AÇIK ÖĞRETİM ORTAOKULU TÜRKÇE DERS KİTAPLARINDA YER ALAN METİNLERDEKİ İMLÂ VE NOKTALAMA HATALARI | Yüksek Lisans Öğrencisi Furkan CAN Doç. Dr. Mehmet Nuri KARDAŞ Yüksek Lisans Öğrencisi Ece CAN |
| | | 5 | İKİ DİLLİLİK KONUSUNDA HAZIRLANMIŞ YÜKSEK LİSANS TEZLERİNİN BAŞLIK VE ÖZET BÖLÜMLERİNİN AKADEMİK METİN HAZIRLAMA İLKELERİNE UYGUNLUĞU | Yüksek Lisans Öğrencisi Furkan CAN Doç. Dr. Mehmet Nuri KARDAŞ Yüksek Lisans Öğrencisi Ece CAN |
| | | 6 | UNIVERSITY STUDENTS' OPINIONS AND EXPECTATIONS REGARDING STATISTICS COURSE | Assoc. Prof. Özge ALTINTAŞ Assoc. Prof. H. Deniz GÜLLEROĞLU Prof. Dr. Ömay ÇOKLUK BÖKEOĞLU |
| | | 7 | EXAMINATION OF THE OPINIONS OF MEASUREMENT AND EVALUATION SPECIALISTS ON SIMULATION STUDIES IN THE FIELD | Assoc. Prof. Özge ALTINTAŞ Assoc. Prof. H. Deniz GÜLLEROĞLU Prof. Dr. Ömay ÇOKLUK BÖKEOĞLU |
| | | 8 | DISTANCE EDUCATION AND EQUAL OPPORTUNITY IN SOCIAL STUDIES COURSE: AN INSIGHT INTO STUDENT EXPERIENCES | Master's Student, Muhammed Mustafa ALPSAR Assoc. Dr. Nilüfer KÖŞKER |

| CUMHURİYET 10 th INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOCIAL SCIENCES 10 th INTERNATIONAL CONFERENCE ON APPLIED SCIENCES 25 th INTERNATIONAL GROUP EXHIBITION OCTOBER 29, 2023 – ANKARA Meeting ID: 881 9370 7664 Passcode: 123456 29 Ekim/ October 29, 2023 / 13:00 – 15:00 Time zone in Turkey (GMT+3) | | | | |
|--|--------------------------|---|---|--|
| Salon | Moderator | | Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title | Authors |
| SALON 3 | Doç. Dr. Gökçe CANARSLAN | 1 | Türkiye's Physical Border Security Practices on the Syrian Borders in Combating Irregular Migration and Examples From The World | Muhammet Emin Soylu |
| | | 2 | FİKİR VE SANAT ESERLERİ KANUNU KAPSAMINDA DEEPFAKE TEKNOLOJİSİNİN ESER NİTELİĞİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ | Doç. Dr. Gökçe CANARSLAN |
| | | 3 | MERKEZİ YÖNETİM BÜTÇE KANUNU'NUN GELİR KAYNAKLARININ GÖSTERİLMESİNDE İ) FIKRASININ GÖRÜNÜMÜ | Dr. Öğr. Üyesi Sevil ŞİN |
| | | 4 | MANAGEMENT STYLE İN PUBLIC ADMINISTRATION: REFLECTIONS OF CULTURAL INTERACTION ON PUBLIC ADMINISTRATORS | Yüksek Lisans Öğrencisi, Burak NAR Prof. Dr. Ali ŞAHİN |
| | | 5 | İSLÂM TOPLUMUNDA DEVLET BAŞKANININ BELİRLENME YÖNTEMİ | Dr. Binali KOÇOĞLU |

| CUMHURİYET 10 th INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOCIAL SCIENCES 10 th INTERNATIONAL CONFERENCE ON APPLIED SCIENCES 25 th INTERNATIONAL GROUP EXHIBITION OCTOBER 29, 2023 – ANKARA Meeting ID: 881 9370 7664 Passcode: 123456 | | | | |
|---|---------------------|---|---|--|
| 29 Ekim/ October 29, 2023 / 13:00 – 15:00 Time zone in Turkey (GMT+3) | | | | |
| Salon | Moderator | | Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title | Authors |
| SALON 4 | Doç. Dr. Rıza Bakış | 1 | FREEDOM OF THE OTHER IN LEVINAS | Pınar KARADAL Prof. Dr. Mevlüt ALBAYRAK |
| | | 2 | Three Concepts at Focus of Nurettin Topçu 's Thought: Will-Rebellion- Movement | Doç. Dr. Rıza Bakış |
| | | 3 | HOWARD BECKER'DA NORM VE TOPLUMSAL DENETİM İLİŞKİSİ | Araştırma Görevlisi, Sakine Yağmur GÜNEŞ |
| | | 4 | SİGMUND FREUD'DA UYGARLIK, NORM VE TOPLUMSAL DENETİM İLİŞKİSİ | Araştırma Görevlisi, Sakine Yağmur GÜNEŞ |
| | | 5 | A STUDY INTO THE FILM "PK" IN THE CONTEXT OF BASIC CONCEPTS OF RELIGION PHILOSOPHY | Doç. Dr., Ekrem Ziya DUMAN Yüksek Lisans Öğrencisi, Rahim YILDIZ |
| | | 6 | REICHENBACH OLASILIK MANTIĞI'NIN DOĞRULUK TABLOLARI | Yüksek Lisans Öğrencisi, Safiye OLGUN Doç. Dr., Ekrem Ziya DUMAN |
| | | 7 | THE TEST OF SOCIETIES WITH NATURE: EARTHQUAKE CULTURE | Doç. Dr. Murat ŞAHİN |
| | | 8 | THE EFFECT OF SMARTPHONE ADDİCTION AND PSYCHOLOGICAL SYMPTOMS ON DRİVER BEHAVİOR | Öğr. Gör. Dr. Tuncay ÇORAK |

| CUMHURİYET 10 th INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOCIAL SCIENCES 10 th INTERNATIONAL CONFERENCE ON APPLIED SCIENCES 25 th INTERNATIONAL GROUP EXHIBITION OCTOBER 29, 2023 – ANKARA Meeting ID: 881 9370 7664 Passcode: 123456 29 Ekim/ October 29, 2023 / 13:00 – 15:00 Time zone in Turkey (GMT+3) | | | | |
|--|-----------------------|---|--|---|
| Salon | Moderator | | Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title | Authors |
| SALON 5 | Doç. Muteber Burunsuz | 1 | EXAMINATION OF HABİP AYDOĞDU'S WORKS IN THE CONTEXT OF STAIN EXPRESSION AND UNDERSTANDING OF COLOR | Doç. Muteber Burunsuz |
| | | 2 | THE INFLUENCE OF "AHMET ÖZHAN" ON THE TRANSFORMATION FROM TEKKE MUSIC TO SUFI MUSIC | Yüksek Lisans Öğrencisi, KEMALCAN ERGÜN |
| | | 3 | EDİP CANSEVER'İN İLK 100 ŞİİRİNDE SÖZCÜKLERİN İSTATİSTİKSEL ÖRÜNTÜ DAĞILIMLARI | Doç. Dr. B. Tahir TAHİROĞLU |
| | | 4 | TEN HEROIC WOMEN OF THE NATIONAL STRUGGLE | Prof. Dr. Nurhan AYDIN Doktora öğrencisi Zafer IŞIK |
| | | 5 | İLETİŞİM TEKNOLOJİLERİNİN GELİŞMESİYLE KARŞIMIZA ÇIKAN ENFORMASYON OBEZİTESİ KAVRAMI VE ÇÖZÜM YOLU OLARAK ENFORMASYON DİYETİ | Doç. Dr. Sinem ONAR Şeref Can Şimşir |
| | | 6 | CUMHURİYET DÖNEMİNİN İLK YÖNETMENİ MUHSİN ERTUĞRUL | Prof. Dr. Yusuf YURDİGÜL Öğr. Gör. Mustafa GÜLSÜN |
| | | 7 | TÜRK SİNEMASINDA CUMHURİYET TEMALI FİLMLE | Prof. Dr. Yusuf YURDİGÜL Öğr. Gör. Mustafa GÜLSÜN |

| CUMHURİYET 10 th INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOCIAL SCIENCES 10 th INTERNATIONAL CONFERENCE ON APPLIED SCIENCES 25 th INTERNATIONAL GROUP EXHIBITION OCTOBER 29, 2023 – ANKARA Meeting ID: 881 9370 7664 Passcode: 123456 29 Ekim/ October 29, 2023 / 13:00 – 15:00 Time zone in Turkey (GMT+3) | | | | |
|--|-------------------------|---|---|---|
| Salon | Moderator | | Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title | Authors |
| SALON 6 | Asst. Prof. Seher SULUK | 1 | TESTING THE VALIDITY OF THE FISHER HYPOTHESIS AFTER THE 2008 FINANCIAL CRISIS: THE CASE OF TURKEY | Esmâ ERDOĞAN |
| | | 2 | THE EFFECT OF ENVIRONMENTAL REGULATION ON ENVIRONMENTAL POLLUTION: THE CASE OF TÜRKİYE | Müge MANGA Esmâ ERDOĞAN |
| | | 3 | POLICIES IMPLEMENTED TOWARDS CLIMATE CHANGE IN EU COUNTRIES | Dr. Cemalettin LEVENT Doç. Dr. Fatma Fehime AYDIN |
| | | 4 | THE EFFECT OF AUDIT COMMITTEE FEATURES ON PROFITABILITY | Yüksek Lisans Öğrencisi, Tark ERCAN Prof. Dr., İsmail BEKÇİ Dr., Eda KÖSE |
| | | 5 | CONCEPTUAL APPROACH TO AUDIT COMMITTEE CHARACTERISTICS | Yüksek Lisans Öğrencisi, Tark ERCAN Prof. Dr., İsmail BEKÇİ |
| | | 6 | BÜTÜNLEŞİK PAZARLAMA İLETİŞİMİ DİNAMİĞİ İLE MARKA PERFORMANSI ARASINDAKİ İLİŞKİ | Ebru ERDOĞAN |
| | | 7 | ELEKTRONİK AĞIZDAN AĞIZA İLETİŞİMİN VE MARKA İMAJININ TÜKETİCİ SATIN ALMA DAVRANIŞINA ETKİSİ | Ebru ERDOĞAN |
| | | 8 | THE STAGES OF DIGITAL BANKING AND DIGITAL BANKING IN THE LIGHT OF CURRENT DEVELOPMENTS | Asst. Prof. Seher SULUK |
| | | 9 | CUMHURİYETİN 100. YILINDA TÜRKİYE'DE KADININ SOSYOEKONOMİK KONUMU | Prof. Dr. İlhan EROĞLU Öğr. Gör. Dr. Serap BOLAYIR |

| CUMHURİYET 10 th INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOCIAL SCIENCES 10 th INTERNATIONAL CONFERENCE ON APPLIED SCIENCES 25 th INTERNATIONAL GROUP EXHIBITION OCTOBER 29, 2023 – ANKARA Meeting ID: 881 9370 7664 Passcode: 123456 | | | | |
|---|-------------------------------------|---|---|---|
| 29 Ekim/ October 29, 2023 / 13:30 – 15:30 Time zone in Turkey (GMT+3) | | | | |
| Salon | Moderator | | Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title | Authors |
| HALL 1 | Assoc. Prof. Muhammad Hammad Lakhvi | 1 | SOCIAL ANTHROPOLOGY OF CONVERGENCE AND NOMADIC COMPUTING | PhD Emilia Nercissians |
| | | 2 | THE NATIONAL ENERGY STRATEGY FOR SAUDI ARABIA | Dr. Ziyad Aljarboua |
| | | 3 | POLITICAL FINANCE IN AFRICA: ETHIOPIA AS A CASE STUDY | Wondwosen Teshome B. |
| | | 4 | ANALYZING AND COMPARING THE ARCHITECTURAL SPECIFICATIONS AND THE URBAN ROLE OF SCIENTIFIC-TECHNOLOGICAL PARKS IN IRAN AND THE WORLD | Shahryar Shaghghi G., Mojtaba H. Ghoshouni, Bahareh S. Ghabel |
| | | 5 | COST OF ROAD TRAFFIC ACCIDENTS IN EGYPT | Mohamed A. Ismail, Samar M. M. AbdelImageed |
| | | 6 | ISLAM AND FERTILITY REGULATIONS | Assoc. Prof. Muhammad Hammad Lakhvi |
| | | 7 | MULTIPURPOSE CADASTRE, ESSENTIAL FOR URBAN DEVELOPMENT PLANS IN IRAN | Mehrshad Khalaj, Elham Lashkari |
| | | 8 | STREET NETWORK IN BANDUNG CITY, INDONESIA: COMPARISON BETWEEN CITY CENTER AND NEW COMMERCIAL AREA | Siska Soesanti, Dr. Norihiro Nakai |
| | | 9 | TEMPORARY HOUSING RESPOND TO DISASTERS IN DEVELOPING COUNTRIES- CASE STUDY: IRAN-ARDABIL AND LORESTAN PROVINCE EARTHQUAKES | Farzaneh Hadafi, Prof. Alireza Fallahi |

| CUMHURİYET 10 th INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOCIAL SCIENCES 10 th INTERNATIONAL CONFERENCE ON APPLIED SCIENCES 25 th INTERNATIONAL GROUP EXHIBITION OCTOBER 29, 2023 – ANKARA Meeting ID: 881 9370 7664 Passcode: 123456 | | | | |
|---|-----------------------|--|--|---|
| 29 Ekim/ October 29, 2023 / 13:30 – 15:30 Time zone in Turkey (GMT+3) | | | | |
| Salon | Moderator | Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title | Authors | |
| HALL 2 | Prof. Denis Căprăroiu | 1 | TOWARDS GOOD ACCOUNTABILITY: THE ROLE OF ACCOUNTING IN ISLAMIC RELIGIOUS ORGANISATIONS | Hasan Basri Afifuddin, A.K Siti-Nabiha |
| | | 2 | AN INTRODUCTION TO METHODS AND TECHNOLOGIES APPLIED FOR REDUCTION OF ENERGY CONSUMPTION IN TRANSPORTATION SECTOR AND AIR POLLUTION IN IRAN | Eshagh Rasouli Sarabi, Mir Saeed Moosavi |
| | | 3 | ASPECTS REGARDING THE GENESIS OF THE CITY OF SUCEAVA, A MEDIEVAL CAPITAL OF MOLDAVIA | Prof. Denis Căprăroiu |
| | | 4 | EVALUATION TECHNIQUES OF PHOTOGRAPHY IN VISUAL COMMUNICATIONS IN IRAN | Dr. Firouzeh Keshavarzi |
| | | 5 | INTRODUCING THE MAIN FACTORS OF ACCIDENTS ON THE ROADS OF IRAN AND STUDYING ITS CAUSES AND STRATEGIES APPLIED TO DECREASE IT | Dr. Eshagh Rasouli Dr. Sarabi, Mir Saeed Moosavi |
| | | 6 | SPATIAL VARIABILITY IN HUMAN DEVELOPMENT PATTERNS IN ASSIUT, EGYPT | Abdel-Samad M. Ali |
| | | 7 | DISPARITY IN SOCIO-ECONOMIC DEVELOPMENT AND ITS IMPLICATIONS ON COMMUNAL CONFLICTS: A STUDY ON INDIA'S NORTH-EASTERN REGION | Assoc. Debasis Neogi |
| | | 8 | USERS- MOTIVATION AND SATISFACTION WITH IS | Abbas Moshref Razavi, Rodina Ahmad |
| | | 9 | MINING IMPLICIT KNOWLEDGE TO PREDICT POLITICAL RISK BY PROVIDING NOVEL FRAMEWORK WITH USING BAYESIAN NETWORK | Prof. Siavash Asadi Ghajarloo |
| | | 10 | MIGRATION AMONG MULTICITIES | Dr. Ming Guan |

| CUMHURİYET 10 TH INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOCIAL SCIENCES 10 TH INTERNATIONAL CONFERENCE ON APPLIED SCIENCES 25 TH INTERNATIONAL GROUP EXHIBITION OCTOBER 29, 2023 – ANKARA Meeting ID: 881 9370 7664 Passcode: 123456 | | | | |
|---|----------------------------------|---|--|---|
| 29 Ekim/ October 29, 2023 / 13:30 – 15:30 Time zone in Turkey (GMT+3) | | | | |
| Salon | Moderator | | Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title | Authors |
| HALL 3 | Dr. Fattaneh Daneshmand Malayeri | 1 | KNOWLEDGE RELATIONSHIP MODEL AMONG USER IN VIRTUAL COMMUNITY | Fariba Haghbin, Othman Bin Ibrahim, Prof Mohammad Reza Attarzadeh Niaki |
| | | 2 | DYNAMICS SIMULATION APPROACH IN ANALYZING PENSION EXPENDITURE | Dr. Hasimah Sapiri, Anton Abdulbasah Kamil, Dr. Razman Mat Tahar, Hanafi Tumin |
| | | 3 | AN ASSESSMENT OF GROUNDWATER CRISIS IN IRAN CASE STUDY: FARS PROVINCE | Mohammad Hossein Hojjati , Dr. Fardin Boustani |
| | | 4 | CULTURAL EFFECT ON USING NEW TECHNOLOGIES | Nazli Ebrahimi, Sharan Kaur Garib Singh, Reza Sigari Tabrizi |
| | | 5 | GOOD URBAN PLANNING AND MANAGEMENT: NEW ASPECTS AND METHODOLOGIES | Dr. Fattaneh Daneshmand Malayeri |
| | | 6 | DROWSINESS WARNING SYSTEM USING ARTIFICIAL INTELLIGENCE | Nidhi Sharma, V. K. Banga |
| | | 7 | URBAN ENVIRONMENT QUALITY IMPROVEMENT PLANNING CASE STUDY: MOFT ABAD NEIGHBORHOOD, TEHRAN, IRAN | PhD. Elham Lashkari, Mehrshad Khalaj |
| | | 8 | INCREASING OF ENERGY EFFICIENCY BASED ON PERSIAN ANCIENT ARCHITECTURAL PATTERNS IN DESERT REGIONS (CASE STUDY OF TRADITIONAL HOUSES IN KASHAN) | Mehran Jamshidi, Naghme Yazdanfar, Masoud Nasri |

| CUMHURİYET 10 th INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOCIAL SCIENCES 10 th INTERNATIONAL CONFERENCE ON APPLIED SCIENCES 25 th INTERNATIONAL GROUP EXHIBITION OCTOBER 29, 2023 – ANKARA Meeting ID: 881 9370 7664 Passcode: 123456 | | | | |
|---|----------------------------|---|--|---|
| 29 Ekim/ October 29, 2023 / 13:30 – 15:30 Time zone in Turkey (GMT+3) | | | | |
| Salon | Moderator | | Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title | Authors |
| HALL 4 | Assoc.Subramaniam Chandran | 1 | INFORMAL EDUCATION AND DEVELOPING ENTREPRENEURIAL SKILLS AMONG FARMERS IN MALAYSIA | Golnaz Rezai, Zainalabidin Mohamed, Mad Nasir Shamsudin |
| | | 2 | HOW DO POLITICIANS RECOVER THEIR COSTS? THE POLITICAL ECONOMY OF REPRESENTATIVE DEMOCRACY IN INDIA | Assoc.Subramaniam Chandran |
| | | 3 | TOWARDS A UNIFIED APPROACH OF SOCIAL JUSTICE: MERGING TRADITION AND MODERNITY IN PUBLIC POLICY MAKING IN INDIA | Dr. Subramaniam Chandran |
| | | 4 | OCCUPANTS- BEHAVIOR AND SPATIAL IMPLICATIONS OF RIVERFRONT RESIDENTIAL IN YOGYAKARTA, INDONESIA | Dr. Hastuti Saptorini |
| | | 5 | CITIZENS- EXPECTATIONS FROM RURAL TELECENTRES: A CASE STUDY OF IMPLEMENTATION OF COMMON SERVICE CENTRES IN MUSHEDPUR VILLAGE, HARYANA, INDIA | Charru Malhotra, Girija Krishnaswamy |
| | | 6 | RESEARCH ON HYPERMEDIATED IMAGES IN ASIAN FILMS | Somi Nah, Timothy Yoonsuk Lee, Prof. Jinhwan Yu |
| | | 7 | KNOWLEDGE MANAGEMENT AND E-LEARNING –AN AGENT-BASED APPROACH | Teodora Bakardjieva, Dr. Galya Gercheva |
| | | 8 | BRAIN DRAIN OF DOCTORS; CAUSES AND CONSEQUENCES IN PAKISTAN | Muhammad Wajid Tahir, Rubina Kauser, Majid Ali Tahir |
| | | 9 | KNOWLEDGE MANAGEMENT MODEL FOR MANAGING KNOWLEDGE AMONG RELATED ORGANIZATIONS | Assoc. Prof. Mahboubeh Molaei |

| CUMHURİYET 10 TH INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOCIAL SCIENCES 10 TH INTERNATIONAL CONFERENCE ON APPLIED SCIENCES 25 TH INTERNATIONAL GROUP EXHIBITION OCTOBER 29, 2023 – ANKARA Meeting ID: 881 9370 7664 Passcode: 123456 29 Ekim/ October 29, 2023 / 13:30 – 15:30 Time zone in Turkey (GMT+3) | | | | |
|--|-----------------|---|---|-------------------------------------|
| Salon | Moderator | | Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title | Authors |
| HALL 5 | Dr. Hiroshi Abe | 1 | DOES PERCEIVED ORGANIZATIONAL VIRTUOUSNESS EXPLAIN ORGANIZATIONAL CITIZENSHIP BEHAVIORS? | Neuza Ribeiro, Arménio Rego |
| | | 2 | BEHAVIORAL ANALYSIS OF TEAM MEMBERS IN VIRTUAL ORGANIZATION BASED ON TRUST DIMENSION AND LEARNING | Indiramma M., K. R. Anandakumar |
| | | 3 | IMPROVED AUTOMATED CLASSIFICATION OF ALCOHOLICS AND NON-ALCOHOLICS | Ramaswamy Palaniappan |
| | | 4 | RHETORICAL COMMUNICATION IN THE COGSCI DISCOURSE COMMUNITY: THE COGNITIVE NEUROSCIENCES (2004) IN THE CONTEXT OF SCIENTIFIC DISSEMINATION | Lucia Abbamonte, Olimpia Matarazzo |
| | | 5 | LINGUISTIC, PRAGMATIC AND EVOLUTIONARY FACTORS IN WASON SELECTION TASK | Olimpia Matarazzo, Fabrizio Ferrara |
| | | 6 | AN INVESTIGATION INTO KANJI CHARACTER DISCRIMINATION PROCESS FROM EEG SIGNALS | Dr. Hiroshi Abe, Minoru Nakayama |
| | | 7 | CHAOTIC PROPERTIES OF HEMODYNAMIC RESPONSE IN FUNCTIONAL NEAR INFRARED SPECTROSCOPIC MEASUREMENT OF BRAIN ACTIVITY | Ni Ni Soe, Masahiro Nakagawa |
| | | 8 | SELF-ASSEMBLING HYPERNETWORKS FOR COGNITIVE LEARNING OF LINGUISTIC MEMORY | Byoung-Tak Zhang, Chan-Hoon Park |
| | | 9 | GENDER DIFFERENCES IN SPATIAL NAVIGATION | Bia Kim, Sewon Lee, Jaesik Lee |

| CUMHURİYET 10 th INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOCIAL SCIENCES 10 th INTERNATIONAL CONFERENCE ON APPLIED SCIENCES 25 th INTERNATIONAL GROUP EXHIBITION OCTOBER 29, 2023 – ANKARA Meeting ID: 881 9370 7664 Passcode: 123456 29 Ekim/ October 29, 2023 / 13:30 – 15:30 Time zone in Turkey (GMT+3) | | | | |
|--|------------------|---|--|--|
| Salon | Moderator | | Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title | Authors |
| HALL 6 | Dr. Raied Salman | 1 | INTELLIGENT MOBILE SEARCH ORIENTED TO GLOBAL E-COMMERCE | PhD Student Abdelkader Dekdouk |
| | | 2 | AN ECONOMIC ANALYSIS OF PHU KRADUENG NATIONAL PARK | Dr. Chutarat Boontho |
| | | 3 | THE INVESTIGATION OF THE ROLE OF INSTITUTIONS IN THE PROCESS OF GROWTH AND DEVELOPMENT OF ECONOMY | Seyed Mohammad Reza Hosseini |
| | | 4 | PROPOSING A CONCEPTUAL MODEL OF CUSTOMER KNOWLEDGE MANAGEMENT: A STUDY OF CKM TOOLS IN BRITISH DOTCOMS | Mehdi Shami Zanjani, Roshanak Rouzbehani, Hosein Dabbagh |
| | | 5 | DESIGN AN ELECTRONIC MARKET FRAMEWORK USING JADE ENVIRONMENT | Mohammad Ali Tabarzad, Caro Lucas |
| | | 6 | A NEW METHOD FOR COMPLEX GOODS SELECTION IN ELECTRONIC MARKETS | Mohammad Ali Tabarzad, Caro Lucas, Nassim Jafarzadeh Eslami |
| | | 7 | DEGENERACY OF MIS UNDER THE CONDITIONS OF INSTABILITY: A MATHEMATICAL FORMULATION | Nazar Younis, Dr. Raied Salman |
| | | 8 | LESSONS TO MANAGEMENT FROM THE CONTROL LOOP PHENOMENON | Dr. Raied Salman, Nazar Younis |
| | | 9 | INVESTIGATING THE POSSIBLE USE OF SESSION INITIATION PROTOCOL FOR EXTENDING MOBILITY SERVICE TO THE BIOMEDICAL ENGINEERS | Msc. Anwar Sadat |

| CUMHURİYET 10 th INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOCIAL SCIENCES 10 th INTERNATIONAL CONFERENCE ON APPLIED SCIENCES 25 th INTERNATIONAL GROUP EXHIBITION OCTOBER 29, 2023 – ANKARA Meeting ID: 881 9370 7664 Passcode: 123456 | | | | |
|---|--------------------|--|--|---|
| 29 Ekim/ October 29, 2023 / 13:30 – 15:30 Time zone in Turkey (GMT+3) | | | | |
| Salon | Moderator | Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title | Authors | |
| HALL 7 | Elena Chernyshkova | 1 | COGNITIVE LANDSCAPE OF VALUES – UNDERSTANDING THE INFORMATION CONTENTS OF MENTAL REPRESENTATIONS | J. Maksimainen |
| | | 2 | SERIOUS GAME FOR AUTISM CHILDREN: REVIEW OF LITERATURE | Helmi Adly Mohd Noor, Faaizah Shahbodin, Naim Che Pee |
| | | 3 | REMOTE REHABILITATION DEVELOPMENT STATUS IN CHINA–TO ELIMINATE THE DISABLED PEOPLE’S SPACE OBSTACLES | Ning Liu, Jue Wang, Zhe Li |
| | | 4 | THE IMPLICIT METHODS FOR THE STUDY OF TOLERANCE | M. Bambulyaka |
| | | 5 | ANALYSIS OF DRIVING CONDITIONS AND PREFERRED MEDIA ON DIVERSION | Yoon-Hyuk Choi |
| | | 6 | DYNAMIC OF AGGRESSIVE BEHAVIOR AT THE CONTEXT OF REFLECTIVE PROCESS | Elena Chernyshkova |
| | | 7 | HOW DOES PSYCHOANALYSIS HELP IN RECONSTRUCTING POLITICAL THOUGHT? AN EXERCISE OF INTERPRETATION | Subramaniam Chandran |
| | | 8 | PROBLEM-BASED LEARNING APPROACH TO HUMAN COMPUTER INTERACTION | Oon-Seng Tan |
| | | 9 | THE STRANGE RELATIONSHIP BETWEEN LITERACY AND WELL-BEING: THE RESULTS OF AN INTERNATIONAL SURVEY WITH SPECIAL FOCUS ON ITALY | Federica Cornali |

| CUMHURİYET 10 th INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOCIAL SCIENCES 10 th INTERNATIONAL CONFERENCE ON APPLIED SCIENCES 25 th INTERNATIONAL GROUP EXHIBITION OCTOBER 29, 2023 – ANKARA Meeting ID: 881 9370 7664 Passcode: 123456 | | | | |
|---|---------------------------|---|---|---|
| 29 Ekim/ October 29, 2023 / 16:00 – 18:00 Time zone in Turkey (GMT+3) | | | | |
| Salon | Moderator | | Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title | Authors |
| SALON 1 | Asst. Prof. Dr. Ali AJDER | 1 | PRESENT SITUATION OF RENEWABLE ENERGY IN TURKEY | Res. Asst., Pelin İLKER Alptug Nihat OZKUMRU Prof. Dr., Mehmet SORGUN |
| | | 2 | PUMPED STORAGE HYDROELECTRIC POWER PLANTS | Mustafa AKDOĞAN Res. Asst., Pelin İLKER Prof. Dr., Mehmet SORGUN |
| | | 3 | ANALYSIS OF EARTHQUAKE DAMAGE COST IN POWER TRANSMISSION LINES WITH THE HELP OF INDEX NUMBERS | Asst. Prof. Dr. Ali AJDER Prof. Dr. Selim AY |
| | | 4 | INVESTIGATION OF ENERGY STORAGE SYSTEMS IN TERMS OF POWER SYSTEM RELIABILITY AND SPINNING RESERVE | Asst. Prof. Dr. Ali AJDER Prof. Dr. Selim AY |
| | | 5 | Recovery of Low Sulfur Diesel-Like Fuel from Waste Tire Oils by Pyrolytic Distillation and Sulfurization Process | Abdulkerim YILDIZ Doç. Dr. Selman AYDIN |
| | | 6 | Evaluation of Combustion Characteristics of Subjected to sulfurization process Waste tire oil and waste engine oil in a CI Engine operating at a low load | Abdulkerim YILDIZ Doç. Dr. Selman AYDIN |
| | | 7 | EXPLANATION OF A DESIGN TECHNIQUE FOR MODELING A CONFORMAL WRIST BRACE BASED ON PATIENT DATA | Research Assistant, Ahmet DAYANÇ Assistant Professor, Feridun KARAKOÇ |
| | | 8 | MEASURING THE SURFACE AREAS OF DIFFERENT TYPES OF TPMS STRUCTURES FOR COMPARISON OF HEAT TRANSFER INTERFACES | Research Assistant, Ahmet DAYANÇ Assistant Professor, Feridun KARAKOÇ |
| | | 9 | MİKROBİYAL YAKIT HÜCRELERİNDE KULLANILMAK ÜZERE POLİMERİK BLEND MEMBRAN SENTEZİ | Sema Tuğçe BAYKARA Arş. Gör. Gizem Hazan AKÇAY Prof. Dr. İrfan AR |

| 10 th INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOCIAL SCIENCES 10 th INTERNATIONAL CONFERENCE ON APPLIED SCIENCES 25 th INTERNATIONAL GROUP EXHIBITION OCTOBER 29, 2023 – ANKARA Meeting ID: 881 9370 7664 Passcode: 123456 29 Ekim/ October 29, 2023 / 16:00 – 18:00 Time zone in Turkey (GMT+3) | | | | |
|--|-------------------------------|---|---|---|
| Salon | Moderator | | Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title | Authors |
| SALON 2 | Assoc. Prof. Dr. Enver KENDAL | 1 | BI PERIODIC JACOBSTHAL POLINOM SEQUENCE AND BINOMIAL TRANSFORMATIONS | Doç. Dr. Şükran UYGUN Songül AKSU |
| | | 2 | BAZI ÖZEL MATRİSLER VE CEBİRSEL ÖZELLİKLERİ | Doç. Dr. Özge ÖZTEKİN Fatima ELHASAN |
| | | 3 | HIGHER ORDER LEONARDO NUMBERS | Assoc. Prof. Kübra GÜL |
| | | 4 | DEVELOPING A MOBILE APPLICATION THAT OFFERS PAYMENT WITH ETHEREUM CRYPTO CURRENCY | Master Student Nida BAŞER Assoc. Prof. Dr. Ahmet Faruk ASLAN |
| | | 5 | PHOTOGRAPHICAL FRAME AS A DEVICE FOR THE ARCHITECTURAL CRITICISM | Graduate Student, Semih AKARSU |

| CUMHURİYET 10 th INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOCIAL SCIENCES 10 th INTERNATIONAL CONFERENCE ON APPLIED SCIENCES 25 th INTERNATIONAL GROUP EXHIBITION OCTOBER 29, 2023 – ANKARA Meeting ID: 881 9370 7664 Passcode: 123456 | | | | |
|---|----------------------------|----|--|---|
| 29 Ekim/ October 29, 2023 / 16:00 – 18:00 Time zone in Turkey (GMT+3) | | | | |
| Salon | Moderator | | Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title | Authors |
| SALON 3 | Assoc. Prof., Ayhan MENTES | 1 | Limanlarda Atık Alım Tesisi Planlamasında Kriterlerin Önceliklendirilmesi: Çevresel ve Mali Faktörlerin Analizi | Gülem CANBOLAT Dr. Öğr. Üyesi, Üstün ATAK Doç. Dr., Burak ZİNCİR |
| | | 2 | OPTICAL BRIGHTENERS AND USE IN THE PAPER INDUSTRY | Dr. Ufuk YILMAZ Prof. Dr. Ahmet TUTUŞ Prof. Dr. Sinan SÖNMEZ |
| | | 3 | CABLE PRODUCTION WITH FIBROUS PLANTS: AN ENVIRONMENT-FRIENDLY AND SUSTAINABLE APPROACH | Hatice Kübra FALCIOĞLU Özge TUTKUN Aleyna İrem KARA Elif ÇAĞLAR Gökhan ÇOKLAR |
| | | 4 | COMPARISON OF FINITE ELEMENT AND FINITE VOLUME METHODS FOR TURBULENT WATER FLOW IN PIPES | Buse Nur ALYAZ Prof. Dr. Mehmet SORGUN |
| | | 5 | INVESTIGATION OF THE EFFECT OF SURFACE TREATMENTS AND ORGANIC INHIBITORS ON GENERAL CORROSION OF ALUMINUM 2024 AND 7075 ALLOYS USING ELECTROCHEMICAL METHODS | Şahin YILMAZ |
| | | 6 | INVESTIGATION OF MECHANICAL PROPERTIES OF WOVEN AND UNIDIRECTION FIBER POLYMER COMPOSITES | Assist. Prof., Mahmut BİNGÖL |
| | | 7 | COMPUTER AIDED ANALYSIS OF A POLYMER COMPOSITE COMMERCIAL BUMPER | Assist. Prof., Mahmut BİNGÖL |
| | | 8 | LEAN MANUFACTURING APPLICATION IN THE WORKSHOP PRODUCING SURGICAL MASKS | Doç. Dr. Seher ARSLANKAYA |
| | | 9 | DEMAND FORECASTING IN A BUSINESS THAT PRODUCES FOOD MACHINES USING ARTIFICIAL NEURAL NETWORKS | Doç. Dr. Seher ARSLANKAYA |
| | | 10 | FACTORS INFLUENCING THE COMPETITIVENESS OF TURKISH YACHT BUILDING INDUSTRY | Pouya ADİBFAR Assoc.Prof., Ayhan MENTES |
| | | 11 | APPLICATION OF A MULTI-CRITERIA DECISION-MAKING METHOD FOR WIND FARM SITE SELECTION IN WESTERN AUSTRALIA | MSc, Emil RZAYEV Assoc. Prof., Ayhan MENTES |

| CUMHURİYET 10 th INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOCIAL SCIENCES 10 th INTERNATIONAL CONFERENCE ON APPLIED SCIENCES 25 th INTERNATIONAL GROUP EXHIBITION OCTOBER 29, 2023 – ANKARA Meeting ID: 881 9370 7664 Passcode: 123456 | | | | |
|---|--------------------------|---|--|--|
| 29 Ekim/ October 29, 2023 / 16:00 – 18:00 Time zone in Turkey (GMT+3) | | | | |
| Salon | Moderator | | Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title | Authors |
| SALON 4 | Doç. Dr., Sevilay ÖZTÜRK | 1 | DÜNYA VE TÜRKİYE'DE CHRYSIDIDAE (HYMENOPTERA: CHRYSIDOIDEA) FAMILİYASI HAKKINDA GÜNCEL BİLGİLER | Dr. Öğr. Üyesi, Emin KAPLAN |
| | | 2 | BIBLIOMETRIC ANALYSIS of STUDIES on PESTICIDE RESIDUES in FRESH FRUITS and VEGETABLES | Dr. Erdal ZENGİN |
| | | 3 | RAFİNERİ BÖLGESİNDEN İZOLE EDİLEN BAKTERİLERİN ÇİNKO DİRENÇLİLİKLERİNİN BELİRLENMESİ | Öğr. Gör. M. Yunus Emre KARAMAN Prof. Dr. Hatice ÖĞÜTCÜ |
| | | 4 | POLİAROMATİK HİDROKARBONLARLA KONTAMİNE OLMUŞ ALANLARDAN İZOLE EDİLEN BAZI BAKTERİLERİN İDENTİFİKASYONU | Öğr. Gör. M. Yunus Emre KARAMAN Prof. Dr. Hatice ÖĞÜTCÜ |
| | | 5 | ECOLOGICAL AND TAXONOMICAL INVESTIGATION OF THE BIODIVERSITY OF ALGAE IN CUMALI THERMAL SPRING (SEFERİHİSAR-İZMİR) | Doç. Dr., Sevilay ÖZTÜRK |
| | | 6 | CLIMATE CHANGE AND ITS EFFECTS ON THE ENVIRONMENT IN IRAQ | Bahra Mohamed Sharif Rashid Doç. Dr. Hüseyin MERTOL Yl. Öğr. Yunus ERGÜN |
| | | 7 | EFFECTIVENESS OF TURKISH DISASTER MANAGEMENT SYSTEM AND RECOMMENDATIONS | Omed Hakeem Mousa MOUSA Doç. Dr. Hüseyin MERTOL Yl. Öğr. Yunus ERGÜN |
| | | 8 | THE GEOGRAPHY OF ASYLUM SEEKERS AND REFUGEES IN EUROPE | Farhad Jalal Najem NAJEM Doç. Dr. Hüseyin MERTOL Yl. Öğr. Yunus ERGÜN |

| CUMHURİYET 10 th INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOCIAL SCIENCES 10 th INTERNATIONAL CONFERENCE ON APPLIED SCIENCES 25 th INTERNATIONAL GROUP EXHIBITION OCTOBER 29, 2023 – ANKARA Meeting ID: 881 9370 7664 Passcode: 123456 | | | | |
|---|---------------------|--|---|---|
| 29 Ekim/ October 29, 2023 / 16:00 – 18:00 Time zone in Turkey (GMT+3) | | | | |
| Salon | Moderator | Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title | Authors | |
| SALON 5 | Doç. Dr. UMUT CANLI | 1 | KAHRAMANMARAŞ SÜTÇÜ İMAM ÜNİVERSİTESİ SAĞLIK HİZMETLERİ MESLEK YÜKSEKOKULU ÖĞRENCİLERİNİN ÖN LİSANS MÜFREDATLARINDA YER ALAN ANATOMİ ÖĞRETİMİNE İLİŞKİN GÖRÜŞLERİ ÜZERİNE BİR ANKET ÇALIŞMASI | Doç. Dr. Mehmet DEMİR Dr. Fatih ÇAVUŞ Dr. Öğr. Üyesi M. Furkan ARPACI |
| | | 2 | LACTİFLUUS BERTİLLONİİ MANTARINDAN YEŞİL SENTEZLE DEMİR NANO PARTİKÜLLERİN SENTEZLENMESİ, KARAKTERİZASYONU | Dr. Öğr. Üyesi, Aybek YİĞİT |
| | | 3 | THE SCREENING OF NRG1 rs4560751-rs3802160-rs10503929 HAPLOTYPES IN TURKISH SCHIZOPHRENIA PATIENTS and CONTROLS. | Assoc. Prof. Dr. Mustafa Mert SÖZEN Prof. Dr. Şükrü KARTALCI |
| | | 4 | THE SCREENING OF NRG1 rs4560751-rs3802160 HAPLOTYPES IN A TURKISH SCHIZOPHRENIA CASE-CONTROL GROUP | Assoc. Prof. Dr. Mustafa Mert SÖZEN Prof. Dr. Şükrü KARTALCI |
| | | 5 | EPİZYOTOMİ İYİLEŞME SÜRECİNDE LAVANTA KULLANIMI | Doç. Dr. Çiğdem GÜN KAKAŞCI Öğrenci Nisa Gökçen TEPE |
| | | 6 | GENÇLİK VE CİNSEL MİTLER | Doç. Dr. Çiğdem GÜN KAKAŞCI Öğrenci Nisa Gökçen TEPE |
| | | 7 | YETİŞKİN POPÜLASYONDA İZOMETRİK KUVVET VE EKLEM HAREKET AÇIKLIĞI İLİŞKİSİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ | Doç. Dr. UMUT CANLI |

| CUMHURİYET 10 th INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOCIAL SCIENCES 10 th INTERNATIONAL CONFERENCE ON APPLIED SCIENCES 25 th INTERNATIONAL GROUP EXHIBITION OCTOBER 29, 2023 – ANKARA Meeting ID: 881 9370 7664 Passcode: 123456 29 Ekim/ October 29, 2023 / 16:00 – 18:00 Time zone in Turkey (GMT+3) | | | | |
|--|--------------------------------|---|---|--|
| Salon | Moderator | | Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title | Authors |
| SALON 6 | Arş. Gör. Dr. Ayşegül YILMAZER | 1 | EBEVEYNLERE GÖRE ÇOCUKLARDA EKCRAN BAĞIMLILIĞI | Nergiz Sevim AĞAÇDELEN Meral ARDIÇ Doç. Dr. Nezh ÖNAL |
| | | 2 | NOMOFOBİ KONUSUNDA YAPILMIŞ ULUSAL LİSANSÜSTÜ TEZLERİN SİSTEMATİK İNCELENMESİ | Meral ARDIÇ Nergiz Sevim AĞAÇDELEN Doç. Dr. Nezh ÖNAL |
| | | 3 | LİSE MATEMATİK ÖĞRETMENLERİNİN GEOMETRİ ÖĞRENME ALANINA YÖNELİK GÖRÜŞLERİ: YALOVA İLİ ÖRNEĞİ | Yüksek Lisans Öğrencisi, Meryem Dilara ATEŞ Doç. Dr. Çiğdem ARSLAN |
| | | 4 | İLKOKUL OKUL GELİŞTİRME HİZMETLERİNİ DEĞERLENDİRME ÖLÇEĞİ GELİŞTİRME ÇALIŞMASI | Cem MORAN Dr. Öğr. Üyesi MUSTAFA AYDIN BAŞAR |
| | | 5 | İLKOKUL EĞİTİM ÖĞRETİM HİZMETLERİNİ DEĞERLENDİRME ÖLÇEĞİ GELİŞTİRME ÇALIŞMASI | Cem MORAN Dr. Öğr. Üyesi MUSTAFA AYDIN BAŞAR |
| | | 6 | 5-6 VE 7. SINIF SOSYAL BİLGİLER DERS KİTAPLARINDA KARİKATÜR KULLANIMININ İNCELENMESİ | Arş. Gör. Dr. Ayşegül YILMAZER |
| | | 7 | OKUL ÖNCESİ ÖĞRETMENLERİNİN YOĞUNLAŞTIRILMIŞ EĞİTİM PROGRAMI ETKİNLİKLERİNE İLİŞKİN ÇEVRESEL TUTUM, ÇEVRE KİRLİLİĞİ, GERİ DÖNÜŞÜM, YENİDEN KULLANMA, AZALTMA VE ÇEVRESEL FARKINDALIKLA İLGİLİ GÖRÜŞLERİ | Doktora Öğrencisi, Zülfikar GÜVENİR Profesör, Lütfullah TÜRKMEN |
| | | 8 | YOĞUNLAŞTIRILMIŞ EĞİTİM PROGRAMI ETKİNLİKLERİNE İLİŞKİN OKUL ÖNCESİ ÖĞRETMENLERİNİN TEMEL BİLİMSEL SÜREÇ BECERİLERİYLE İLGİLİ GÖRÜŞLERİ | Doktora Öğrencisi, Zülfikar GÜVENİR Profesör, Lütfullah TÜRKMEN |

| CUMHURİYET 10 th INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOCIAL SCIENCES 10 th INTERNATIONAL CONFERENCE ON APPLIED SCIENCES 25 th INTERNATIONAL GROUP EXHIBITION OCTOBER 29, 2023 – ANKARA Meeting ID: 881 9370 7664 Passcode: 123456 | | | | |
|---|--------------------|---|--|--|
| 29 Ekim/ October 29, 2023 / 16:30 – 18:30 Time zone in Turkey (GMT+3) | | | | |
| Salon | Moderator | | Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title | Authors |
| HALL 1 | Dr. Juliana Panova | 1 | MULTI-VIEW NEURAL NETWORK BASED GAIT RECOGNITION | Saeid Fazli, Hadis Askarifar, Assoc Maryam Sheikh Shoaie |
| | | 2 | HOW VALID ARE OUR LANGUAGE TEST INTERPRETATIONS? A DEMONSTRATIVE EXAMPLE | Masoud Saeedi, Shirin Rahimi Kazerooni, Dr. Vahid Parvaresh |
| | | 3 | EXPLORING LIFE MEANINGFULNESS AND ITS PSYCHOSOCIAL CORRELATES AMONG RECOVERING SUBSTANCFAT@HAYBEKE USERS – AN INDIAN PERSPECTIVE | Fouzia Alsabah Assoc Shaikh, Anjali Ghosh |
| | | 4 | DEVELOPMENT OF ORGANIZATIONAL JUSTICE IN INCENTIVE ALLOCATION OF THE THAI PUBLIC SECTOR | Dr. Kalayanee Koonmee |
| | | 5 | CULTURAL ANXIETY AND ITS IMPACT ON STUDENTS- LIFE: A CASE STUDY OF INTERNATIONAL STUDENTS IN WUHAN UNIVERSITY | Nadeem Akhtar, Shan Bo |
| | | 6 | THE PREDICTABILITY AND ABSTRACTNESS OF LANGUAGE: A STUDY IN UNDERSTANDING AND USAGE OF THE ENGLISH LANGUAGE THROUGH PROBABILISTIC MODELING AND FREQUENCY | Revanth Sai Kosaraju, Michael Ramscar, Melody Dye |
| | | 7 | STUDY ON THE RELATIONS BETWEEN ONE'S PERSONALITY DIMENSIONS AND HIS PERSONALITY JUDGMENT ABOUT FRIEND BASED ON REALITY DISTORTION | Bahareh Babaei, Hadi Bahrami Ehsan, Reza Reza-zadeh, Hossien Kaviani |
| | | 8 | TREATMENT OR RE-VICTIMIZING THE VICTIMS | Dr. Juliana Panova |
| | | 9 | ATTACHMENT STYLES OF CHILDREN RAISED IN NURSERY VS. THOSE WHO ARE RAISED IN THE FAMILY IN IRAN | Narges Razeghi |

| CUMHURİYET 10 th INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOCIAL SCIENCES 10 th INTERNATIONAL CONFERENCE ON APPLIED SCIENCES 25 th INTERNATIONAL GROUP EXHIBITION OCTOBER 29, 2023 – ANKARA | | | | |
|---|-------------------------|---|---|---|
| Meeting ID: 881 9370 7664 Passcode: 123456 | | | | |
| 29 Ekim/ October 29, 2023 / 16:30 – 18:30 Time zone in Turkey (GMT+3) | | | | |
| Salon | Moderator | | Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title | Authors |
| HALL 2 | Prof. Hooman Jafarabadi | 1 | OPTIMAL CONTROL STRATEGIES FOR SPEED CONTROL OF PERMANENT-MAGNET SYNCHRONOUS MOTOR DRIVES | Roobeh Molavi, Davood A. Khaburi |
| | | 2 | NSGA BASED OPTIMAL VOLT / VAR CONTROL IN DISTRIBUTION SYSTEM WITH DISPERSED GENERATION | P. N. Hrisheeksha, Jaydev Sharma |
| | | 3 | SIGNATURE RECOGNITION USING CONJUGATE GRADIENT NEURAL NETWORKS | Jamal Fathi Abu Hasna |
| | | 4 | SPECTRAL ANALYSIS OF SPEECH: A NEW TECHNIQUE | Neeta Awasthy, J.P.Saini, D.S.Chauhan |
| | | 5 | STUDY AND ENHANCEMENT OF FLASH EVAPORATION DESALINATION UTILIZING THE OCEAN THERMOCLINE AND DISCHARGED HEAT | Sami Mutair, Yasuyuki Ikegami |
| | | 6 | INTRODUCING AN IMAGE PROCESSING BASE IDEA FOR OUTDOOR CHILDREN CARING | Prof. Hooman Jafarabadi |
| | | 7 | DEVICE DISCOVER: A COMPONENT FOR NETWORK MANAGEMENT SYSTEM USING SIMPLE NETWORK MANAGEMENT PROTOCOL | Garima Gupta, Daya Gupta |
| | | 8 | THEMATIC ROLE EXTRACTION USING SHALLOW PARSING | Mehmouh Shamsfard, Maryam Sadr Mousavi |
| | | 9 | INTRODUCING AN IMAGE PROCESSING BASE IDEA FOR OUTDOOR CHILDREN CARING | Hooman Jafarabadi |

| CUMHURİYET 10 th INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOCIAL SCIENCES 10 th INTERNATIONAL CONFERENCE ON APPLIED SCIENCES 25 th INTERNATIONAL GROUP EXHIBITION OCTOBER 29, 2023 – ANKARA Meeting ID: 881 9370 7664 Passcode: 123456 29 Ekim/ October 29, 2023 / 16:30 – 18:30 Time zone in Turkey (GMT+3) | | | | |
|--|---------------|---|--|---|
| Salon | Moderator | | Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title | Authors |
| HALL 3 | Dr. Dawei Lin | 1 | A REVIEW ON APPLICATION OF CHITOSAN AS A NATURAL ANTIMICROBIAL | F. Nejati Hafdani, N. Sadeghinia |
| | | 2 | NEUROGENIC POTENTIAL OF CLITORIA TERNATEA AQUEOUS ROOT EXTRACT–A BASIS FOR ENHANCING LEARNING AND MEMORY | Kiranmai S.Rai |
| | | 3 | FORMULATION AND EVALUATION OF VAGINAL SUPPOSITORIES CONTAINING LACTOBACILLUS | Sanae Kaewnopparat, Nattha Kaewnopparat |
| | | 4 | ISOLATION OF B-SİTOSTEROL DİARABİNOSİDE FROM RHİZOMES OF ALPİNİA GALANGA | N. K. Fuloria, S. Fuloria |
| | | 5 | DATA MINING CLASSIFICATION METHODS APPLIED IN DRUG DESIGN | Mária Stachová, Lukáš Sobíšek |
| | | 6 | SALBUTAMOL SULPHATE-ETHYLCELLULOSE TABLETTED MICROCAPSULES: PHARMACOKINETIC STUDY USING CONVOLUTION APPROACH | Ghulam Murtaza, Kalsoom Farzana |
| | | 7 | ANTIBACTERIAL ACTIVITY OF ETHANOL EXTRACT FROM SOME THAI MEDICINAL PLANTS AGAINST CAMPYLOBACTER JEJUNI | Achara Dholvitayakhun, Nathanon Trachoo |

| CUMHURİYET 10 th INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOCIAL SCIENCES 10 th INTERNATIONAL CONFERENCE ON APPLIED SCIENCES 25 th INTERNATIONAL GROUP EXHIBITION OCTOBER 29, 2023 – ANKARA Meeting ID: 881 9370 7664 Passcode: 123456 29 Ekim/ October 29, 2023 / 16:30 – 18:30 Time zone in Turkey (GMT+3) | | | | |
|--|--------------------|----|---|---|
| Salon | Moderator | | Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title | Authors |
| HALL 4 | Bharadwaj Kadiyala | 1 | PSO-BASED PLANNING OF DISTRIBUTION SYSTEMS WITH DISTRIBUTED GENERATIONS | Amin Hajizadeh, Ehsan Hajizadeh |
| | | 2 | THREE-PHASE HIGH FREQUENCY AC CONVERSION CIRCUIT WITH DUAL MODE PWM/PDM CONTROL STRATEGY FOR HIGH POWER IH APPLICATIONS | Nabil A. Ahmed |
| | | 3 | A NEW MAXIMUM POWER POINT TRACKING FOR PHOTOVOLTAIC SYSTEMS | Mohamed Azab |
| | | 4 | IMPULSE RESPONSE SHORTENİNG FOR DİSCRETE MULTİTONE TRANSCİVERS USİNG CONVEX OPTİMİZATİON APPROACH | Ejaz Khan, Conor Heneghan |
| | | 5 | HYBRID ASSOCIATION CONTROL SCHEME AND LOAD BALANCING IN WIRELESS LANS | Chutima Prommak, Airisa Jantaweeitip |
| | | 6 | ESTIMATION OF BROADCAST PROBABILITY IN WIRELESS ADHOC NETWORKS | Bharadwaj Kadiyala, Sunitha V |
| | | 7 | THEORETICAL ANALYSIS OF CAPACITIES IN DYNAMIC SPATIAL MULTIPLEXING MIMO SYSTEMS | Imen Sfaihi, Nouredine Hamdi |
| | | 10 | | |

| CUMHURİYET 10 th INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOCIAL SCIENCES 10 th INTERNATIONAL CONFERENCE ON APPLIED SCIENCES 25 th INTERNATIONAL GROUP EXHIBITION OCTOBER 29, 2023 – ANKARA Meeting ID: 881 9370 7664 Passcode: 123456 | | | | |
|---|--------------|--|---|--------------------|
| 29 Ekim/ October 29, 2023 / 16:30 – 18:30 Time zone in Turkey (GMT+3) | | | | |
| Salon | Moderator | Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title | Authors | |
| HALL 5 | Samar Krimi, | 1 | BREAST SKIN-LINE ESTIMATION AND BREAST SEGMENTATION IN MAMMOGRAMS USING FAST-MARCHING METHOD | Koichi Harada |
| | | 2 | SCATTERER DENSITY IN EDGE AND COHERENCE ENHANCING NONLINEAR ANISOTROPIC DIFFUSION FOR MEDICAL ULTRASOUND SPECKLE REDUCTION | Ahmed Badawi |
| | | 3 | T-WAVE DETECTION BASED ON AN ADJUSTED WAVELET TRANSFORM MODULUS MAXIMA | J. Michael Johnson |
| | | 4 | BRIDGING THE MENTAL GAP BETWEEN CONVOLUTION APPROACH AND COMPARTMENTAL MODELING IN FUNCTIONAL IMAGING: TYPICAL EMBEDDING OF AN OPEN TWO-COMPARTMENT MODEL INTO THE SYSTEMS THEORY APPROACH OF INDICATOR DILUTION THEORY | Mohamed Mahfouz |
| | | 5 | ANALYSIS OF MEDICAL DATA USING DATA MINING AND FORMAL CONCEPT ANALYSIS | Samar Krimi, |
| | | 6 | CASE BASED REASONING TECHNOLOGY FOR MEDICAL DIAGNOSIS | Kaïs Ouni, |
| | | 7 | DETECTION OF DIABETIC SYMPTOMS IN RETINA IMAGES USING ANALOG ALGORITHMS | Noureddine Ellouze |
| | | 8 | ARRIVING AT AN OPTIMUM VALUE OF TOLERANCE FACTOR FOR COMPRESSING MEDICAL IMAGES | Gesine Hellwig |
| | | 9 | | |

| CUMHURİYET 10 th INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOCIAL SCIENCES 10 th INTERNATIONAL CONFERENCE ON APPLIED SCIENCES 25 th INTERNATIONAL GROUP EXHIBITION OCTOBER 29, 2023 – ANKARA Meeting ID: 881 9370 7664 Passcode: 123456 | | | | |
|---|-----------------------------|--|--|---|
| 29 Ekim/ October 29, 2023 / 16:30 – 18:30 Time zone in Turkey (GMT+3) | | | | |
| Salon | Moderator | Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title | Authors | |
| HALL 6 | Assoc. Akmaral Datalbekkyzy | 1 | LATERAL TORSIONAL BUCKLING OF STEEL THIN-WALLED BEAMS WITH LATERAL RESTRAINTS | Ivan Balázs, Jindřich Melcher |
| | | 2 | THE ESTABLISHMENT OF CAUSE-SYSTEM OF POOR CONSTRUCTION SITE SAFETY AND PRIORITY ANALYSIS FROM DIFFERENT PERSPECTIVES | Shirong Li, Xueping Xiang |
| | | 3 | APPLICATIONS OF CARBON FIBERS PRODUCED FROM POLYACRYLONITRILE FIBERS | R. Eslami Farsani, R. Fazaeli |
| | | 4 | A STUDY ON THE DEVELOPING METHOD OF THE BIM (BUILDING INFORMATION MODELING) SOFTWARE BASED ON CLOUD COMPUTING ENVIRONMENT | Byung-Kon Kim |
| | | 5 | TORSION BEHAVIOR OF STEEL FIBERED HIGH STRENGTH SELF COMPACTING CONCRETE BEAMS REINFORCED BY GFRB BARS | Khaled S. Ragab, Ahmed S. Eisa |
| | | 6 | ADVANTAGES OF LARGE STRANDS IN PRECAST/PRESTRESSED CONCRETE HIGHWAY APPLICATION | Amin Akhnoukh |
| | | 7 | MULTIPATH ROUTING SENSOR NETWORK FOR FINDING CRACK IN METALLIC STRUCTURE USING FUZZY LOGIC | Dulal Acharjee, Punyaban Patel |
| | | 8 | ASSESSING THE EFFECTS OF EXPLOSION WAVES ON OFFICE AND RESIDENTIAL BUILDINGS | Mehran Pourgholi , Amin Lotfi Eghlim |
| | | 9 | EFFECT OF POLYVINYL PYRROLIDONE AND ETHYL CELLULOSE CONCENTRATION ON RELEASE PROFILE AND KINETICS OF GLIBENCLAMIDE EXTENDED RELEASE DOSAGE FORM SYSTEM | Amit Kumar, Peeyush Sharma, Anil Bhandari |

| CUMHURİYET 10 th INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOCIAL SCIENCES 10 th INTERNATIONAL CONFERENCE ON APPLIED SCIENCES 25 th INTERNATIONAL GROUP EXHIBITION OCTOBER 29, 2023 – ANKARA Meeting ID: 881 9370 7664 Passcode: 123456 29 Ekim/ October 29, 2023 / 16:30 – 18:30 Time zone in Turkey (GMT+3) | | | | |
|--|-------------------------------|--|--|--|
| Salon | Moderator | Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title | Authors | |
| HALL 7 | Asst. Prof. Jeļena Treļjakova | 1 | A COMPARISON OF SVM-BASED CRITERIA IN EVOLUTIONARY METHOD FOR GENE SELECTION AND CLASSIFICATION OF MICROARRAY DATA | Rameswar Debnath, Haruhisa Takahashi |
| | | 2 | BIOEFFICACY OF SOME OIL-MIXED PLANT DERIVATIVES AGAINST AFRICAN MUD CATFISH (CLARIAS GARIEPINUS) BEETLES, DERMESTES MACULATUS AND NECROBIA RUFIPES | Akinwumi F. Olusegun |
| | | 3 | THE ROLE OF IMMUNOGENIC ADHESIN VIBRIO ALGINOLYTICUS 49 K DA TO MOLECULE EXPRESSION OF MAJOR HISTOCOMPATIBILITY COMPLEX ON RECEPTORS OF HUMPBACK GROUPER CROMILEPTES ALTIVELIS | Uun Yanuhar |
| | | 4 | IDENTIFICATION CHARACTERIZATION AND PRODUCTION OF PHYTASE FROM ENDOPHYTIC FUNGI | Yetti Marlida , Rina Delfita , Neni Gusmanizar, Gita Ciptaan |
| | | 5 | DIRECT AND INDIRECT SOMATIC EMBRYOGENESIS FROM PETIOLE AND LEAF EXPLANTS OF PURPLE FAN FLOWER (SCAEVOLA AEMULA R. BR. CV. 'PURPLE FANFARE') | Shyama Ranjani Weerakoon |
| | | 6 | STRUCTURAL BASIS OF RESISTANCE OF HELICOBACTERPYLORI DNAK TO ANTIMICROBIAL PEPTIDE PYRRHOCORICIN | Musammam F. Nahar, Anna Roujeinikova |
| | | 7 | COMMUNITIES OF AMMONIA-OXIDIZING ARCHAEA AND BACTERIA IN ENRICHED NITRIFYING ACTIVATED SLUDGE | Puntipar Sonthiphand, Tawan Limpiyakorn |
| | | 8 | HUMAN ELASTIN-DERIVED BIOMIMETIC COATING SURFACE TO SUPPORT CELL GROWTH | Antonella Bandiera |
| | | 9 | A REPORT ON OCCURRENCE AND PARASITE-HOST OF LIGULA INTESTINALIS IN SATTARKHAN LAKE(EAST AZERBAIJAN-IRAN) | Mahbobeh Hajirostamloo |

25th International Group Exhibition

OCTOBER 29, 2023 – ANKARA

| Salon / Hall | Oturum Başkanı / Session Chair | Eser Adı / Art Work | Artist | Tema / Theme |
|--------------|--------------------------------|---|----------------------------------|--------------|
| | | 1 Nehrin Altındaki Nehir- The River Under the River | Doç. Dr. Meral BATUR | |
| | | 2 Melankoli/Melancholia | Doç. Dr. Mehmet Akif KAPLAN | |
| | | 3 Seksek | Dr. Öğretim Üyesi Mustafa TUNÇ | |
| | | 4 THE SUN RİSES WITH US | Educationist, Gülşen KARAKOYUNLU | |
| | | 5 Axis Mundi-Hayat Ağacı | Dr. Öğr. Üyesi Koza Kurt Kırtay | |
| | | 6 Renkler / Colors | Dr. Öğr. Üyesi Merve KARAMAN | |
| | | 7 Her Zaman Ayakta | Uzm. Öğret. Füsün Dönmez | |
| | | 8 Göktaş | Doç. Dr. Nermin ÖZCAN ÖZER | |
| | | 9 Kadim Topraklarda | Doç. Dr. Nermin ÖZCAN ÖZER | |
| | | 10 Hisler ve Arzular ve Açıklamalar | Doç. Ayşegül Türk | |
| | | 11 Cumhuriyet / Republic | Yüksel TOK | |
| | | 12 İsimsiz | Prof. Dr. Ahmet DALKIRAN | |
| | | 13 İsimsiz | Prof. Dr. Ahmet DALKIRAN | |
| | | 14 Kuşlar | Seda Türkan | |
| | | 15 Kamusal alanda sanat: Odak | Dr. Bengi Polat | |
| | | 16 Kamusal alanda sanat: Sembol | Dr. Bengi Polat | |
| | | 17 Abstraction I | Arş. Gör. Beyzanur Karakuş | |
| | | 18 KOMPOZİSYON / COMPOSITION | UMUT GÖRMEN | |
| | | 19 Omuz Omuza | Nesrin ŞİRİN | |

| | | |
|----|-----------------------------|-------------------------------------|
| 20 | İsimsiz | Öğr. Gör. Rabiha ARSLAN YILDIRIM |
| 21 | İsimsiz | Öğr. Gör. Rabiha ARSLAN YILDIRIM |
| 22 | People Alive | Arş. Gör. Bilge ŞENGÜL |
| 23 | Yaşam Alanı | Dr. Öğr. Üyesi Mustafa KOCALAN |
| 25 | 100. YIL ANISINA | Öğr. Gör. Fatime SAVAŞ CAN |
| 26 | Bayrak | Melahat TELERİ |
| | O Ev | Hatice DÖNMEZ AYDIN |
| | 3 Güzeller / Three Beauties | Ayşe Yerebakan |
| | Parla | Arzu BOR KOCAMAN |
| | Umay | Şengül EROL |

Contents

| | |
|---|-----|
| PUMPED STORAGE HYDROELECTRIC POWER PLANTS | 1 |
| PRESENT SITUATION OF RENEWABLE ENERGY IN TURKEY | 13 |
| ENERJİ İLETİM HAVA HATLARINDA DEPREM SONUCU OLUŞAN HASAR MALİYETİNİN ENDEKS SAYILARI YARDIMIYLA ANALİZİ | 24 |
| ENERJİ DEPOLAMA SİSTEMLERİNİN GÜÇ SİSTEMİ GÜVENİLİRLİĞİ VE YEDEK REZERV AÇISINDAN İNCELENMESİ | 33 |
| RECOVERY OF LOW SULFUR DIESEL-LIKE FUEL FROM WASTE TIRE OILS BY PYROLYTIC DISTILLATION AND SULFURIZATION PROCESS | 44 |
| EVALUATION OF COMBUSTION CHARACTERISTICS OF SUBJECTED TO SULFURIZATION PROCESS WASTE TIRE OIL AND WASTE ENGINE OIL IN A CI ENGINE OPERATING AT A LOW LOAD | 54 |
| EXPLANATION OF A DESIGN TECHNIQUE FOR MODELING A CONFORMAL WRIST BRACE BASED ON PATIENT DATA | 62 |
| MEASURING THE SURFACE AREAS OF DIFFERENT TYPES OF TPMS STRUCTURES FOR COMPARISON OF HEAT TRANSFER INTERFACES | 66 |
| MİKROBİYAL YAKIT HÜCRELERİNDE KULLANILMAK ÜZERE POLİMERİK BLEND MEMBRAN SENTEZİ | 70 |
| HIGHER ORDER LEONARDO NUMBERS | 82 |
| BI PERIODIC JACOBSTHAL POLINOM SEQUENCE AND BINOMIAL TRANSFORMATIONS | 88 |
| PHOTOGRAPHIC FRAME AS A DEVICE FOR THE ARCHITECTURAL CRITICISM | 99 |
| LİMANLARDA ATIK ALIM TESİSİ PLANLAMASINDA KRİTERLERİN ÖNCELİKLENDİRİLMESİ: ÇEVRESEL VE MALİ FAKTÖRLERİN ANALİZİ | 108 |
| OPTİK BEYAZLATICILAR VE KAĞIT ENDÜSTRİSİNDE KULLANIMI | 120 |
| OPTICAL BRIGHTENERS AND USE IN THE PAPER INDUSTRY | 120 |
| LİFLİ BİTKİLERLE KABLO ÜRETİMİ: ÇEVRE DOSTU VE SÜRDÜRÜLEBİLİR BİR YAKLAŞIM | 129 |
| COMPARISON OF FINITE ELEMENT AND FINITE VOLUME METHODS FOR TURBULENT WATER FLOW IN PIPES | 136 |
| ALÜMİNYUM 2024 VE 7075 ALAŞIMLARININ GENEL KOROZYONUNA YÜZEY İŞLEMLERİ VE ORGANİK İNHİBİTÖRLERİN ETKİSİNİN ELEKTROKİMYASAL YÖNTEMLERLE İNCELENMESİ | 148 |
| APPLICATION OF A MULTI-CRITERIA DECISION-MAKING METHOD FOR WIND FARM SITE SELECTION IN WESTERN AUSTRALIA | 156 |
| POLİAROMATİK HİDROKARBONLARLA KONTAMİNE OLMUŞ ALANLARDAN İZOLE EDİLEN BAZI BAKTERİLERİN İDENTİFİKASYONU | 171 |
| RAFİNERİ BÖLGESİNDEN İZOLE EDİLEN BAKTERİLERİN ÇİNKO DİRENÇLİLİKLERİNİN BELİRLENMESİ | 176 |
| ECOLOGICAL AND TAXONOMICAL INVESTIGATION OF THE BIODIVERSITY OF ALGAE IN CUMALI THERMAL SPRING (SEFERİHİSAR-İZMİR) | 181 |
| CLIMATE CHANGE AND ITS EFFECTS ON THE ENVIRONMENT IN IRAQ | 189 |
| THE GEOGRAPHY OF ASYLUM SEEKERS AND REFUGEES IN EUROPE | 203 |
| EFFECTIVENESS OF TURKISH DISASTER MANAGEMENT SYSTEM AND RECOMMENDATIONS | 219 |

| | |
|---|-----|
| KAHRAMANMARAŞ SÜTÇÜ İMAM ÜNİVERSİTESİ SAĞLIK HİZMETLERİ MESLEK YÜKSEKOKULU ÖĞRENCİLERİNİN ÖN LİSANS MÜFREDATLARINDA YER ALAN ANATOMİ ÖĞRETİMİNE İLİŞKİN GÖRÜŞLERİ ÜZERİNE BİR ANKET ÇALIŞMASI | 231 |
| <i>LACTIFLUUS BERTILLONII</i> MANTARINDAN YEŞİL SENTEZLE DEMİR NANO PARTİKÜLLERİN SENTEZLENMESİ, KARAKTERİZASYONU | 242 |
| GENÇLİK VE CİNSEL MİTLER | 247 |
| EPIZYOTOMİ İYİLEŞME SÜRECİNDE LAVANTA KULLANIMI | 254 |
| YETİŞKİN POPÜLASYONDA İZOMETRİK KUVVET VE EKLEM HAREKET AÇIKLIĞI İLİŞKİSİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ | 260 |

PUMPED STORAGE HYDROELECTRIC POWER PLANTS

Mustafa AKDOĞAN

İzmir Katip Çelebi Üniversitesi,

Res. Asst., Pelin İLKER

İzmir Katip Çelebi Üniversitesi, - 0000-0001-7933-4772

Prof. Dr., Mehmet SORGUN

İzmir Katip Çelebi Üniversitesi, - 0000-0003-2323-2499

ABSTRACT

Hydraulic energy is one of the leading renewable energy sources and Hydroelectric Power Plants (HPP) are used in the treatment of this energy. In addition to conventional power plants, Pumped Storage Hydroelectric Power Plants (PSHPPs) offer substantial advantages in the area of energy storage and management. The operating principle of Pumped Storage Hydroelectric Power Plants (PSHPP) involves storing excess energy during periods of low demand and releasing it during high-demand periods, thereby smoothing fluctuations in electricity demand. This ensures grid stability and reliability. This study aims to comprehensively review on both conventional and pumped storage hydroelectric power plants, providing a comparative overview of their distinctions, operational principles, advantages, and global and Turkish-specific examples. Through the analysis of the efficient use of water resources, key differences are highlighted, such as the storage of energy by pumping water and subsequently releasing it for electricity generation.

Keywords: Renewable Energy, hydraulic energy, hydroelectric power plants, energy storage

1. INTRODUCTION

Energy plays a crucial role in the well-being of human life, and the extent of a state's energy investments directly impacts the socio-economic welfare of its citizens. The production of energy must meet certain criteria, being both adequate in quantity and affordable, while also ensuring safety. Power plants, utilizing a mix of renewable and non-renewable energy sources, are responsible for generating electricity. These plants utilize various natural energies, such as geothermal, hydraulic, nuclear, thermal, and wind energies, to power alternators and produce electricity.

Selecting the appropriate power plant type requires careful consideration of various factors. Thermal power plants, for instance, experience operational problems and struggle with the high and fluctuating daily energy demands. Similar problems arise from the inconsistent nature of renewable energy sources. In such conditions, it becomes clear that depending entirely on Hydroelectric Power Plants (HPPs) is insufficient, especially given the increasing demand during peak loads. This emphasizes the importance of implementing storage systems, with pumped storage HPPs emerging as an achievable solution. These systems quickly reach their

maximum capacity, are simple to start or deactivate, and are proficient at handling load changes. Thus, the incorporation of storage technologies improves the efficient and cost-effective use of energy [1].

Produced energy can be transformed and stored in alternative forms, a capability facilitated by various storage systems such as mechanical, thermal, electrochemical, electromagnetic, chemical, and biological methods. Electrical energy, for instance, can be converted into both chemical and mechanical energy to enable storage. Among the multitude of storage techniques, the pumped storage system stands out as one of the most efficient methods for the substantial storage of energy [2].

2. HYDROPOWER AND HYDROELECTRIC PLANTS

2.1. Overview of Hydroelectric Generation

The kinetic energy of moving water is converted into electrical energy through the construction of power plants on dams. Dams are strategically constructed to create a height differential, and concrete blocks are employed to maintain water at a certain level. The release of water from this elevated position, with potential energy, generates kinetic energy as it flows. This kinetic energy activates turbine blades, producing mechanical energy. Subsequently, the turbine sets the generator rotor in motion, converting mechanical energy into electrical energy, ultimately yielding electricity [3]. The process is visually depicted in Figure 1, illustrating hydroelectric power generation. A standard hydroelectric power plant includes a dam, headworks, headrace, surge shaft, penstock, powerhouses situated both underground and, on the surface, as well as a tailrace channel [4].

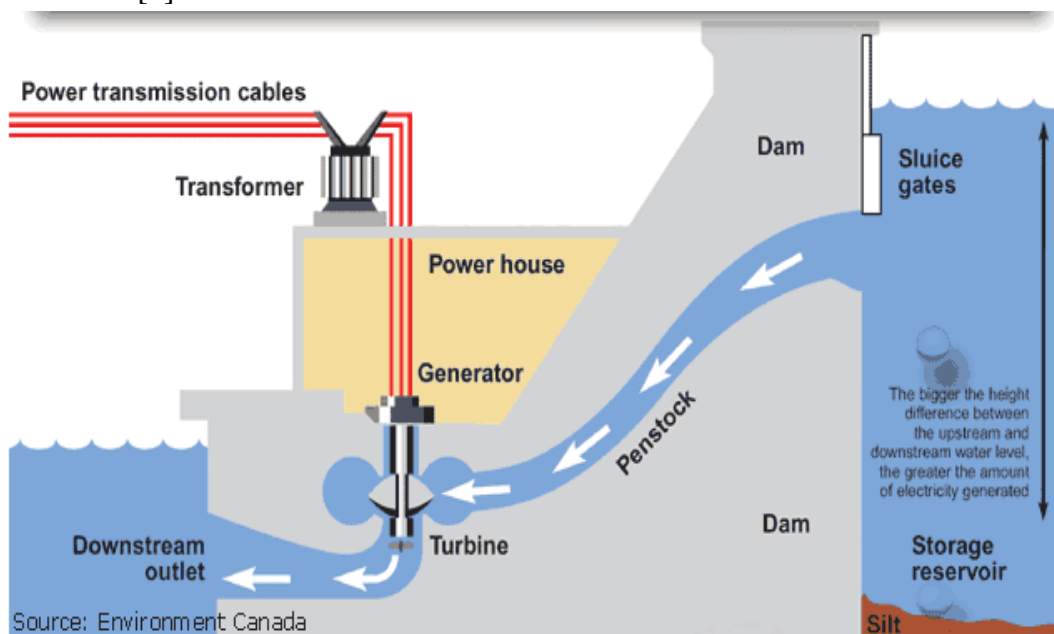


Figure 1. Hydroelectric Power: How it Works

2.2. Types of Hydroelectric Power Plants (HPPs)

There are currently three primary categories of Hydroelectric Power Plants (HPPs), classified as follows:

1. Diversion Plants (Run-off River Plant)
2. Impoundment Plants (Storage plant)

3. Pumped Storage Power Plants

The storage-free system is commonly employed for smaller power plants. In this system, water from the diversion weir is directed to the loading chamber. Subsequently, the water is conveyed to the turbine through a pressurized pipe, facilitating energy generation. In contrast, the storage system involves the containment of water by a dam, providing the advantage of water retention during dry seasons. However, the construction and maintenance of dams incur higher costs, making this system economically demanding [5]. The River Type HPP is seen in Figure 2 [6].

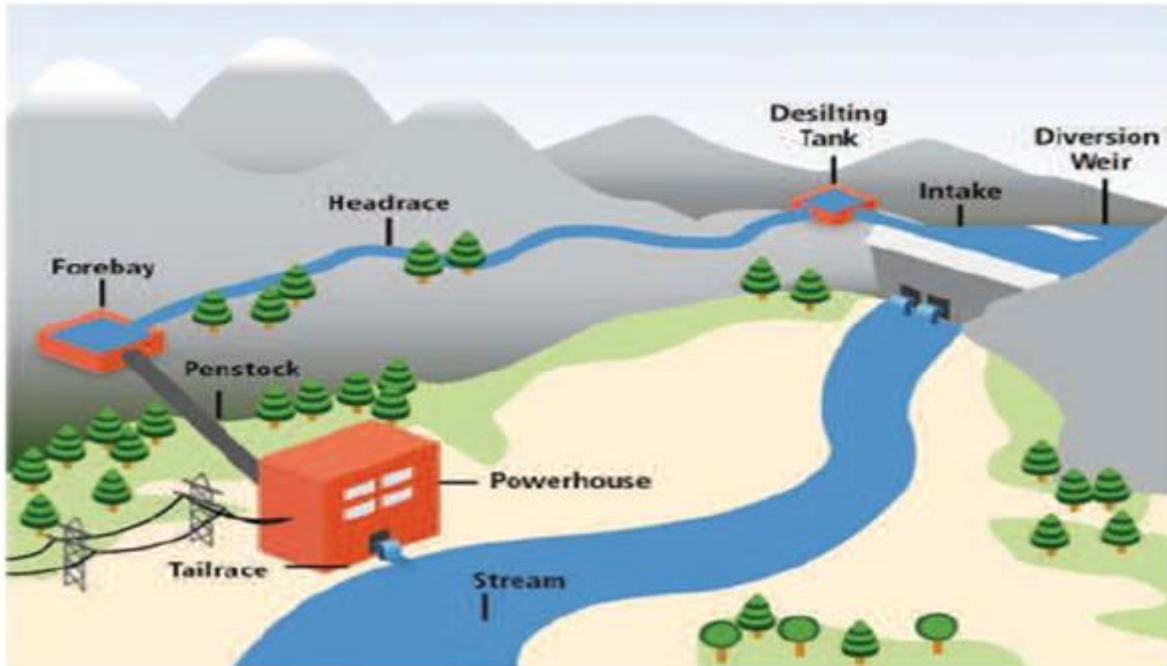


Figure 2. Run-of-River Hydropower Plant (RoR)

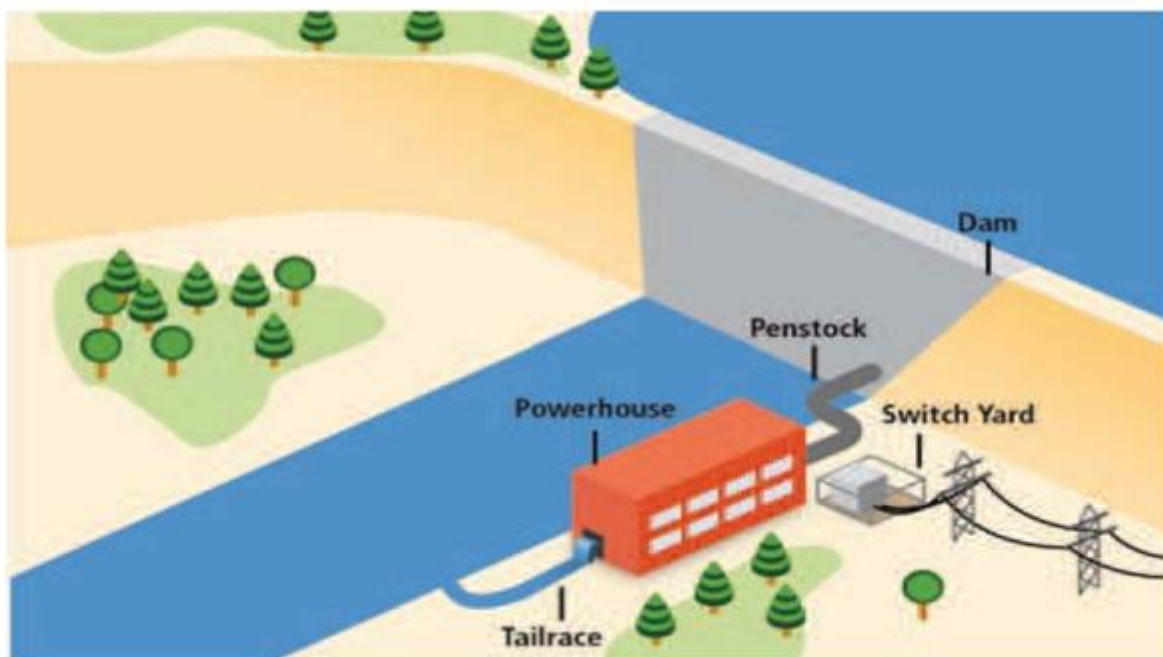


Figure 3. Hydropower Plant with Reservoir

These facilities benefit from the current flow and the height of the river. The water that drives the turbine is diverted and dumped back into the river. Power generation varies according to the local river flow situation. The storage system stores water behind the dam when river flow is low. Thus, there is a more stable production. Storage plant type Hydroelectric Power Plant is shown in Figure 3 [6].

3. PUMPED STORAGE HYDROELECTRIC PLANT (PSHP) SYSTEMS

Hydraulic energy, derived from water's potential energy at a height, is converted into electrical energy through a process known as hydroelectric energy. When water is stored in dams, it accumulates potential energy. As the water is released from the height, this potential energy transforms into kinetic energy, propelling the turbines and, in turn, rotating the generators to produce electrical energy [7].

In pumped storage hydroelectric power plants, the system operates by pumping water from the lower chamber to the upper chamber, where it is stored for later use during peak electricity demand hours. The energy required for this pumping process is often sourced from renewable energy or the electrical grid [8]. During periods of low electricity demand, surplus electricity from alternative sources, such as wind or solar power, is utilized to pump water from the lower reservoir to the upper reservoir. Subsequently, when electricity demand increases, water is released from the upper reservoir, flowing down to the lower reservoir. This flow turns turbines, generating electricity. The pump system is activated when electricity is inexpensive and demand is low, raising the water to the upper reservoir level [9].

Hydroelectric power plants and pumped hydroelectric power plants exhibit a quicker attainment of full production capacity compared to other power plants, particularly thermal power plants. Following an 8-hour interruption in production for various types of power plants in Japan, the time required to resume operations and reach full capacity is detailed in Table 1 [10].

Table 1. Working and Reaching Full Capacity Times

| Project Type | Start and Time to Full Capacity |
|--------------------------------------|---------------------------------|
| Classical Hydroelectric Power Plants | 3-5 minutes |
| Pumped Storage Plants | 3-5 minutes |
| Fuel Oil Plants | 3 hours |
| Natural Gas Power Plants | 3 hours |
| Cycle Power Plants | 1 hour |
| Coal Power Plants | 4 hours |
| Nuclear Power Plants | 5 days |

4. TYPES OF PSHP SYSTEMS

Pumped Storage Hydroelectric (PSH) systems are categorized into open loop or closed loop configurations. In the open-loop PSH, there exists a hydrological connection with a natural body of water. Conversely, the closed-loop PSH involves reservoirs that are not connected to an external water body.

Open-loop systems:

In this configuration, two separate reservoirs are utilized; one for the upper reservoir and another for the lower reservoir. Water is pumped from the lower reservoir to the upper reservoir during periods of low demand and released back to the lower reservoir during high-demand periods [11]. It has been indicated that Closed-Loop projects offer more environmental benefits compared to Open-Loop projects [12].

Closed-loop systems:

Also referred to as "separate upper and lower reservoir" systems, closed-loop systems employ a single reservoir divided into two sections, typically by a dividing wall or dam. During periods of low demand, water is pumped from the lower section to the upper section and then flows back from the upper section to the lower section during high-demand periods.

In the planning phase before installing a power plant in a river, considerations are made in conjunction with the surrounding facilities, ensuring that the maximum water level of one reservoir corresponds to the tailwater of the other. This design ensures the acquisition of the lower and upper reservoirs necessary for pumped storage hydroelectric power plants. An example of a Closed-Loop PSHP is the Azumi and Midono project in Japan [13].

5. THE DIFFERENCE OF PSHP AND HPP COMPONENTS

Despite having certain similarities, pumped storage hydroelectric power facilities and conventional hydroelectric power plants differ significantly. The components of each category are detailed below.

1. Pumped Storage Hydroelectric Power Plants:

Upper and Lower Reservoirs: Pumped storage plants require two reservoirs at different elevations. The upper reservoir stores water during periods of low electricity demand, and the lower reservoir serves as the water source during power generation.

Intake Structure: Water is drawn from the lower reservoir through an intake structure, which typically includes gates and screens to prevent debris from entering.

Penstocks: These large pipes or conduits transport water from the lower reservoir to the power plant. The penstocks connect the intake structure to the turbines.

Reversible Turbines/Pumps: Pumped storage plants use reversible turbines that can function as both turbines and pumps. When generating electricity, water flows through the turbines, causing them to rotate and generate power. During periods of low electricity demand, excess electricity from the grid is used to pump water from the lower reservoir back to the upper reservoir.

Generators: Connected to the turbines, generators convert the mechanical energy from the turbines into electrical energy during power generation. When functioning as pumps, the turbines act to transfer electrical energy to potential energy in the form of elevated water in the upper reservoir.

Powerhouse: The powerhouse contains the turbines, generators, and other electrical equipment required for power generation and control.

Transmission Lines: The electricity generated by the generators is transmitted through high-voltage transmission lines to the electrical grid.

Control Systems: These systems manage the operation and coordination of various components, including water flow, turbine speed, and power output, to ensure efficient and reliable operation.

2. Conventional Hydroelectric Power Plants:

Dam: Conventional hydroelectric plants typically rely on a dam to create a reservoir, which stores a large quantity of water.

Intake Structure: Water is drawn from the reservoir through an intake structure that includes gates, screens, and trash racks to prevent debris from entering the system.

Penstocks: Similar to pumped storage plants, penstocks are used to transport water from the intake structure to the turbines.

Turbines: The force of flowing water causes the turbines to rotate, converting the kinetic energy of the water into mechanical energy.

Generators: Connected to the turbines, generators convert the mechanical energy from the turbines into electrical energy.

Powerhouse: The powerhouse houses the turbines, generators, and other electrical equipment for power generation.

Transmission Lines: The electricity generated is transmitted through transmission lines to the electrical grid.

Control Systems: Control systems monitor and regulate the operation of various components, including water flow, turbine speed, and power output, to ensure efficient and safe operation.

Both types of hydroelectric power plants utilize the power of flowing water to generate electricity, but pumped storage plants provide the additional capability of energy storage and grid balancing, while conventional hydroelectric plants rely on natural water flow or water stored in a reservoir without the pumping functionality [14,15].

6. ADVANTAGES AND DISADVANTAGES OF PSHPs

The demand for energy resources experienced a notable increase in recent years, surpassing the existing facilities available for utilizing such energy sources. In response, the concept of storing energy production has emerged. Both pumped storage hydroelectric power plants (PSHPPs) and conventional hydroelectric power plants (HPPs) play a vital role in meeting energy demands when consumption exceeds the average. Unlike other power plants, PSHPPs offer advantages and disadvantages compared to normal HPPs.

In a PSHP, two reservoirs at different elevations define its unique structure. During periods of low electricity demand, excess electricity from alternative power sources is utilized to pump water from the lower reservoir to the upper reservoir, effectively storing energy in the form of water at a higher elevation. Subsequently, when electricity demand surges, the stored water is released from the upper reservoir, flowing through turbines to generate electricity. The water then completes the cycle by re-entering the lower reservoir.

Pumped-storage plants serve as a "battery" for renewable energy sources, addressing the volatility and instability associated with electricity generation from wind energy. These plants effectively balance the power grid, providing energy recovery rates of 80% or more, considering evaporation and conversion losses.

Hydroelectric power plants with pumped storage demonstrate the ability to generate electricity during periods of high flow and store it during stagnant water conditions. Notably, they perform pumping operations when energy is inexpensive and demand is low, while engaging in turbine operations during high-demand periods when energy is more costly.

Advantages of PSHPPs and HPPs include rapid start-up capabilities, load demand responsiveness, the ability to balance the grid through energy storage, and self-initiation without external electrical input. Additionally, they can level peak loads by storing water during low-priced electricity periods and converting it to electricity during high-priced periods. However, certain disadvantages exist, such as high initial investment costs, long payback periods, dependence on specific geological features for installation, potential environmental impacts leading to erosion, transportation challenges between reservoirs, and the consumption of electricity during the pumping process in PSHPPs.

Profitability considerations for commercial companies include the consumption of electricity during the pumping phase in PSHPPs and the potential limitation of financial benefits if electricity prices do not significantly rise during peak demand periods.

It is essential to recognize that the economic viability of pumped storage hydroelectric systems depends on diverse factors, encompassing electricity market dynamics, government policies, local conditions, and the specific design and operation of the system [16,17]. It's crucial to emphasize that the profitability and economic feasibility of pumped storage hydroelectric systems can fluctuate based on several factors, such as the dynamics of the electricity market, governmental policies, local conditions, and the specific design and operation of the system.

7. PSHP's STATUS IN THE WORLD

The initial utilization of Pumped Storage Hydroelectric Power Plants (PSHPs) is often attributed to Sweden and Italy, with one of the earliest known systems located in Schaffhausen, Switzerland [18]. Another early PSHP was established in Heidenheim, Germany [19]. The world's largest system, the Bath County Pumped Storage Station, was constructed in the United States in December 1985, boasting a maximum capacity exceeding 3 gigawatts [20]. The inaugural PSHP in the USA, named Rocky River Station, contributed significantly to technology by utilizing reversible pumps that acted as generators in creating Candlewood Lake through the construction of a double-arm dam on the Housatonic River [21]. Table 2 provides an overview of the Hydroelectric Pumped Storage Electricity Installed Capacity according to various countries [22].

Table 2. PSHP's Installed Power In The World

| NO | Country | Installed Power MW | NO | Country | Installed Power MW |
|----|---------|--------------------|----|----------------|--------------------|
| 1 | Japan | 23.668 | 21 | Belgium | 1.161 |
| 2 | USA | 22.957 | 22 | Korea | 1.152 |
| 3 | Italy | 7.421 | 23 | Czech Republic | 1.145 |
| 4 | Germany | 6.681 | 24 | Iran | 1.140 |

| | | | | | |
|----|----------------|-------|--------------------|-------------|-------|
| 5 | Ukraine | 5.629 | 25 | Luxembourg | 1.100 |
| 6 | Spain | 5.208 | 26 | Thailand | 910 |
| 7 | France | 5.050 | 27 | Argentina | 862 |
| 8 | China | 4.244 | 28 | Portugal | 861 |
| 9 | United Kingdom | 3.055 | 29 | Israel | 800 |
| 10 | Austria | 2.797 | 30 | Slovakia | 735 |
| 11 | Switzerland | 2.678 | 31 | Sweden | 426 |
| 12 | Taiwan | 2.620 | 32 | Serbia | 364 |
| 13 | Australia | 2.408 | 33 | Phillipines | 300 |
| 14 | Poland | 1.738 | 34 | Ireland | 292 |
| 15 | Lithuania | 1.600 | 35 | Romania | 237 |
| 16 | South Africa | 1.580 | 36 | Brazil | 191 |
| 17 | India | 1.390 | 37 | Canada | 174 |
| 18 | Bulgaria | 1.335 | 38 | Colombia | 31 |
| 19 | Norway | 1.306 | 39 | Chile | 29 |
| 20 | Russia | 1.200 | TOTAL : 116.476 MW | | |

According to the Electric Power Research Institute, these systems achieve approximately 117,000 MW of installed capacity and 1,500,000 megawatt-hours of product worldwide. In the last two decades until 2010, the installed power has increased by 56 percent and the fastest growth in the world has been achieved by China. In 2011, There were 170 plants already operating in Europe and 50 more plants were planned to be constructed [22].

7.1 Examples of PSHPs in the World

7.1.1 Japan- Okinawa Yanbaru Pumped Power Plant (1999)

It stands as the world's first seawater Pumped Storage Hydroelectric Power Plant (PSHP). The project features a flow rate of 26 cubic meters, a height of 136 meters, and an installed power capacity of 30 MW. Japan's coastal geography and topography make it conducive for the construction of hydroelectric power plants featuring pumped storage. The facility was constructed with a system positioned between an elevated reservoir and seawater [23].

7.1.2 USA- Ludington Pumped Power Plant (1973)

Its construction concluded in 1973, involving a total cost of \$315 million. It stood as the largest facility of its era, spanning one mile in width and encompassing 82,859 acres of water. With a depth of 34 feet, a length of 4 kilometers, and a width of 1.6 kilometers, this project was a

monumental feat. During nighttime hours, the water pumped up from the lake using turbines is strategically released to generate electricity based on demand. The Ludington Pumped Power Plant can achieve a peak power of 1,872 MW in less than 30 minutes, with a water flow rate of 120,000 cubic meters per minute. This exceptional project received the Outstanding Civil Engineering Achievement award in 1973 [24].

7.1.3 UK- Dinorwig Pumped Power Plant (1984)

The foundation for construction was laid in the Norwich Slate quarry, and the plant is situated within tunnels and caves at the base of Mount Elidor. The completion of this project incurred a cost of 425 million euros [25]. Exemplifying environmental consciousness, specific measures were implemented during construction to preserve the natural beauty of the area [26]. The Marchlyn Mawr basin, located at an elevation of 636 meters above sea level, serves as the reservoir for storing water. When power demand arises, water is directed to Llyn Peris, which is 100 meters away. Conversely, during low-demand periods, the water is pumped back. This facility achieves a yield of 74-76 percent [27]. The scenic charm of the facility has begun to draw tourists, leading to organized tours for visitors to explore the inner workings of the Dinorwig Pumped Power Plant [28,29].

7.2. Examples of PSHPs in the Turkey

In 2005, the groundwork for a pumped storage plant in Turkey began with the General Directorate of Electrical Power Resources Survey Administration (EIE), leading to the preparation of 17 reports on various aspects of pumped storage hydroelectric power plants. These projects are shown in Table 3. The primary aim was to estimate capacities and commissioning schedules as part of the "Optimal Power Generation for Turkey Peak Demand Project" in 2011, which examined Turkey's peak power generation plan from 2010 to 2030, taking into account potential sites based on geological, topographical, and environmental criteria.

For planning purposes, Turkey was divided into four priority regions based on electricity consumption of cities. The European Commission's 2013 report assessed Turkey's PSHP potential, employing defined scenarios with existing and new ponds, evaluating distances, fall values, and minimum requirements. According to this report, Turkey had the highest PSHP capacity among European countries, with 19,631 TWh in the first scenario [30].

Table 3. Possible PSHP's for which feasibility studies have been conducted

| PSHP PLANT NAME | INSTALLED POWER (MW) | CITY | PLANT TYPE | DISCHARGE(m ³ /s) | FALL (m) |
|-----------------|----------------------|-----------|---------------------------------------|------------------------------|----------|
| Gökçekaya | 1600 | Eskisehir | Integrated into the existing dam lake | 193 | 962 |
| Iznik-1 | 1500 | Bursa | New power plant and lake | 687 | 255 |

| | | | | | |
|--------------|------|----------|---------------------------------------|-----|-----|
| | | | | | |
| Sarıyer | 1000 | Ankara | Integrated into the existing dam lake | 270 | 434 |
| Bayramhacılı | 1000 | Kayseri | Integrated into the existing dam lake | 720 | 161 |
| Hasan Uğurlu | 1000 | Samsun | Integrated into the existing dam lake | 204 | 570 |
| Adıgüzel | 1000 | Denizli | Integrated into the existing dam lake | 484 | 242 |
| Burdur | 1000 | Burdur | New power plant and lake | 316 | 370 |
| Eğirdir | 1000 | Isparta | New power plant and lake | 175 | 672 |
| Kargı | 1000 | Ankara | Integrated into the existing dam lake | 238 | 496 |
| Karacaören-2 | 1000 | Burdur | Integrated into the existing dam lake | 190 | 615 |
| Yalova | 500 | Yalova | New power plant and lake | 147 | 400 |
| Yamula | 500 | Kayseri | Integrated into the existing dam lake | 228 | 260 |
| Oymapınar | 500 | Antalya | Integrated into the existing dam lake | 156 | 372 |
| Aslantaş | 500 | Osmaniye | Integrated into the existing dam lake | 379 | 154 |

8. CONCLUSION

This study aimed to provide a comprehensive overview of hydroelectric power plants, with a specific focus on both conventional Hydroelectric Power Plants (HPPs) and Pumped Storage Hydroelectric Power Plants (PSHPPs). Through the analysis of various aspects, including types

of dams, examples of HPPs in Turkey, and the global status of PSHPPs, we have provided valuable insights into the present state and prospects of hydroelectric energy.

Notable examples in Turkey demonstrated the country's commitment to utilizing its water resources for sustainable energy production and infrastructure development.

Pumped Storage Hydroelectric Power Plants emerged as key players in addressing the intermittency of renewable energy sources. By providing energy storage capabilities and grid management solutions, PSHPPs contribute to the stability of the power grid. However, our analysis also highlighted the importance of considering economic factors, environmental impacts, and technological advancements in the widespread adoption of PSHPPs.

In conclusion, this study serves as a foundation for understanding the complexities and potentials of hydroelectric power plants. Both conventional HPPs and PSHPPs have valuable contributions to make in the transition towards a more sustainable and resilient energy infrastructure.

REFERENCES

1. Ünver, Ü., Bilgin, H. & Güven, A. (2015). POMPAJ DEPOLAMALI HİDROELEKTRİK SİSTEMLER. *Mühendis ve Makina* , 56 (663) , 57-64 .
2. Kocaman, A. S. (2019). Pompaj depolamalı hibrid enerji sistemi optimizasyonu - Türkiye için vaka analizi . *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi* , 34 (1) , 53-68 . DOI: 10.17341/gazimmfd.416461
3. <https://www.usbr.gov/power/edu/pamphlet.pdf>
4. <https://www.usgs.gov/media/images/flow-water-produces-hydroelectricity>
5. https://www.iitr.ac.in/wfw/web_ua_water_for_welfare/education/Teachers_Manual/Teachers_manual_diploma_hydropower_engineering.pdf
6. https://energypedia.info/wiki/Hydro_Power_Basics
7. <https://hidroelektrik-santrali.nedir.org/>
8. <http://acikkaynak.bilecik.edu.tr/xmlui/bitstream/handle/11552/188/10002654.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
9. Ayder, E. (2015). POMPAJ DEPOLAMALI HİDROELEKTRİK SANTRALLER (PDHES'ler) TEKNİK RAPOR.
10. https://www.emo.org.tr/ekler/11b0d4ca425280b_ek.pdf?tipi=2&turu=X&sube=7
11. Çiçek, Ö., & ÖZDEMİR, M. (2021). Örnek Bir Hidroelektrik Santrali İçin Pompaj Depolamalı Hidroelektrik Santrali Tasarımı. *Gazi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 7(1), 26-35.
12. Shahid Ali, Rodney A. Stewart, Oz Sahin, Drivers and barriers to the deployment of pumped hydro energy storage applications: Systematic literature review, *Cleaner Engineering and Technology*, Volume 5, 2021, 100281, ISSN 2666-7908, <https://doi.org/10.1016/j.clet.2021.100281>.
13. Sertkaya, A. A., Saraç, M., & OMAR, M. A. (2015). POMPAJ DEPOLAMALI HİDROELEKTRİK SANTRALLERİNİN TÜRKİYE İÇİN ÖNEMİ. *Gazi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 1(3), 369-382. Tilahun, M.A. (2012). Feasibility Study of Pumped Storage System for Application in Amhara Region, Ethiopia.
14. Bonsor, K. (2001). How hydropower plants work. Retrieved January, 31, 2013.

15. Munoz-Hernandez, G. A., & Jones, D. I. (2012). *Modelling and controlling hydropower plants*. Springer Science & Business Media.
16. Key, T. (2013). *Quantifying the Value of Hydropower in the Electric Grid. Final Report* (No. DE-EE0002666). Energy Efficiency and Renewable Energy (EERE), Washington, DC (United States).
17. Oymak, A., & Tür, M. R. (2022). An Evaluation of Pumped Hydroelectric Storage Systems. *International Journal of Innovative Engineering Applications*, 6(2), 205-214.
18. <https://d2euiryrvxi8z1.cloudfront.net/asset/445934742530/a3253f4be11c7371be7ce10aa2b318d3/vh3372-englisch.pdf>
19. https://en.wikipedia.org/wiki/Bath_County_Pumped_Storage_Station
20. <https://www.asce.org/about-civil-engineering/history-and-heritage/historic-landmarks/rocky-river-pumped-storage-hydraulic-plant>
21. Saraç, M. (2009). POMPAJ DEPOLAMALI HİDROELEKTRİK SANTRALLER.
22. https://en.wikipedia.org/wiki/Okinawa_Yanbaru_Seawater_Pumped_Storage_Power_Station
23. https://en.wikipedia.org/wiki/Ludington_Pumped_Storage_Power_Plant
24. Dinorwig – The Electric Mountain, Elaine Williams, A National Grid Publication, 1991
25. <https://www.snowdoniapumpedhydro.com/project-status>
26. <https://web.archive.org/web/20140307091954/>
27. <http://www.iprplc-gdfsuez.com/~media/Files/I/IPR-Plc/Attachments/presentations-pdfs/2005/hydrosite05.pdf>
First Hydro Analysts Conference July 2005
28. <https://www.dailypost.co.uk/news/north-wales-news/former-snowdonia-tourist-attraction-demolished-25799274>
29. <https://www.nsenergybusiness.com/projects/dinorwig-power-station/>
30. Aras, E. (2017). Importance of pumped storage hydroelectric power plant in Turkey. *Advances in Energy Research*, 5(3), 239.

PRESENT SITUATION OF RENEWABLE ENERGY IN TURKEY

Res. Asst., Pelin İLKER

İzmir Katip Çelebi Üniversitesi, - 0000-0001-7933-4772

Alptug Nihat OZKUMRU

İzmir Katip Çelebi Üniversitesi, 19alptu97@gmail.com

Prof. Dr., Mehmet SORGUN

İzmir Katip Çelebi Üniversitesi, 0000-0003-2323-2499

ABSTRACT

Many factors, including population growth and technological advancements, are significantly raising energy demand and consumption. The increasing energy demand lead the energy to a critical point in Turkey. Due to the obvious expanding energy needs, insufficient fossil fuel reserves, rising environmental awareness and concern over the sustainability of its energy supply, employing renewable energy sources is gaining importance. Regarding the development of clean and sustainable energy in Turkey, renewable energy sources stand out as one of the most practical and efficient alternatives. Hydropower, wind, geothermal, solar, and bio-power are common forms of renewable energy sources in Turkey. Turkey has a lot of potential for hydroelectric, wind, and geothermal energy. Solar and biomass energy are also useful renewable energy sources in Turkey. Turkey's geographical location provides several advantages for widespread use of most renewable energy sources, including biomass, hydropower, geothermal, solar, and wind. In this study, the current situation of renewable energy sources, which renewable energy sources are used, how much of this energy is used and what kind of future studies have been done in Turkey are investigated.

Keywords: Renewable energy, hydropower, wind, geothermal, solar, biomass

1. INTRODUCTION

The potential to improve economically, socially, and with higher living standards depends on access to energy. However, a huge amount of the world's energy is continuously generated and utilized in ways that, assuming technology remained constant, could not be maintained and if total quantities significantly reduced. The demand for energy has significantly increased as a result of global economic and technical advancements. Because of the constantly increasing domestic energy demand brought on by a fast-developing economy and population, energy is one of the main development strategies also in Turkey (Goldemberg et al. 1988; Johansson and Goldemberg 2002; Benli 2013).

Renewable energy is increasingly important worldwide due to fossil fuel concerns, energy security, and environmental issues. Turkey, facing significant energy import-related deficits, is

tapping into its renewable energy potential. There are strong incentives for Turkey to further adopt renewable energy sources. (Bulut and Muratoglu 2018; Kaygusuz 2007). The geographical characteristics of Turkey allow for extensive applications of the majority of these renewable energy sources. The most significant renewable energy sources include wind, solar, geothermal, biomass, hydropower, and biomass (Yuksel 2010). The transfer to a less carbon-intensive and more sustainable energy system is centered on renewables, such as solar, wind, hydro, biofuels, and others. In recent years, renewable energy has grown significantly due to favorable laws and cost reductions in wind and solar power. The energy sector, already benefiting from hydropower, remains a promising field for renewables. However, since only 5% of global energy comes from electricity, it's crucial to adopt renewables in transportation and heating to complete the energy transition. (IEA 2022). Renewable energy, like solar and wind power, comes from sources that naturally replenish themselves faster than they are consumed. Various types of renewables are utilized, including hydroelectric power, biomass combustion, solar energy for agriculture and water heating, and geothermal energy, which have been long-standing energy sources in Turkey. (UN 2022; Kaygusuz and Kaygusuz 2002)

The potential for renewable energy in Turkey is significant. The different forms of solar energy, wind, biomass, hydropower, and geothermal energy are the most prominent renewable sources for Turkey's energy sector. Turkey's geographical location provides a number of benefits for widespread usage of the majority of renewable energy sources (Balat 2004). Since Turkey is a developing country, its energy demands, especially for heating and electricity, will increase. Currently, the country heavily relies on fossil fuels and natural gas, which are detrimental to the environment due to their high greenhouse gas emissions. Therefore, it's crucial to establish a long-term plan for renewable energy sources. (Boran 2018).

In Turkey, thermal power plants using coal, lignite, natural gas, fuel oil, and geothermal energy play a vital role in electricity production. The government has strategic plans to expand production capacity to meet growing energy demand, considering environmental protection, global energy industry impact, and energy supply security. Turkey's hydroelectric, wind, and geothermal resources hold significant promise. (Çapik, Yılmaz, and Cavusoglu 2012). The adoption of efficient renewable energy sources is recognized as essential for a brighter future in Turkey and globally, regardless of a country's development level. Nations worldwide are striving to harness and implement advanced technology for maximum utilization of clean energy sources. (Ediger and Kentel 1999) According to the data of Turkey Electricity Transmission Corporation (TEIAS), Turkey's installed electricity capacity reached 101518 MW, and the total number of power plants reached 10862 as of June, 2022. A total of 31558 MW of this capacity was allocated to hydroelectric, 10975 MW to wind, 8479 MW to solar, 1686 MW to geothermal, and 1781 MW to biomass power plants. The capacity of biomass (including waste heat) power plants was 1781 MW. Thus, 31 % hydroelectric power, 10.8 % wind power, 8.35% solar power, 1.66 % geothermal and 1.75% biomass power plants of the installed electricity capacity (TEIAS 2022).

2. RENEWABLE ENERGY SOURCES IN TURKEY

Renewable energy is a critical issue in today's world since it provides a clean source of energy with minimal environmental effect. Furthermore, countries that use these sources will depend

less on imported fossil fuels (Ocal and Aslan 2013) Turkey has considerable renewable energy reserves, and, behind coal, renewable energy sources constitute the second-largest domestic energy source (Kaygusuz 2002). The potential for renewable energy in Turkey is fairly high. Turkey's coastlines extend over 7200 km, and its average elevation is 1132 m, providing a substantial amount of wind and hydroelectric potential. Turkey's wind energy potential is mostly concentrated in Aegean, Marmara, and Mediterranean regions. Turkey is particularly rich in geothermal energy due to the country's volcanic geological nature and more than 600 hot water sources with temperatures that reach almost 100 °C. Additionally, bioenergy has a significant position compared to other renewable energy sources (Baris and Kucukali 2012; CIA 2009)

Turkey Electricity Transmission Corporation (TEIAS 2022) presented the distribution of installed capacity by primary energy sources for 2022 in Figure 1. In the light of these data, renewable energy sources constitute 52.6 % of the installed power according to primary sources.

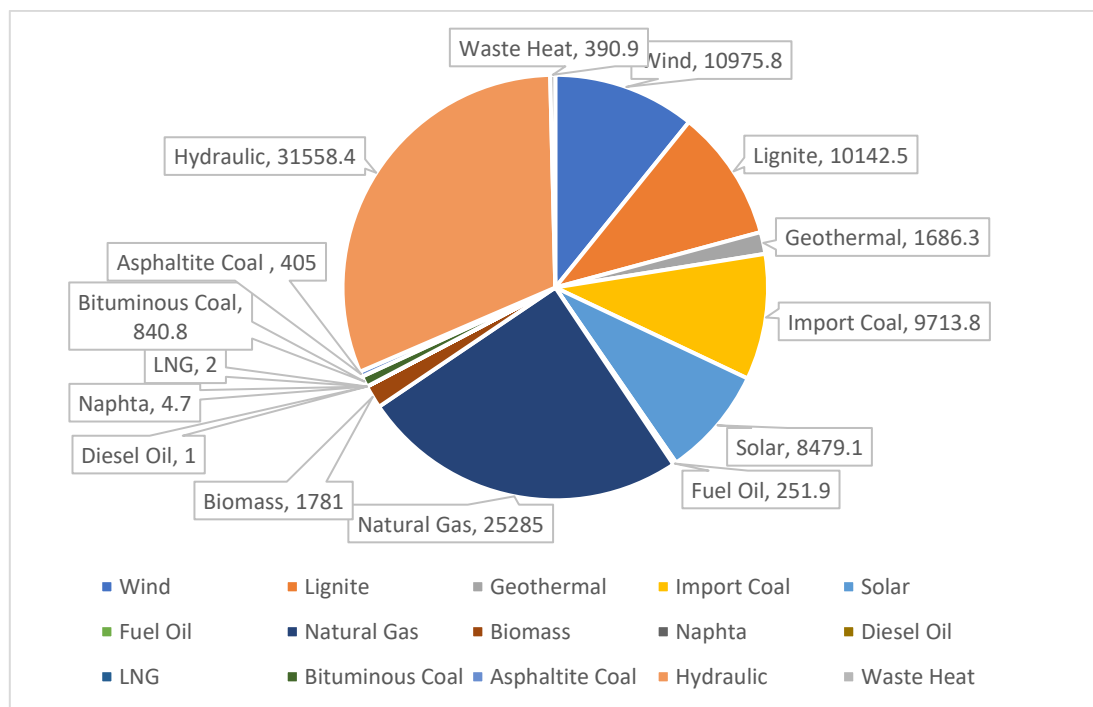


Figure 1. Distribution of installed capacity (MW) by primary energy sources as for June, 2022 (TEIAS 2022)

2.1. Hydropower

Hydropower, using the energy of flowing water without environmental harm, is a renewable energy source. Hydropower plants play a significant role in reducing air pollution and combating global warming by generating clean energy. They don't release air pollutants or toxic waste, enhancing energy independence and price stability. Hydropower offers a long-term energy solution with minimal operating and maintenance costs. (Yuksel 2008; Yuksel 2009; Kaygusuz 2009)

According to Turkey's Vision 2023 plan, harnessing the hydropower potential is a top priority. While Turkey's freshwater resources are distributed across 25 river basins, 14 of these basins

hold over 95% of the nation's hydroelectric potential. This makes Turkey one of the Middle East's leaders in hydropower potential. Similarly, the Black Sea region, with its rugged, steep mountains along the coast, boasts significant hydropower potential. (Kucukali and Baris 2009).

Hydraulic power plants are the highest renewable energy source with the highest annual average electricity generation share of 53.053 GWh at the end of 2021 due to the abundance of water resources in our country. With the Yusufeli Dam and HEPP project, which will be Turkey's first and the world's third highest dam when completed, the HEPP installed power is expected to rise to 32228 MW by the end of 2022. Furthermore, existing dams operated by the public include Keban, Karakaya, and Hirfanlı HEPP's are undergoing rehabilitation to increase efficiency and availability. According to Ministry of Energy and Natural Resources data, the hydroelectric installed power was 31688 MW at the end of 2021, with a generation of 53,053 GWh (Presidential Annual Program 2022). According to 2010 data, the hydraulic installed power, which was 15831.2 MW, reached the value of 31558 MW as of June 2022 (TEIAS 2022).

There are hundreds of dams in our country, and the majority of them work efficiently. A few of Turkey's important dams are presented in Table 1.

Table 1. Some of Important Hydroelectric Power Stations (Enerji Atlası 2022)

| Lake | Area | Capacity (MW) | Product | Place |
|----------------|------|---------------|-----------|-----------------------------|
| Atatürk Dam | 817 | 2400 | 8.900 GWh | Adıyaman, Şanlıurfa |
| Keban Dam | 675 | 1330 | 6.000 GWh | Elazığ, Tunceli, Erzincan |
| Karakaya Dam | 298 | 1800 | 7.354 GWh | Malatya, Elazığ, Diyarbakır |
| Hirfanlı Dam | 262 | 128 | 400 GWh | Ankara, Kırşehir |
| Altınkaya Dam | 118 | 700 | 1.632 GWh | Samsun |
| Sarıyar Dam | 83 | 128 | 378 GWh | Ankara, Eskişehir |
| Seyhan Dam | 67 | 54 | 350 GWh | Adana |
| Kılıçkaya Dam | 64 | 124 | 332 GWh | Sivas, Giresun |
| Aslantaş Dam | 49 | 133 | 569 GWh | Osmaniye |
| Demirköprü Dam | 47 | 69 | 193 GWh | Manisa |
| Karacaören Dam | 45 | 32 | 142 GWh | Burdur, Isparta |

2.2. Geothermal Energy

Geothermal energy, derived from Turkey's abundant underground sources, is renewable, clean, cost-effective, and eco-friendly. It is particularly well-suited for reducing greenhouse gas emissions when compared to other energy sources. Turkey benefits from a substantial geothermal energy potential, thanks to its active tectonic plate boundary. The western regions of Turkey, in particular, exhibit high geothermal activity. Situated in the Mediterranean earthquake zone, Turkey experiences complex rock deformation due to the collision of the Eurasian and African tectonic plates. This geological activity forms seismic belts, active faults, and new volcanoes, which contribute to geothermal energy, water circulation, and heat flow. (Komurcu and Akpınar 2009; Baba and Sozbilir 2012).

Turkey has a high geothermal potential, with 78 % of potential-forming areas located in Western Anatolia, 9 % in Central Anatolia, 7 % in the Marmara Region, 5 percent in Eastern Anatolia, and 1 % in other regions. 90 % of our geothermal resources are at low and medium temperatures and are suitable for direct use, while 10 % are suitable for indirect use (electric power generation) (Energy and Natural Resources Ministry 2022). Since 2010, great progress has been observed in geothermal energy production. The installed power, which was 94.2 MW in 2010, reached the value of 1686 MW in 2022 (TEIAS 2022). There are a total of 32 geothermal power plants operating in Turkey, and some of them are listed in Table 2.

Table 2. Power Plants in Operation (Enerji Atlası 2022)

| Power Plant | Place | Company | Installed Power |
|---------------------------------------|---------|----------------------------|-----------------|
| Kızıldere 3 JES | Denizli | Zorlu Enerji | 165 MW |
| Efeler Jeotermal Enerji Santrali | Aydın | Gürış Holding | 115 MW |
| Kızıldere 2 Jeotermal Enerji Santrali | Denizli | Zorlu Enerji | 80 MW |
| Pamukören Jeotermal Santrali | Aydın | Çelikler Enerji | 68 MW |
| Mis 3 JES | Manisa | Soyak Enerji | 48 MW |
| Galip Hoca Germencik JES | Aydın | Gürış Holding | 47 MW |
| Alaşehir Jeotermal Enerji Santrali | Manisa | Zorlu Enerji | 45 MW |
| Maren Jeotermal Enerji Santrali | Aydın | Kipaş Holding Enerji Grubu | 44 MW |
| Dora 3 Jeotermal Enerji Santrali | Aydın | MB Holding | 34 MW |
| Melih Jeotermal Enerji Santrali | Aydın | Kipaş Holding Enerji Grubu | 33 MW |

2.3. Wind Energy

Wind power is a significant achievement in renewable energy development. Turkey, with its strategic geographical location, is endowed with substantial wind power generation potential, thanks to its proximity to the Black Sea, the Marmara and the Aegean Sea, and the

Mediterranean Sea. In recent years, Turkey has made great strides in wind energy production. As of the end of 2020, the installed power capacity reached 8,832 MW, generating an average of 24,828 GWh of electricity. In 2021, the installed wind energy capacity further increased to 10,100 MW, with a production of 29,137 GWh. The forecast indicates an installed capacity of 10,900 MW in 2022. When examining wind power installations by province, Izmir leads the way with 1,549.5 MW of installed capacity, accounting for 19.23% of the total wind turbine installations in Turkey in 2019. Following Izmir, Balikesir province boasts 1,163.5 MW (14.44% of total installations), Manisa province has 689.95 MW (8.56%), Canakkale province holds 594 MW (7.37%), and Hatay province features 364.5 MW (4.52%) of installed wind power capacity. (Presidential Annual Program 2022; Gross, Leach, and Bauen 2003; Yuksel and Kaygusuz 2011; TWEA 2020). Turkey has notable wind energy potential, with regions like Canakkale, Izmir, Balikesir, and Hatay being particularly rich in wind resources. The Aegean, Mediterranean, and Marmara regions, as depicted in Figure 2, exhibit concentrated wind turbine distributions. Over the years, Turkey has witnessed a significant growth in its wind energy capacity. From 1,329 MW in 2010, the turbine capacity surged to 8,056.55 MW in 2019. This remarkable increase can be attributed to enhanced cost competitiveness, advancements in wind technology, and supportive government policies. (Bilgili et al. 2022).

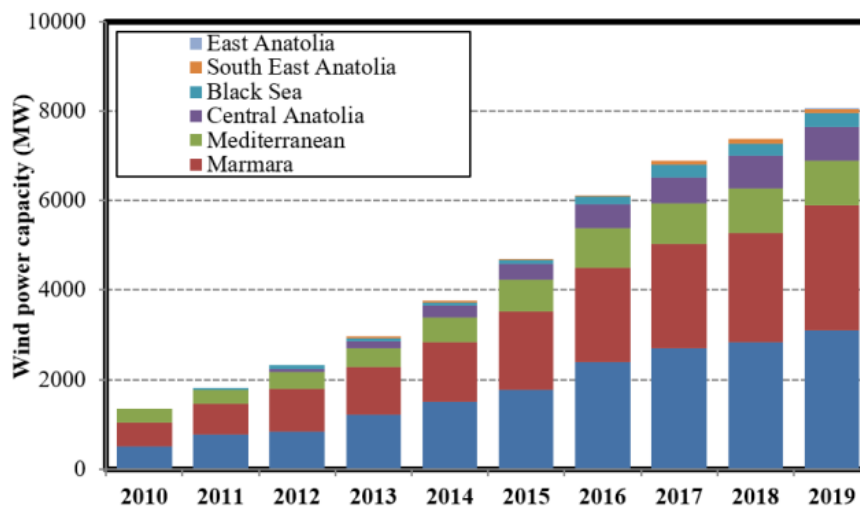


Figure 2. The regional growth in wind energy in Turkey (Bilgili et al. 2022)

According to the data of June 2022 (TEIAS 2022), the installed power of wind energy has reached 10975 MW. When compared with 2010 data, it was observed that the value of 1320.2 MW increased approximately 8 times.

2.3. Solar Energy

Solar energy technologies are essential elements of a sustainable energy future since they provide a local, clean, and renewable energy source. Turkey has a significant solar energy potential due to its geographical location (Hepbasli, Ulgen and Eke 2004). Solar energy is the radiant energy released by the sun's fusion process (the conversion of hydrogen gas to helium). The solar intensity outside Earth's atmosphere measures approximately 1370 W/m², but this amount can vary from 0 to 1100 W/m² due to atmospheric conditions. Turkey enjoys ample solar potential, with an average annual total sun exposure of 2766.5 hours per year and an average annual radiation intensity of 1521.7 kWh/m²-year. Geographically, Turkey is well-

placed for solar energy utilization, situated within the sunny belt between 36°-42° north latitude and 26°-45° east longitude. This potential is equivalent to 1.3 billion tonnes of oil.

As of the end of 2021, the installed solar power capacity in Turkey reached 7,750 MW, with an average power generation of 13.211 GWh. The plan is to increase this capacity to 8,750 MW by the end of 2022. By the end of December 2020, solar-based electricity contributed 3.6% to the total electricity production, with the change in installed capacity over the years detailed in Figure 3 and its share in total electricity generation illustrated in Figure 4. (Evrendilek and Ertekin 2003; Dincer 2011; Energy and Natural Resources Ministry 2022).

According to the data obtained, the developments related to the use of solar energy started to accelerate after 2018 and the installed solar power, which was 81.7 MW as of the end of 2018, increased to 8479.1 MW according to the data of June 2022.

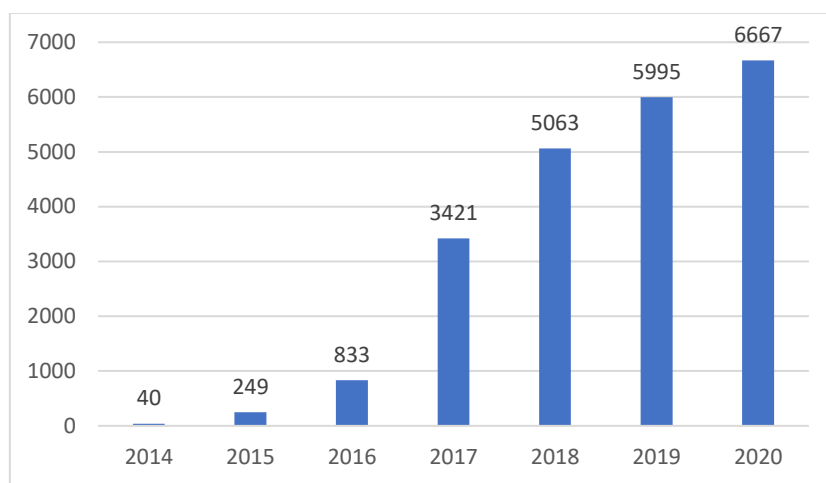


Figure 3. Installed Power of Solar Energy (MW) (Ministry of Energy and Natural Resources 2022)

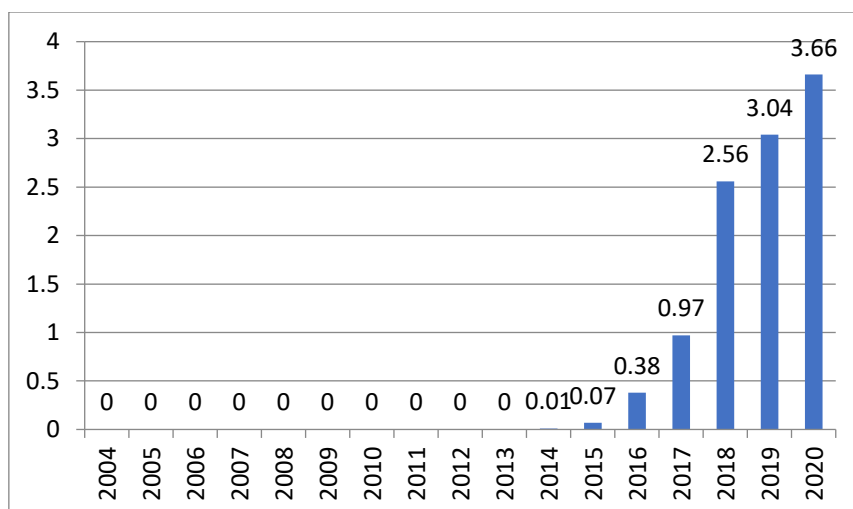


Figure 4. Percent share in total electricity generation (%) (Ministry of Energy and Natural Resources 2022)

2.4. Biomass Energy

Solid carbonaceous material formed from plants and animals is referred to as biomass. These include animal wastes, forestry and agricultural residues, as well as waste products from the food processing industry (Ramachandra, Joshi and Subramanian 2000). Fuelwood, agricultural waste, animal waste, charcoal, and other fuels made from biological sources are all examples of biomass energy (Kaygusuz and Turker 2002).

Using converting technologies, biomass can be utilized directly (such as burning wood for cooking and heating) or indirectly (such as turning it into alcohol from crops or biogas from animal waste) as a fuel (Grigoroudis, Petridis and Arabatzis 2014). In comparison to coal, which has a net energy content of around 27 MJ/kg, biomass has a net energy content when it is burned that ranges from about 8 MJ/kg for fresh wood to about 20 MJ/kg for dry plant matter to about 55 MJ/kg for methane. Many electricity generators that burn biomass do so by burning wood and agricultural and forestry waste (Klass 1998). Turkey, a developing nation with substantial biomass potential, values domestic energy sources due to its considerable energy requirements and limited access to petroleum-based fuels. Fuelwood stands out as an appealing renewable energy source, contributing 10% to Turkey's total energy production in 2008. Its attractiveness lies in the fact that converting it into usable energy doesn't necessitate complex technology. (Toklu 2017). In recent years, biomass energy capacity in Turkey has significantly grown, rising from 97 MW in 2010 to 1781 MW today. Of this installed biomass energy capacity, 1485 MW (including 369 MW from waste heat) is used for electricity generation. As of the end of December 2020, biomass energy accounted for 1.80% of total electricity production. You can refer to Figure 5 for details on the changes in installed capacity over the years and its share in total electricity generation. (Energy and Natural Resources Ministry 2022; TEIAS 2022).

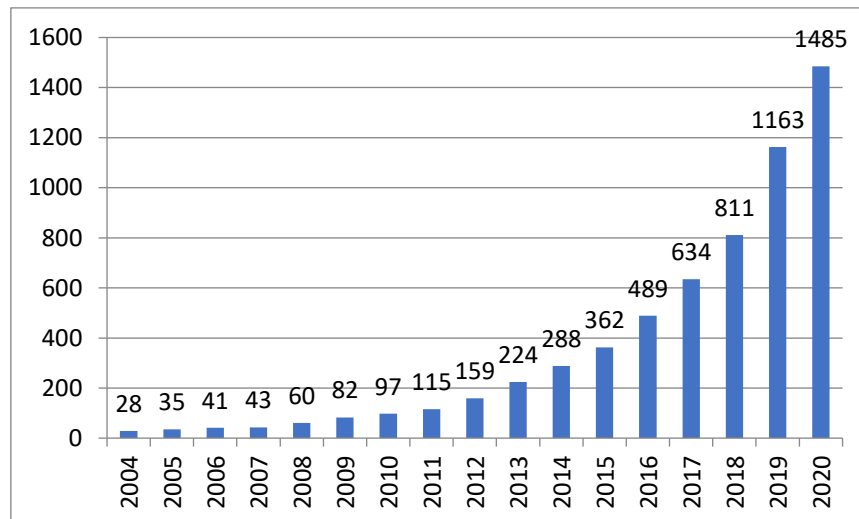


Figure 5. Installed Power of Biomass Energy (MW) (Ministry of Energy and Natural Resources 2022)

3. CONCLUSION

Turkey, strategically located between Asia and Europe and surrounded by the Aegean, Black, and Mediterranean seas, serves as a critical energy transit zone. The Turkish government's primary objective is to reduce its reliance on imported energy. Conventional energy sources in

Turkey fall short of meeting the demands of its growing population and economic development. However, Turkey's geographical location and geopolitical structure grant it the potential to harness a variety of renewable energy sources, making it highly advantageous in comparison to EU countries.

Turkey can use its own natural resources to meet its energy needs while being environmentally friendly by embracing renewable energy. The renewable energy sector in Turkey has grown significantly, with an investment of \$66 billion and a total capacity of 52,353 MW by August 2021. The country had an electricity capacity of 98,493 MW, spread across 10,101 power plants, by the same date. This shift to renewables not only ensures a sustainable energy supply but also reduces the impact on the environment. This capacity breakdown includes 32% from hydroelectric power, 10.2% from wind power, 7.5% from solar power, 1.7% from geothermal, and 1.8% from biomass power plants. Turkey's recent progress in utilizing renewable energy sources demonstrates its potential, with a focus on energy efficiency investments to yield substantial savings in the near future. The overarching goal is to ensure a continuous, high-quality, sustainable, safe, and cost-effective energy supply.

REFERENCES

- Baba, A., & Sözbilir, H. (2012). Source of arsenic based on geological and hydrogeochemical properties of geothermal systems in Western Turkey. *Chemical Geology*, 334, 364-377.
- Balat, M. (2004). The use of renewable energy sources for energy in Turkey and potential trends. *Energy Exploration & Exploitation*, 22(4), 241-257.
- Baris, K., & Kucukali, S. (2012). Availability of renewable energy sources in Turkey: Current situation, potential, government policies and the EU perspective. *Energy Policy*, 42, 377-391.
- Benli, H. (2013). Potential of renewable energy in electrical energy production and sustainable energy development of Turkey: Performance and policies. *Renewable Energy*, 50, 33-46.
- Bilgili, M., Ekin, F., Ozbek, A., & Demirdelen, T. SHORT TERM RENEWABLE ENERGY STRATEGIC VISION IN THE WORLD.
- Boran, F. E. (2018). A new approach for evaluation of renewable energy resources: A case of Turkey. *Energy Sources, Part B: Economics, Planning, and Policy*, 13(3), 196-204.
- Bulut, U., & Muratoglu, G. (2018). Renewable energy in Turkey: Great potential, low but increasing utilization, and an empirical analysis on renewable energy-growth nexus. *Energy policy*, 123, 240-250.
- Central Intelligence Agency. (2009). *The CIA world factbook 2010*. Skyhorse Publishing Inc.
- Çapık, M., Yılmaz, A. O., & Çavuşoğlu, İ. (2012). Present situation and potential role of renewable energy in Turkey. *Renewable Energy*, 46, 1-13.
- Dincer, F. (2011). Overview of the photovoltaic technology status and perspective in Turkey. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 15(8), 3768-3779.
- Ediger, V. Ş., & Kentel, E. (1999). Renewable energy potential as an alternative to fossil fuels in Turkey. *Energy conversion and management*, 40(7), 743-755.

- Evrendilek, F., & Ertekin, C. (2003). Assessing the potential of renewable energy sources in Turkey. *Renewable energy*, 28(15), 2303-2315.
- Goldemberg, J., Johansson, T. B., Reddy, A. K., & Williams, R. H. (1988). *Energy for a sustainable world*. New York: John Wiley & Sons.
- Grigoroudis, E., Petridis, K., & Arabatzis, G. (2014). RDEA: A recursive DEA based algorithm for the optimal design of biomass supply chain networks. *Renewable Energy*, 71, 113-122.
- Gross, R., Leach, M., & Bauen, A. (2003). Progress in renewable energy. *Environment international*, 29(1), 105-122.
- Hepbasli, A., Ulgen, K., & Eke, R. (2004). Solar energy applications in Turkey. *Energy Sources*, 26(6), 551-561
- Johansson, T. B., & Goldemberg, J. (2002). *Energy for sustainable development: a policy agenda*.
- Kaygusuz, K. (2002). Environmental impacts of energy utilisation and renewable energy policies in Turkey. *Energy Policy*, 30(8), 689-698.
- Kaygusuz, K. A. M. İ. L., & Türker, M. F. (2002). Biomass energy potential in Turkey. *Renewable Energy*, 26(4), 661-678.
- Kaygusuz, K. (2007). Energy for sustainable development: key issues and challenges. *Energy Sources, Part B: Economics, Planning, and Policy*, 2(1), 73-83.
- Kaygusuz, K., & Kaygusuz, A. (2002). Renewable energy and sustainable development in Turkey. *Renewable energy*, 25(3), 431-453.
- Kaygusuz, K. (2009). Hydropower in Turkey: the sustainable energy future. *Energy Sources, Part B*, 4(1), 34-47.
- Klass, D. L. (1998). *Biomass for renewable energy, fuels, and chemicals*. Elsevier.
- Kucukali, S., & Baris, K. (2009). Assessment of small hydropower (SHP) development in Turkey: Laws, regulations and EU policy perspective. *Energy policy*, 37(10), 3872-3879.
- Kömürcü, M. İ., & Akpınar, A. (2009). Importance of geothermal energy and its environmental effects in Turkey. *Renewable energy*, 34(6), 1611-1615.
- Ocal, O., & Aslan, A. (2013). Renewable energy consumption–economic growth nexus in Turkey. *Renewable and sustainable energy reviews*, 28, 494-499.
- Ramachandra, T. V., Joshi, N. V., & Subramanian, D. K. (2000). Present and prospective role of bioenergy in regional energy system. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 4(4), 375-430.
- Toklu, E. (2017). Biomass energy potential and utilization in Turkey. *Renewable Energy*, 107, 235-244.
- Turkish Wind Energy Association (TWEA), “Status of Turkish wind power plants”, <https://www.tureb.com.tr/bilgi-bankasi/turkiye-res-durumu>. Accessed July 25, 2022.

- Yüksel, I. (2008). Hydropower in Turkey for a clean and sustainable energy future. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 12(6), 1622-1640.
- Yüksel, I. (2009). Dams and hydropower for sustainable development. *Energy Sources, Part B*, 4(1), 100-110.
- Yuksel, I. (2010). As a renewable energy hydropower for sustainable development in Turkey. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 14(9), 3213-3219.
- Yuksel, I., & Kaygusuz, K. (2011). Renewable energy sources for clean and sustainable energy policies in Turkey. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 15(8), 4132-4144.
- <https://www.un.org/en/climatechange/what-is-renewable-energy>. Accessed July 25, 2022.
- <https://www.teias.gov.tr/kurulu-guc-raporlari>. Accessed July 25, 2022.
- <https://www.teias.gov.tr/turkiye-elektrik-uretim-iletim-istatistikleri>. Accessed July 25, 2022.
- <https://enerji.gov.tr/bilgi-merkezi-enerji>. Accessed July 25, 2022.
- <https://www.sbb.gov.tr/yillik-programlar/>. Accessed July 25, 2022.
- <https://www.iea.org/reports/world-energy-investment-2022>. Accessed July 25, 2022.
- <https://www.enerjiatlası.com/hidroelektrik/>. Accessed July 25, 2022.
- <https://www.enerjiatlası.com/jeotermal/>. Accessed July 25, 2022.

ENERJİ İLETİM HAVA HATLARINDA DEPREM SONUCU OLUŞAN HASAR MALİYETİNİN ENDEKS SAYILARI YARDIMIYLA ANALİZİ

Dr. Öğr. Üyesi Ali AJDER

Yıldız Teknik Üniversitesi, ORCID: 0000-0001-9411-4452

Prof. Dr. Selim AY

Yıldız Teknik Üniversitesi, ORCID: 0000-0003-0312-9507

ÖZET

Depremlerin hasar etkisi; fayların geometrileri/karakteristikleri, zeminin jeolojik özellikleri, faya olan mesafe, kırığın derinliği, yapı stoğunun inşaat kalitesi ve depremin aletsel büyüklüğü (=Magnitüd) gibi bir dizi parametreye bağlıdır. Depremlerin yıkıcı etkisi ile deprem anında ortaya çıkan enerji arasında çok yakın bir ilişki vardır; bu enerji ile magnitüd arasında ampirik bağıntılar geliştirilmiştir. Benzer şekilde fayın uzunluğu ile magnitüd arasında da ampirik bağıntılar verilmiştir. Depremin ivmesi zeminin deprem anında sarsılma miktarının göstergesidir; ivme fayın derinliği (konumu) ve magnitüd ile ilişkili olup ivme ile hasar seviyesi arasında daima pozitif korelasyon vardır. Enerji iletim hava hatlarının maliyet bileşenleri (L köşebenti, iletken, izolatör, vb.) farklı birimler (kg, m, adet) için tanımlanır. Bu bakımdan, deprem sonucu enerji iletim hava hatlarında oluşan hasar maliyetinin analizinde “endeks sayıları” kullanılmıştır. Referans alınan bir deprem ivmesi (g) için; seçilen baz yıla ait ve cari yıla ait birim fiyatlar (TL/kg, TL/m, TL/adet) yardımıyla hasar maliyet endeksleri ortaya konulmuştur. Endeks sayıları olarak ekonomik analizlerde en sık kullanılan Laspeyres fiyat endeksi ve Paasche fiyat endeksi ile bunların geometrik ve aritmetik ortalamaları (Fisher fiyat endeksi ve Bowley fiyat endeksi) kullanılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Deprem ivmesi, Bowley endeksi, Fisher endeksi, Laspeyres endeksi, Magnitüd, Paasche endeksi, Regresyon

1. GİRİŞ

Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığının (AFAD) ilgili dokümanlarında “deprensellik” ve “deprem riski” tanımlar yer almaktadır. Deprem aktivitesinin alansal ve zamana bağlı dağılım özelliklerinin tümüne “deprensellik” adı verilmektedir. Bu kavram deprem tehlikesinin ve sismik/tektonik yapının özelliklerinin anlaşılmasına yönelik analizlerde kullanılır.

Belirli bir süre için, dönüşüm periyodu bu süreye eşit olan bir deprem nedeni ile meydana gelebilecek bina hasarı, ölü ve yaralı sayısı ve ekonomik kayıpların bütünü “deprem riski” olarak tanımlanır. Deprem riski; deprem tehlikesine, hasar görülebilirliğe ve riske maruz varlıklara bağlıdır. Deprem riski; jeoloji, mikro bölgeleme, depreme dayanıklılık ve benzeri konularda çalışma yapılması ve yapılaşmış alanlarda kentsel dönüşümü de içermek üzere zarar azaltmanın tüm boyutları ile ele alınması gereken bir kavramdır.

Anadolu yarımadasının tektonik özellikleri, Arap ve Afrika levhalarının çarpışmasıyla karakterize edilmektedir. Arap levhası kuzeye Avrasya’ya doğru yaklaşık 25 mm/yıl hızla, Afrika levhası da yine kuzeye doğru yaklaşık 10 mm/yıl hızla hareket etmektedir. Arap levhası, Anadolu mikro levhasının güneydoğu sınırına çarparak, Kuzey Anadolu Fayındaki (KAF) sağ yanal atımla, Anadolu mikro levhasını saat yönüne ters yönde harekete zorlamaktadır. Son zamanlarda elde edilen GPS verileri, KAF fayının her iki tarafındaki Anadolu levhası ile Avrasya levhasının arasındaki hareketin 18 mm/yıl ile 25 mm/yıl olduğunu göstermektedir.

Enerji iletim hattının kurulacağı bölgenin deprenselliği (geçmişte olan depremlerin şiddetleri, yinleme periyotları, hasar dereceleri vb.) ortaya konulur. Projenin gerçekleştirileceği bölgenin “Diri Fay Haritası” üzerinde alıgman çizilerek gösterilir. Yer kabuğundaki çeşitli ölçekteki kayma yüzeyleri, üzerinde deprem olan ve hareket eden iki levha ya da levhacık arasındaki ara yüzey “fay” olarak adlandırılır. Son tarihsel dönemde deprem oluşturmuş olan tüm faylar “diri fay” olarak isimlendirilir. EİH ve TM projeleri kapsamında yer alan tesislerin yapımında “Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik” hükümlerine uyulacaktır.

Örneğin 154 kV’luk Kars-Iğdır Brş.- Narinkale TM EİH ÇED raporunda “deprensellik” kapsamında şu bilgilere yer verilmiştir [1]: Bölge, 5 bölgeye ayrılan “Türkiye Deprem Haritası”ndaki konumlara göre 2. Derece Deprem Bölgesi kuşağında yer almaktadır. Bölgede yaşanan büyük depremlerden 1926 ve 1988 depremlerinin merkez üstleri Çıldır gölü Sevan gölü (Ermenistan) arasında uzanan ve büyük kısmı Ermenistan içerisinde kalan fay üzerinde meydana gelmiştir. Bu depremlerde can kaybı ve hasarın nedeninin merkez üstüne yaklaşık 55 km yakınlıkta olma ve kalitesiz yapılaşmalardır. Kars ve çevresinde 1972, 1976 ve 1983 yıllarında olan depremlerin Çobandede Fay kuşağı üzerinde meydana gelmiş ve 1962 depreminin de merkez üstü Iğdır’dan geçen Iğdır Fayı üzerinde olduğu açıklanmıştır. Bundan sonra olası depremlerde Kars’ın bazı ilçelerinin aktif fay hatlarına çok yakın olmaları nedeniyle deprem riskleri bulunmaktadır, bu ilçeler Akyaka, Arpaçay, Çıldır, Kağızman ve Sarıkamış’tır.

Maden Tetkik Arama Genel Müdürlüğü (MTA) tarafından Ekim 2023’de güncellenen “Diri Fay Haritası” ülkemizde 485 adet diri fay olduğunu göstermektedir. 45 il ve 110 ilçede 5.5 ve üzeri aletsel büyüklükte (magnitüd) deprem üretme potansiyeli olan diri faylar harita üzerinde işaretlenmiştir.

Örneğin enerji iletim/dağıtım hatlarında oluşan güncel hasarlar, ülkemizde 6 Şubat 2023 günü yaşanan deprem felaketi sonrası hazırlanan 2023 Kahramanmaraş ve Hatay Depremleri Raporunda [2] belirtilmiştir. Bu rapora göre deprem sonucunda Türkiye Elektrik İletim Anonim Şirketine (TEİAŞ) ait 1128 km uzunluğundaki elektrik iletim hattını birbirine bağlayan 11 direk yıkılmıştır. Toplam 4088 MVA güce sahip trafo merkezi ve ekipmanında hasar meydana gelmiştir. Başta Hatay, Gaziantep, Kahramanmaraş ve Adıyaman olmak üzere bölgedeki elektrik dağıtım hat ve trafo merkezlerinde büyük ölçüde hasar oluşmuştur. Deprem sonrası yapılan ön çalışmalar neticesinde afet bölgesi ilan edilen 11 ilde TEİAŞ'a ait elektrik iletim tesislerinde toplam 717 milyon TL (38 milyon dolar), özel sektöre ait elektrik dağıtım tesislerinde ise toplam 7867 milyon TL (416.7 milyon dolar) hasarın ortaya çıktığı tahmin edilmektedir.

2. DEPREMLERE AİT TEKNİK PARAMETRELER

Depremlerin hasar etkisi; fayların geometrileri/karakteristikleri, zeminin jeolojik özellikleri, faya olan mesafe, kırığın derinliği, yapı stoğunun inşaat kalitesi ve depremin aletsel büyüklüğü (=Magnitüd, M) gibi bir dizi parametreye bağlıdır. Dünyada oluşan tüm depremlerin gün-saat-enlem-boylam ve aletsel büyüklük bilgileri, ulusal deprem merkezlerinin yanı sıra, ABD jeoloji merkezininin (USGS) kayıtlarında da yer almaktadır. Magnitüd, faydaki göreceli hareketin doğurduğu odak ile yeryüzü arasındaki yer kabuğu malzemesinin bu harekete tepkisinin sonucunda yüzeye ulaşan kuvvetin matematiksel ifadesidir. Magnitüd genel olarak deprem sırasında açığa çıkan enerjiyi ifade etmektedir. Her depreme ait bir magnitüd değeri vardır; bu değer “Richter Ölçeği” ile derecelendirilmiştir. Ayrıca depremin magnitüdünün uzaklığa bağlı olarak yeryüzünde yaptığı etkiye “şiddet” denir ve 12 dereceli (Romen rakamları I, II,..., X, XI, XII) “Mercalli Ölçeği” ile derecelendirilir. $M \geq 7$ olan Magnitüdüler X, XI ve XII şiddetinde hasarlara yol açabilir. Örneğin X (on) şiddetindeki deprem anında, taş ve kafes yapıların büyük bir çoğunluğu temelleriyle birlikte yıkılır, demiryolları eğilir. Magnitüd değerindeki artış lineer olmayıp logaritmik olduğundan, Magnitüdüdeki 1 birimlik artış sismogramlardaki genliklerin 10 kat, depremin enerjisinin de 31 kat artması demektir. Depremlerin yıkıcı etkisi ile deprem anında ortaya çıkan enerji arasında çok yakın bir ilişki vardır; bu enerji ile Magnitüd arasında ampirik bağıntılar geliştirilmiştir. Benzer şekilde fayın uzunluğu ile Magnitüd arasında da ampirik bağıntılar verilmiştir. Diri fay haritasından fayların uzunlukları bulunabilir, böylece bu fayların üretebilecekleri Magnitüdüler yaklaşık da olsa önceden hesaplanabilir. Böylece projelendirme aşamasında, olası deprem hasarı ve alınabilecek önlemler açısından öngörüde bulunulabilir. Uzunluğu L_f (km) olan bir fayın üretebileceği depremin Magnitüdü (M) arasındaki ampirik ilişkilerden birisi aşağıda verilmiştir [3, 4]:

$$\log L_f = 1.32 \times M - 7.99 \quad (1)$$

Öte yandan Gutenberg ve Richter, verilen bir zaman aralığında depremin magnitüdü (aletsel büyüklüğü) M ile deprem sayısı N arasında aşağıdaki bağıntıyı vermişlerdir:

$$\log N = K_1 - K_2 \times M \quad (2)$$

Bu bağıntıda;

N: Birikimli deprem sayısı

M: Magnitüd (aletsel ölçüm değeri)

K₁: Çalışma alanının büyüklüğü, gözlem süresi ve gözlem süresi boyunca olan deprem etkinliği ile ilişkili parametre

K₂: Çalışma alanının tektonik özelliklerine bağlı olarak değişen parametredir.

Depremlerin oluş periyodu, herhangi bir büyüklükteki bir depremin kaç yılda bir olacağını ifade eder. Bu değer deprem mühendisliği açısından çok önemli bir parametredir. Deprem riski, çalışma alanında oluşmuş veya olması beklenen en yüksek magnitüdü depremlerin yapının ekonomik ömrüne göre seçilen veya herhangi bir zaman aralığı için yinelenme olasılığıdır. Bu amaçla kullanılan “Poisson modeli”, büyük magnitüdü ana şokların oluşumu için geçerli bir modeldir. Poisson modelinde deprem oluşumunun bir poisson dağılımı olduğu kabul edilmektedir. **Çizelge 1.**'de Erzurum ve çevresi deprem tehlikesini gösterir poisson olasılık dağılımları verilmiştir. Burada 50 yıllık yapı ömrü içerisinde %10 aşılma ihtimali olan deprem büyüklüğü verilmiştir [5].

Çizelge 1. Erzurum ve Çevresinin Deprem Olasılıkları [5]

| Magnitüd M | 10 yıl için olasılık (%) | 50 yıl için olasılık (%) | 100 yıl için olasılık (%) | Ortalama yinelenme periyodu (yıl) |
|---------------|-----------------------------|-----------------------------|------------------------------|--------------------------------------|
| 5 | 45.2 | 95.1 | 99.8 | 17 |
| 5.5 | 36.5 | 89.7 | 98.9 | 22 |
| 6 | 29.0 | 82.0 | 96.8 | 29 |
| 6.5 | 22.8 | 72.6 | 92.5 | 39 |
| 7 | 17.7 | 62.3 | 85.8 | 51 |
| 7.5 | 13.7 | 52.2 | 77.1 | 68 |

Deprem ivmesi, deprem dalgalarının oluştuğu anda hızlarının zamana karşı davranışını, başka deyişle deprem karşısında zeminin sarsılma miktarını gösterir. İvme ne kadar büyükse yüzeydeki sarsıntı ve buna bağlı olarak hasar da o derece büyük olacaktır. Maksimum deprem ivmesi (PGA-Peak Ground Acceleration) için, magnitüde ve hiposentir mesafesine (enerjinin açığa çıktığı nokta ile yapı arasındaki mesafeye) bağlı çeşitli ampirik bağıntılar geliştirilmiştir. Yerçekimi ivmesi, SI birim sisteminde $g = 9.81 \text{ m/s}^2$ ve CGS birim sisteminde Gal (cm/s^2)'dir ($1 \text{ g} = 981 \text{ Gal}$).

Örneğin McGuire PGA için şu bağıntıyı vermiştir [6]:

$$\text{PGA} = \frac{472 \times 10^{0.278 M_s}}{(R+25)^{1.801}} \dots (\text{Gal}) \quad (3)$$

Burada M_s yüzey magnitüdü (dalgası) ve R hiposentir mesafesidir (km).

Danovan tarafından geliştirilen ampirik PGA bağıntısı şöyledir [6]:

$$PGA = \frac{1080 \times e^{0.5 Mw}}{(R+25)^{1.32}} \quad \dots(\text{Gal}) \quad (4)$$

Burada Mw magnitüd momenti ve R hiposentir mesafesidir (km).

Fukushima-Tanaka tarafından geliştirilen ampirik bağıntı ise şudur [7]:

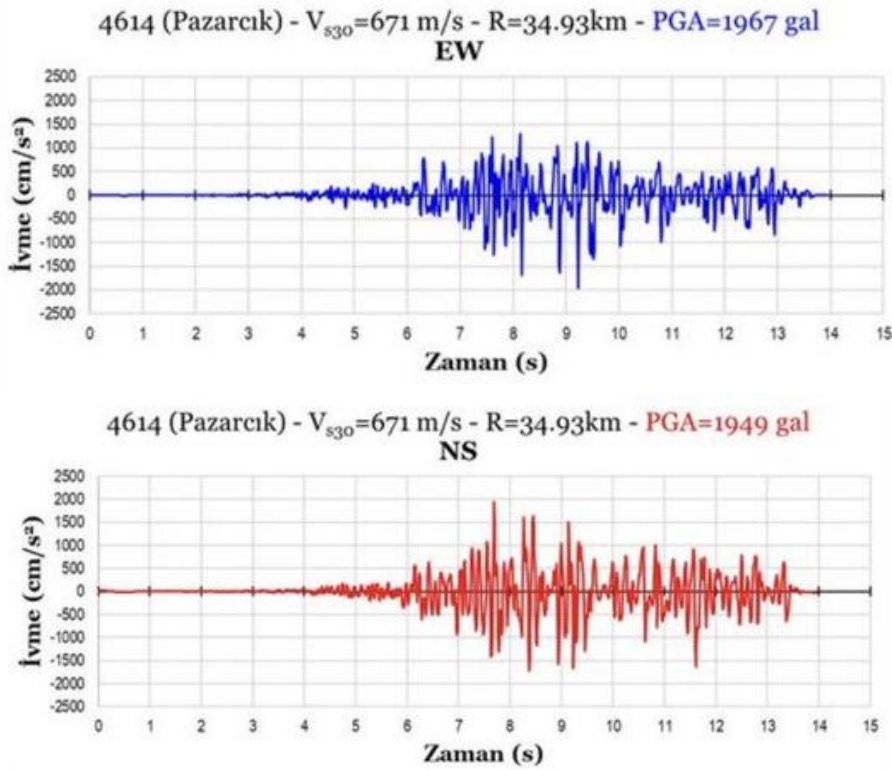
$$\log a = 0.41 Ms - \log(R + 0.032 \times 10^{0.41 Ms}) - 0.0034R + 1.30 \quad (5)$$

Burada Ms yüzey magnitüdü ve R hiposentir mesafesidir (km).

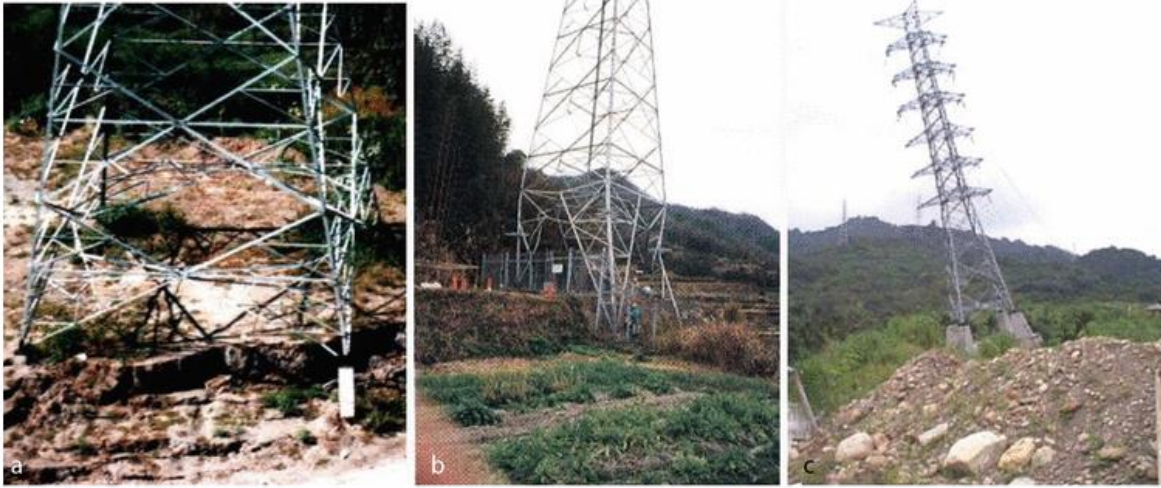
Depremin hiposentir mesafesi (R), Pisagor teoremi uyarınca episentir mesafesi (D) ile depremin yerden derinliğine (H) bağlı olarak hesap edilir [3]:

$$R = \sqrt{D^2 + H^2} \quad \dots(\text{km}) \quad (6)$$

Depremin episentir mesafesi D (km), fayın kırıldığı yerin hemen üzerindeki yüzeydeki noktayı ifade etmektedir.



Görsel 1. 6 Şubat 2023 Günü Yaşanan Kahramanmaraş-Pazarcık Depremine Ait İvme Kayıtları (EW: Doğu-Batı, NS: Kuzey-Güney) (Kaynak: AFAD)



Görsel 2. Türkiye’de (Kocaeli, 1999), Japonya’da (Kobe, 1995) ve Çin’de (Chi-Chi, 1999) Oluşan Depremlerde Kafes Direklerde Gözlenen Hasarlar [4]

3. ENDEKS SAYILARI YARDIMIYLA HASAR MALİYETİNİN HESAPLANMASI

3.1 Endeks Sayıları

Piyasadaki tüm malların ve hizmetlerin fiyat artışlarının aritmetik ortalamasını alarak enflasyonu hesaplamak doğru yaklaşım olmaz. Çünkü her mal ve hizmetin günlük yaşamdaki kullanım oranı (ağırlığı, weight), başka deyişle önem derecesi farklıdır. Bu nedenle enflasyon ölçümlerinde “fiyat endeksleri” kullanılır. Enflasyonu ölçmek için seçilecek mal ve hizmet sepetindeki fiyatların ölçülmesi gerekir. Bunun için öncelikle sepetteki ürünlerin sayısı, türleri (gıda, ulaşım, giyim, vb.) ve sepet içindeki ağırlıkları (payları) belirlenir; bu amaçla anketlerden yararlanılır. Bir baz yıl seçilir, baz yıldaki fiyatlar ile cari yıldaki fiyatlar sepetteki ürün ağırlıkları da dikkate alınarak oranlanır. Örneğin “Laspeyres fiyat endeksi,” baz yıl “0” indisi ile ve cari yıl “1” indisi ile gösterilerek şöyle hesaplanır [8-10]:

$$\text{Laspeyres fiyat endeksi} = \frac{\sum p_1 \times q_0}{\sum p_0 \times q_0} \times 100 \quad (7)$$

Burada p fiyatları (o aya ait Türkiye fiyatlarının ortalamasını) ve q miktarları göstermektedir; günümüzdeki hesaplamalara ait baz yıl 2003 alınmıştır (2003=100).

Daha önceki baz yıllar ise 1994 ve 1987 idi.

Görüldüğü gibi pay’da ve payda’da ürünlerin miktarları aynıdır (q_0), ancak fiyatları farklıdır (p_0 ve p_1). Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK) zaman zaman sepetteki ürünlerde ve ağırlıklarında güncellemeler yapmakta, bazı ürünleri sepetten çıkarmakta/sepete eklemekte veya ağırlıklarını değiştirmektedir. Türkiye’deki 81 ilden alınan fiyat (p) bilgilerinin ortalamaları kullanılmaktadır.

Endeks sayıları mikroekonomik ve makroekonomik analizlerde sıkça kullanılır. Çünkü farklı birim ve miktarlardaki ürünlerden oluşan mal ve hizmet sepetindeki baz yıl ve cari yıl arasındaki fiyat değişimleri ancak endeks kavramı kullanılarak ölçülebilir. Endeks modelleri arasında Laspeyres endeksinden sonra en sık kullanılan Paasche endeksidir [8-10]:

$$\text{Paasche fiyat endeksi} = \frac{\sum p_1 \times q_1}{\sum p_0 \times q_1} \times 100 \quad (8)$$

Burada p_1 ve q_1 sırasıyla, cari yıla ait fiyatı (price) ve miktarı (quantity), p_0 ve q_0 ise baz yıla ait fiyatı ve miktarı göstermektedir. Ürün sepetinde yer alan her ürünün baz ve cari yıla ait “birim fiyat×miktar” toplamları (Σ) hem pay’da hem de payda’da gösterilmektedir [8-10].

Ayrıca literatürde yukarıdaki iki endeksin geometrik ortalaması (Fisher endeksi) ve aritmetik ortalaması (Bowley endeksi) olan endeksler de yer almaktadır [8-10]:

$$\text{Fisher endeksi} = \sqrt{\text{Laspeyres endeksi} \times \text{Paasche endeksi}} \quad (9)$$

$$\text{Bowley endeksi} = \frac{\text{Laspeyres endeksi} + \text{Paasche endeksi}}{2} \quad (10)$$

Fiyat endeksleri gibi “miktar endeksleri” de tanımlanmıştır [8-10]:

$$\text{Laspeyres miktar endeksi} = \frac{\sum p_0 \times q_1}{\sum p_0 \times q_0} \times 100 \quad (11)$$

$$\text{Paasche miktar endeksi} = \frac{\sum p_1 \times q_1}{\sum p_1 \times q_0} \times 100 \quad (12)$$

3.2 Endeks Sayılarının Hasar Maliyetine Uyarlanması

Enerji iletim hatlarında arıza sıklığının göstergesi “Arıza Endeksi (AE)”dir. Arıza endeksi, bir yıl içinde (365 günde) bir iletim hattının 100 km’lik kısmına karşılık düşen arıza sayısıdır:

$$AE = \frac{100 \times N_h}{L} \times \frac{365}{T_h} \quad (13)$$

Burada N_h hatta meydana gelen arıza sayısını, L hat uzunluğunu (km) ve T_h hattın yıl boyunca işletmede kaldığı gün sayısını göstermektedir. 2022 yılında Türkiye genelinde 400 kV’luk enerji iletim hatlarının arıza endeksi 0.147 ve 154 kV’luk enerji iletim hatlarının arıza endeksi 0.373 olarak gerçekleşmiştir [11].

Arıza endeksinde kullanılan 100 km’lik “referans uzunluk” kullanıldığında, deprem sonucu bir enerji iletim hattının etkilenecek (hasara uğrayacak) bileşenlerinin miktarları şunlardır:

- q_a Faz iletkeni (m/100 km)
- q_b Çelik koruma teli (m/100 km)
- q_c OPGW (Optical Ground Wire) (m/100 km)
- q_d İkaz küresi (adet/100 km)
- q_e İzolatör (adet/100 km)

- q_f Hırdavat takımları (klemp, ark boynuzu, korona halkası, vb.) (adet/100 km)
- q_g Kafes direk elemanlarının (dikme, köşegen, konsol) L köşebenti (kg/100 km)
- q_h Ayrık temel ayağı ($m^3/100$ km)

Belirli bir PGA değeri için; bir baz yılda deprem sonucu iletim hattının hasara uğrayan bileşenleri q_{a0} q_{b0} q_{c0} q_{d0} q_{e0} q_{f0} q_{g0} q_{h0} ve cari yılda deprem sonucu iletim hattının hasara uğrayan bileşenleri q_{a1} q_{b1} q_{c1} q_{d1} q_{e1} q_{f1} q_{g1} q_{h1} olsun.

Deprem hasarını etkileyen temel parametre PGA olduğu için, geçmiş yılların veri seti yardımıyla her PGA için doğal olarak farklı q_{i0} miktarları söz konusu olacaktır.

Bir baz yılda söz konusu bileşenlerin birim fiyatları p_{a0} (TL/m), p_{b0} (TL/m), p_{c0} (TL/m), p_{d0} (TL/adet), p_{e0} (adet/m), p_{f0} (TL/adet), p_{g0} (TL/kg) ve p_{h0} (TL/ m^3);

cari yılda söz konusu bileşenlerin birim fiyatları p_{a1} (TL/m), p_{b1} (TL/m), p_{c1} (TL/m), p_{d1} (TL/adet), p_{e1} (adet/m), p_{f1} (TL/adet), p_{g1} (TL/kg) ve p_{h1} (TL/ m^3) olsun.

Laspeyres miktar endeksinde ve Paasche miktar endeksinde pay ve payda baz yıla ait ve cari yıla ait miktarları içermektedir. Bu bakımdan, geçmiş yıllardaki veri seti yardımıyla her PGA değeri için q_{0i} miktarlarına ait (lineer veya non-lineer) regresyon denklemlerinin elde edilmiş olması gerekir:

$$q_{i0} = f(\text{PGA}) \quad ; \quad i \rightarrow a, b, c, d, e, f, g, h \quad (14)$$

Paasche fiyat endeksinde ise pay ve payda cari yıla ait miktarları içerdiğinden, q_{a1} q_{b1} q_{c1} q_{d1} q_{e1} q_{f1} q_{g1} q_{h1} cari yılda oluşan depreme ait hasar kayıt raporlarından doğrudan alınır.

Baz yıldaki ve cari yıldaki birim fiyatlar eskalasyon oranında değişim gösterecektir [10]:

$$p_{i1} = p_{i0} \times (1 + \text{esk}_i)^T \quad ; \quad i \rightarrow a, b, c, d, e, f, g, h \quad (15)$$

Burada T cari yıl ve baz yılın arasındaki farkı (yıl) ve esk_i T (yıl) süresince i. bileşendeki ortalama eskalasyon oranını (%) göstermektedir.

4. SONUÇLAR VE DEĞERLENDİRME

Depremden etkilenerek hasara uğrayan enerji iletim hatlarının onarımı ve/veya yenilenmesi kapsamında hasar maliyetleri ortaya çıkmaktadır. Ayrıca mekanik/statik hasara uğrayan enerji iletim hatları devre dışı olmaktadır; bu durum hem iletilen enerji maliyeti hem de gece saatlerindeki arama/kurtarma çalışmalarının kesintiye uğraması bakımından çok önemli bir sorundur. Aynı PGA değeri için, cari yılda Laspeyres fiyat endeksinin yüksek çıkmasının nedeni enflasyondur. Aynı PGA değeri için, Paasche fiyat endeksinin yüksek çıkması ise arazi/zemin/hat yapısından kaynaklı olabilir. Hem Laspeyres miktar endeksinde hem de Paasche miktar endeksinde baz ve cari yılın miktarları birbirinden farklıdır. Bu durumda geçmiş yılların veri seti yardımıyla regresyon analizi uygulanmalıdır.

Maliyet endekslerinin minimum olabilmesi enerji iletim hava hatlarının teknik şartname ve yönetmeliklere tamamen uygun tesis edilmesi ile mümkün olabilir.

Betonun hazırlanması ve dökümü önceki yıllarda TEİAŞ Montaj Teknik Şartnamesine göre yapılmaktaydı. Bu kapsamda temel projeleri gereğince 154 kV 477 MCM ve 795 MCM iletkenli tek ve çift devre hatlarda BS 14, 1272 MCM iletkenli tek ve çift hatlarda BS 16 kalitesinde beton kullanılmıştır. Önceki 380 kV’luk hatlarda ise projesine göre BS 16 ve BS 20 kalitesinde beton kullanılmıştır. Günümüzde TEİAŞ 154 kV-400 kV Direk Alt Montaj Teknik Şartnamesi (2022) uyarınca kafes direklerin temellerinde C25 kalitesinde beton kullanılmaktadır; 1 m³ beton içindeki çimento miktarı minimum 300 kg olmak zorundadır.

Deprem anında elektrik üretim ve dağıtım sistemindeki en çok hasar görebilecek bileşenler, transformatör merkezleri (TM) ve bu merkezlerde yer alan devre kesiciler, emniyet şalterleri, transformatörler, porselen izolatörler ve kontrol ekipmanlarıdır. Hasar genellikle ankrajsız veya usulüne göre ankrajı (sabitleme işlemi) yapılmamış elektrik ekipmanlarında yoğunlaşır. Porselen izolatörlerin kırılması veya devrilmesi de oldukça yaygındır. Bütün ankrajsız elemanlar usulüne göre ankrajlanıp sabitlenmelidir. Türkiye Elektrik Üretim İletim Anonim Şirketi (TEAŞ), 17.08.1999 tarihinde meydana gelen İzmit Depremi’ndeki deneyimleri dikkate alarak, öncelikle transformatör merkezlerindeki güç transformatörlerinin ve akü gruplarının zemine sabitlenmesi kararını almıştır. Klasik transformatör merkezlerinde (GIS TM’ler hariç) yer alan 380 kV’luk ve 154 kV’luk transformatörlerin bir deprem anında hareket ederek devreden çıkmasını önlemek amacıyla, trafoların deprem kirişleri yapılarak gövdeleri üzerine indirilerek sabitlenmesi yoluna gidilmiştir. Bir deprem esnasında akü gruplarının devrilip devre dışı kalmasını önlemek amacıyla da, tüm merkezlerde akü gruplarının ahşap karkas içinde yere sabitlemesi yapılmıştır.

KAYNAKÇA

- [1] 154 kV’luk Kars-Iğdır Brş.-Narinkale TM EİH ÇED Raporu, 2010.
- [2] 2023 Kahramanmaraş ve Hatay Depremleri Raporu, Türkiye Cumhuriyeti Cumhurbaşkanlığı Strateji ve Bütçe Başkanlığı, Mart 2023.
- [3] Lowrie, W., *Fundamentals of Geophysics*, 2nd Edition, Cambridge University Press, 2007.
- [4] Ay, S., *Enerji İletim Sistemleri Cilt 6: Çevresel Etkiler ve Kamulaştırma*, 2. Baskı, Birsen Yayınevi, 2020.
- [5] Elif Havza TM-Tortum EİH ÇED Raporu, 2013.
- [6] Douglas, J., Ground Motion Prediction Equations 1964-2018, *Pacific Earthq. Eng. Res. Cent.*, 629, 1664-2010, 2018.
- [7] Fukushima, Y. and Tanaka, T., A New Attenuation Relation Peak Horizontal Acceleration of Strong Motion in Japan, *Bull. Seismol. Soc. Am.*, 80, 757-783, 1990.
- [8] Balk, B.M., *Price and Quantity Index Numbers: Models for Measuring Aggregate Change and Difference*, Cambridge University Press, 2008.
- [9] Ralph, J., O’Neill, R., Winton, J., *A Practical Introduction to Index Numbers*, Wiley, 2015.
- [10] Ay, S., *Mühendislikte Ekonomik Analiz*, Birsen Yayınevi, 2021.
- [11] Türkiye Elektrik İletim Anonim Şirketi (TEİAŞ) 2022 Yılı Faaliyet Raporu

ENERJİ DEPOLAMA SİSTEMLERİNİN GÜÇ SİSTEMİ GÜVENİLİRLİĞİ VE YEDEK REZERV AÇISINDAN İNCELENMESİ

Dr. Öğr. Üyesi Ali AJDER

Yıldız Teknik Üniversitesi, ORCID: 0000-0001-9411-4452

Prof. Dr. Selim AY

Yıldız Teknik Üniversitesi, ORCID: 0000-0003-0312-9507

ÖZET

Enerji depolama sistemlerinin güç sistemleri üzerindeki etkisi, son dönemde araştırmacılar, enerji sistemleri planlamacıları- işletmecileri ve düzenleyici kurumlar tarafından yoğun bir ilgiyle takip edilmektedir. Enerji depolama sistemleri teknolojilerinin enerji sistemlerinin güvenilirliğini artırmanın yanı sıra enerjinin en fazla tüketildiği pik zamanlarda stratejik olarak ertelenmesi potansiyeli sunmaktadır. Ayrıca, bu sistemler özellikle rüzgar ve güneş gibi stokastik karakterli yenilenebilir enerji kaynaklarının üretimlerinin tahminlerden sapmalarını minimize ederek, geniş çaplı entegrasyonlarına kritik katkıda bulunmaktadır. Enerji depolama sistemlerinin yenilenebilir enerji kaynakları ile entegrasyonu, özellikle mikro şebekelerin ada çalışma senaryolarında mikro şebeke tasarımlarına yeni bir adaptasyon seviyesi sağlamaktadır. Enerji depolama sistemleri göz ardı edilerek yapılan sistem tasarımlarında sistem güvenilirliğinin sürdürülmesi adına yüksek maliyetli yedek enerji kaynaklarının devreye alınması kaçınılmaz olup, bu da artan işletme maliyetlerini ve potansiyel yük atma cezalarını beraberinde getirmektedir. Bu çalışma, enerji depolama teknolojilerinin derinlemesine bir incelemesini sunmakla kalmayıp, bu teknolojilerin güç sistemleri için sunduğu teknik ve ekonomik avantajları, özellikle yedek rezerv olarak hızlıca enerji talebini karşılama kapasiteleri bağlamında detaylı bir şekilde ele almaktadır.

Anahtar Kelimeler: Enerji depolama sistemleri, Mikro şebekeler, Yenilenebilir enerji kaynakları, Yedek rezerv

1. GİRİŞ

Enerji Depolama Sistemleri (Energy Storage System- ESS) elektrik şebekelerinin güvenilirliği ve esnekliği üzerindeki kritik rolü göz önünde bulundurularak, özellikle son yıllarda enerji sektörünün vazgeçilmez bir parçası haline gelmiştir. Bu sistemler enerji ihtiyacının yoğunluğuna bağlı olarak, enerjiyi verimli bir şekilde depolayarak ve gerektiğinde hızla geri sağlayarak, şebeke esnekliğini önemli ölçüde artırmaktadır. Dolayısıyla özellikle yenilenebilir enerji kaynaklarının (Renewable Energy Source- RES) giderek daha baskın hale geldiği bir enerji portföyünde, arz ve talebi dengelemede ve enerji arzının sürekliliğini garanti etmede kritik öneme sahiptirler [1]. Özellikle elektrikli araçlardaki gelişmelere paralel olarak ESS'ler, hem teknik hem de finansal avantajlar sunarak, modern şebekelerin karşılaştığı zorlukları aşmada merkezi bir rol oynamaktadır.

2050 yılına kadar Net Sıfır Emisyon Senaryosu (Net Zero Emissions by 2050 Scenario- NZE Senaryosu), küresel enerji sektörünün 2050 yılına kadar net sıfır CO₂ emisyonuna ulaşması için gelişmiş ekonomilerin diğerlerinden daha önce net sıfır emisyonuna ulaşacağı bir yol gösteren standart senaryodur [2]. Bu senaryo aynı zamanda, özellikle 2030 yılına kadar enerjiye herkesin erişebilmesi ve hava kalitesinde önemli iyileşmeler sağlanması gibi enerji ile ilgili temel Sürdürülebilir Kalkınma Hedeflerini (Sustainable Development Goals- SDGs) de karşılamaktadır. Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli' nin (Intergovernmental Panel on Climate Change- IPCC) Altıncı Değerlendirme Raporu' nda değerlendirilen emisyon azaltımları doğrultusunda, küresel sıcaklık artışının 1,5 °C (en az %50 olasılıkla) ile sınırlandırılmasıyla da uyumaktadır [3].

NZE Senaryosunda, elektrik enerjisinin konvansiyonel kaynaklar yerine RES'den üretilmesi gibi şebeke ölçeğindeki ESS'ler de stratejik bir öneme sahiptir. ESS'ler, kısa vadeli dengeleme ve işletme rezervleri sağlama kapasitesiyle, enerji talebinin ve üretiminin ani değişikliklerine hızla tepki verebilir. ESS'ler, şebeke frekansını ve gerilimini stabilize ederek, enerji arzında ve talebindeki dalgalanmalara karşı bir tampon görevi görür. Bu, özellikle RES'lerin değişken doğasını göz önünde bulundurduğumuzda, şebeke istikrarını koruma da kritiktir.

ESS'lerden özellikle Pompaj depolamalı hidroelektrik santralleri (Pumped Hydro Storage- PHS), kurulu güç bakımından öne çıkan bir teknoloji olarak karşımıza çıkar. 2020 yılında global ölçekte yaklaşık 8500 GWh olan PHS kapasitesinin 2026 yılında yaklaşık 11800 GWh'e çıkması tahmin edilmektedir. PHS'ler dünyanın farklı birçok bölgesinde, mevcut kapasitenin çok üzerinde enerji depolama potansiyeli sunar. Ancak, son yıllarda elektrikli araçların da gelişimiyle enerji depolamanın dikkat çekici elemanları bataryalardır. Modüler yapısı ve ölçeklenebilirliği sayesinde, bataryalar, farklı coğrafi bölgelerde ve şebeke yapılarında hızla entegre edilebilmektelerdir. Bu özellikleri sayesinde son yıllarda, batarya teknolojilerinin ESS'deki pazar paylarındaki artış dikkat çekicidir [4].

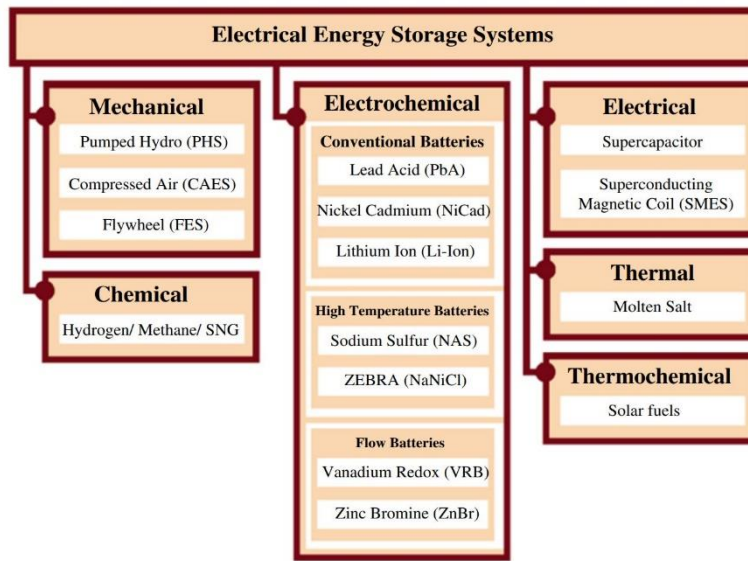
Bunun yanı sıra, sıkıştırılmış hava ve yerçekimi potansiyel enerjisini kullanan depolama sistemleri gibi alternatif depolama teknolojileri de mevcuttur. Bu teknolojiler, belirli uygulama senaryoları ve coğrafi koşullar için ideal olabilir, ancak genel enerji şebeke uygulamaları şu anda sınırlıdır. Hidrojen enerjili sistemler de, özellikle yenilenebilir enerji üretiminin

mevsimsel değişkenliklerini yönetmek için, enerjinin uzun vadeli depolanmasında potansiyel bir çözüm olarak geliştirilmektedir [5].

Bütün bu teknolojik gelişmelere rağmen, enerji depolama kapasitesi hâlâ 2050 Net Sıfır Emisyon Senaryosu'nun gereksinimlerini karşılamaktan uzaktır. Bu, tüm sektör paydaşlarının ve politika yapımcılarının, bu alanda daha büyük yatırımlar yapılmasını mümkün kılan ve inovasyonları teşvik eden stratejiler geliştirmelerini gerektirmektedir.

2. ENERJİ DEPOLAMA SİSTEMLERİ

Gelişen teknolojiye paralel olarak, ESS'de son zamanlarda önemli ilerlemeler kaydedilmektedir. Bu teknolojiler Görsel 1'de genel hatları ile verildiği gibi mekanik, elektrokimyasal, termal, elektrik ve kimyasal dahil olmak üzere bir dizi enerji türünü kapsamaktadır [6].

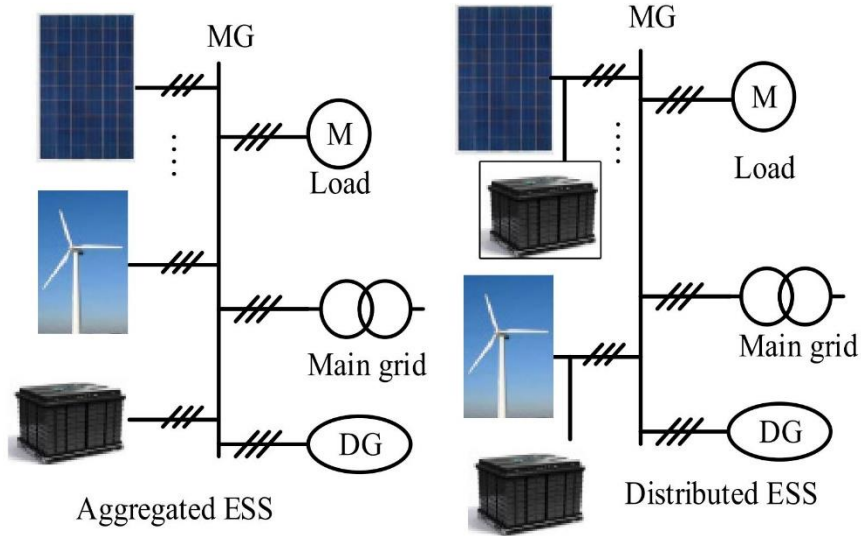


Görsel 1 Farklı tipte enerji depolama sistemleri

Bununla birlikte, bu yenilikçi depolama teknolojilerinin önemli bir kısmı henüz tanıtım aşamasında ya da ticari kullanımın eşiğindedir.

ESS teknolojileri değerlendirilirken güç kapasitesi ve enerji kapasitesi açısından yatırım maliyetleri gibi faktörlerin yanı sıra uzun ömürlülük, depolama kayıpları, verimlilik, rampa hızları ve tepki süreleri gibi çeşitli unsurlar ön plana çıkmaktadır. Ayrıca ESS teknolojilerini özellikle ön plana çıkaran unsur sahip oldukları çok yönlülüktür. Üretim, iletim, dağıtım ve tüketimi kapsayan elektrik enerjisi tedarik zincirinin birçok alanında devrim yaratma potansiyeline sahiptirler. Ayrıca ESS, RES'yle ilgili problemlerin ele alınmasında çok önemli bir rol oynamaktadır. Bu sistemler RES'lerin doğasında var olan kesintileri azaltabilir, güç kalitesine katkı sağlayabilir ve çeşitli akıllı şebeke uygulamalarının işlevselliğini destekleyebilme kapasitesine sahiptirler.

Güç sistemlerine RES'lerin entegrasyonu uygulamaları için ESS konumlandırılması temel olarak Görsel 2'de verildiği gibi kümelenmiş (aggregated) ve dağıtık (distributed) olmak üzere iki şekilde yapılandırılır [7].

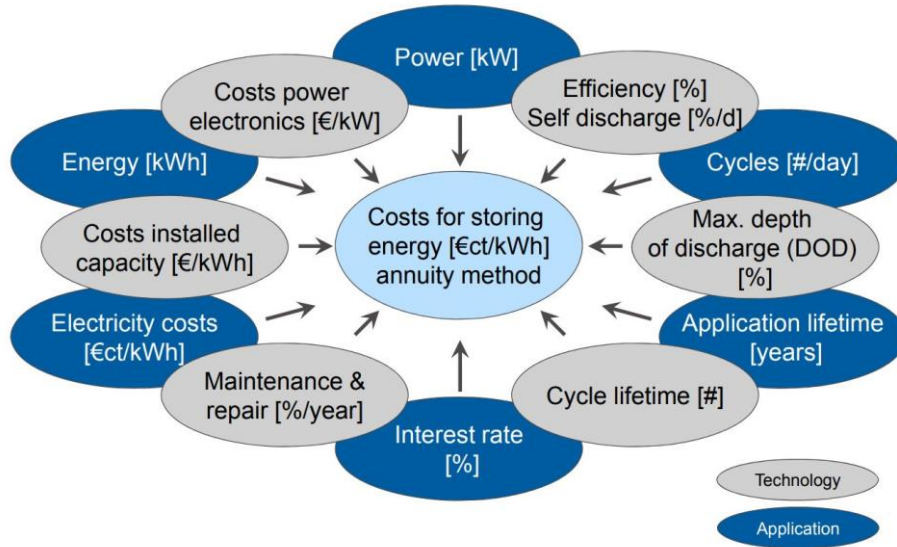


Görsel 2 Enerji depolama sistemlerinin genel konfigürasyonları

Kümelenmiş konfigürasyonda, Dağıtık Enerji Kaynaklarından (Distributed Energy Resource- DER) Ortak Bağlantı Noktası (PCC) barasına güç akışı stabil bir seviyede tutulur. Bu merkezi yaklaşım, ESS'nin toplam kapasitesinin güç akışındaki dalgalanmaları azaltmak için kullanılmasına olanak tanır. Yine de böyle bir kümelenmiş enerji depolama tesisinin kapasitesi arttıkça maliyeti de artmaktadır. Zorluklar maliyetle sınırlı değildir; büyük ölçekli bir ESS'nin üretimi ve kontrolü de kendi karmaşıklıklarını beraberinde getirir. Sonuç olarak, bu zorluklar olmadan etkili ve güvenilir güç düzenlemesi elde etmek için daha küçük ölçekli, dağıtılmış enerji depolama çözümleri kabul görmektedir.

Öte yandan, dağıtık ESS yapılandırması, birden fazla arayüz gerektiren belirli dağıtık kaynaklara doğrudan bağlı olan birimlere sahiptir. Bu merkezi olmayan yaklaşım, her depolama cihazının belirli bir enerji kaynağını veya şebekenin bir bölümünü desteklediği anlamına gelir. Bu konfigürasyonun da kendine özgü sorunları bulunmaktadır. Dağıtık bir sistemin başlıca zorluklarından biri, tüm bu bileşenler arasında güç akışını verimli bir şekilde yönetmektir. Buna ek olarak, özellikle dağıtık kaynaklar ve ESS ile ilişkili güç elektroniği arayüzleri aracılığıyla depolama sürecinde meydana gelen kayıplar önemli bir sorun olmaya devam etmektedir.

Belirli bir uygulama için en uygun maliyetli depolama teknolojisinin seçilmesi, kapsamlı bir ömür süresi maliyet değerlendirmesi ile işletme profilinin kapsamlı bir analizini gerektirir. Bir depolama teknolojisinin parametrelerini amaçlanan uygulamanın parametreleriyle uyumlu hale getirerek, yalnızca ESS'den enerji üretimi için toplam işletim maliyeti değil, aynı zamanda kurulu kilovat güç başına düşen ilgili maliyetler de doğru bir şekilde belirlenebilmektedir. Bu parametreleri, özellikle de belirli uygulama gereksinimlerine göre düzenlerken dikkatle seçmek çok önemlidir. Çünkü birçok depolama teknolojisi, karşılayacakları belirli ihtiyaçlarla tam olarak uyumlu hale getirildiklerinde daha da optimize edilebilir. Görsel 3'teki faktörler, söz konusu depolama teknolojilerinin değerlendirilmesi ve karşılaştırılması için bir genel çerçeve sunmaktadır [8].



Görsel 3 Enerji depolama sistemlerinin fizibilitesinde dikkat edilecek faktörler

3. GÜÇ SİSTEMLERİNDE GÜVENİLİRLİK

Enerji sistemlerinin gelişimi incelendiğinde küresel ölçekte özellikle son yirmi yılda tanık olunan dönüşümün merkezinde, güç sistemlerinde *güvenilirlik* ve *esneklik* konuları ön plana çıkmaktadır. Bu dönüşüm sürecinde, modern güç sistemlerinin sadece esneklikten daha fazlasını talep ettiği çok açık bir şekilde görülmektedir; özellikle dış baskılara dayanmak için sistemin güvenilirliğine ve şebekedeki bozulmaları yönetebilmek için temelden gelen bir esnekliğe ihtiyacı vardır.

Enerji iletim sistemini bir bütün olarak düşünerek güvenilirlik ve esneklik konusunda kararlı bir politika izlemek, RES'lerin sisteme entegrasyonunda çok büyük önem arz etmektedir. Bu bağlamda güvenilir enerji üretimi, konvansiyonel kaynaklardan RES'lere geçişte enerji akışının büyük ölçüde kesintisiz olmasını sağlayacak bir elektrik üretim ortamının garanti edilmesi anlamına gelecektir. Ancak, burada önemli olan bir husus enerji arz güvenliği onu taşıyan sistemlerin güvenilir olması ile yakından ilişkilidir; dolayısıyla bu geçiş sürecine iletim ve dağıtım sistemlerinin de uyarlanması gerekmektedir. Dış şoklardan kaynaklanan kırılmalıkları en aza indirecek ve üretilen enerjinin tüketicilere büyük kayıplar veya teknik problemler olmadan ulaştırılmasını garanti edecek şekilde iletim ve dağıtım sistemlerinin donatılmaları gerekir [9].

Modern elektrik şebekeleri, birbiriyle ilişkili çeşitli faktörler nedeniyle çok sayıda güvenilirlik sorunuyla karşı karşıyadır, genel hatlarıyla ele alınacak olursa [23]:

Şebeke Kısıtlılığı: Çevresel sürdürülebilirlik hedeflerinin etkisiyle giderek artan dağıtık enerji kaynakları, belirsizlik ve değişkenlik şebekedeki güç akışının tasarım tahminlerinden anlık olarak sapmasına yol açmaktadır.

Geniş Çaplı Enerji Transferleri: Artan uzun mesafeli ve büyük ölçekli enerji transferleri değişkenliği artırmakta ve güvenilirlik sınırlarını daraltmaktadır; ayrıca piyasa dinamikleri de karmaşıklığı artırmaktadır.

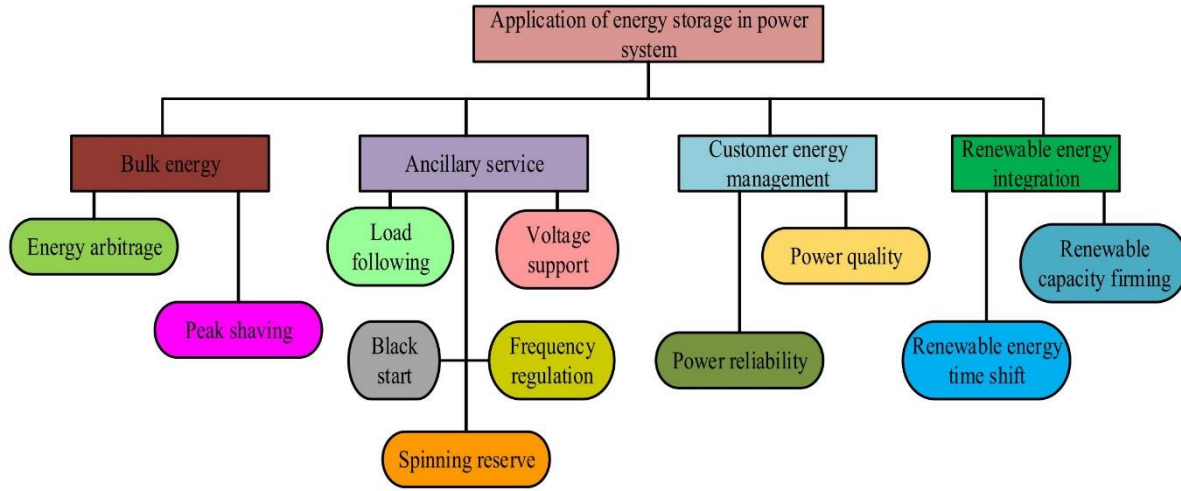
Şebeke Sınır İşlemleri: Şebekenin birçok bölgesi aşağıdakiler nedeniyle limitlerine yakın çalışmaktadır:

- Sınırlı yatırım, iletim ve dağıtım hattı kısıtlamaları.

- Artan enerji tüketimi ve talep pikleri.
- Eskiye altyapı sorunları.
- Mevcut altyapı optimizasyonunu zorlayan gelişmiş araçlar.
- Minimum hata toleransı ile daha hızlı karar verme gerektiren daha büyük faaliyet alanlarına yol açan entegrasyon.

Dağıtık Enerji Kaynakları Dalgalanması: Merkezi olmayan enerji kaynaklarındaki artış, iletim ve dağıtım ayrımlarını belirsizleştirerek şebeke karmaşıklığını da artırmaktadır.

Görsel 4'te ESS'nin güç sistemlerindeki yukarıda bahsedilen problemlerin çözümünde kullanılan farklı uygulamaları literatürdeki isimleriyle verilmiştir [7].



Görsel 4 Enerji depolama sistemlerinin güç sistemlerindeki farklı uygulamaları

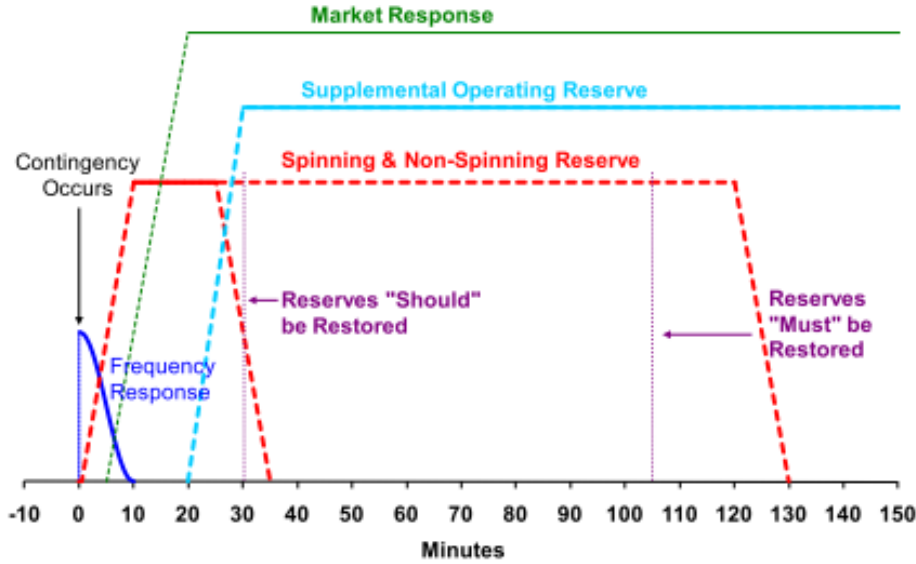
Ayrıca yukarıda ele alınan problemlerin yanında dijitalleşmenin ve birbirine bağlılığın arttığı modern çağ, talep tarafı sistemlerinin hem uyarlanabilir hem de esnek olmasını gerektirmektedir. Bu sistemlerin arzdaki gerçek zamanlı değişikliklere yanıt vermeye hazır olması gerekir; bu özellik yalnızca enerji verimliliğini desteklemekle kalmayıp, aynı zamanda şebekenin dengesini ve istikrarını korumak için de çok önemlidir. Son olarak, günümüzde enerjiye bütüncül bir bakış, ulaşım, ısıtma ve sanayi gibi diğer sektörlerle kesişimlerini kabul etmelidir. Sektörler arası entegrasyonun benimsenmesi enerji sistemlerinin genel dayanıklılığını artırmada önemli bir yere sahip olabilir ve öngörülemeyen zorluklara karşı ciddi avantajlar sağlayabilir.

4. YEDEK REZERV

4.1.Yedek Rezerv Tanımı

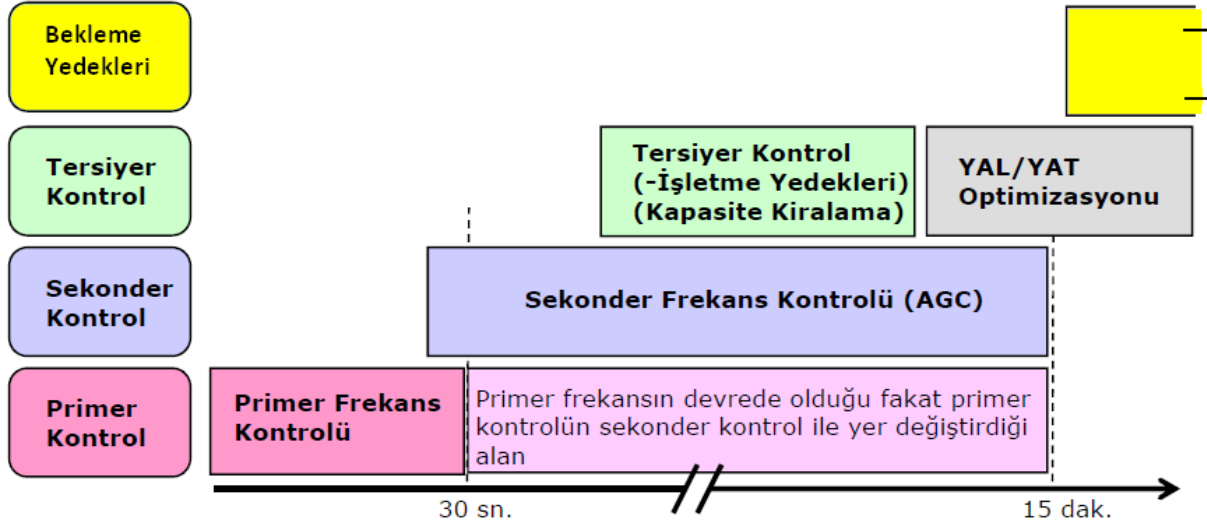
Güç sistemleri, doğası gereği dinamik ve karmaşık bir yapıya sahiptir; ancak tüm bu karmaşıklığa rağmen güç sistemlerinde talep ve arz dengesi sürekli olarak gözetilmektedir. Yedek rezerv (Spinning Reserve- SR), bu dengeyi sağlamak için güç sistem işletmecilerinin başvurduğu kritik bir unsurdur. Özellikle değişkenlik ve belirsizlik, enerji talebindeki öngörülemeyen dalgalanmalar ya da üretim birimlerindeki beklenmedik durumlar arttığında SR daha da önem kazanır. Elektrik talebinin tam olarak tahmin edilememesi, üretim birimlerinin çıkışlarında yaşanan anlık değişiklikler ve potansiyel ekipman arızaları, sürekli ve dengeli bir

enerji arzının sağlanabilmesi için SR'nin önemini ortaya koymaktadır. Bu yüzden, güç sistem işletmecileri, sistem stabilitesini ve frekans dengesini korumak adına farklı stratejiler kullanarak ve sistem dinamiklerini göz önünde bulundurarak farklı miktarlarda rezerv bulundururlar. Belirli tanımlara ve kurallara göre farklılık gösteren ve aynı zamanda her güç sistemi için özelleştirilmiş olarak yönetilen SR, enerji sektöründe istikrarın sürdürülmesi için vazgeçilmez bir rol oynamaktadır [10], [11].



Görsel 5 Güç sisteminin frekans tepkisini ve yedek rezerv

Görsel 5, güç sistemlerinin frekans tepkisini ve SR ihtiyaçlarını göstermektedir. $t=0$ anında beklenmedik bir olay gerçekleştiği görülmektedir; bu, beklenmedik bir enerji talebi veya enerji üretiminde yaşanan kesinti gibi bir olay olabilir. Bunun hemen sonrasında, sistem frekansında hızlı bir düşüş veya artış gösteren bir frekans tepkisi görülmektedir. Üretim birimleri, sistem frekansını stabilize etmek için otomatik olarak harekete geçer. Frekans tepkisi sonrasında, enerji sistemi spinning (çalışan, aktif) ve non-spinning (bekleme modunda olan) rezervleri kullanarak arz ve talep dengesini geri kazanmaya çalışır. Bu rezervler, hızlı bir tepki süresine sahip olup, sistemin karşılaştığı beklenmedik olayı telafi eder. 30. dakika, ideal olarak rezervlerin yeniden tam kapasiteye getirilmesi gerektiği zaman dilimini belirtir. Spinning ve non-spinning rezervlerin yanı sıra, ekstra işletme rezervleri de beklenmedik olayın karakteristiğine göre olay sonrası enerji dengesini sağlamak için kullanılabilir. 100. ve 110. dakikalar arasında, rezervlerin zorunlu olarak tam kapasiteye getirilmesi gerektiği belirtilmiştir. Son olarak piyasa tepkisi, enerji tedarikçilerinin ve talep tarafının, enerji fiyatlarında ve rezerv miktarlarında meydana gelen değişikliklere yanıt olarak kendi stratejilerini ve operasyonlarını nasıl ayarladığını gösterir.



Görsel 6 Primer, sekonder ve tersiyer frekans kontrolleri

Görsel 6, güç sistemi kontrol rezervlerinin daha iyi anlaşılması açısından şebekedeki çeşitli kontrol seviyelerini ve bunlarla ilişkili kapasiteleri göstermektedir;

Primer Kontrol: Sistemin frekansı (nominal 50 Hz) 20 mHz saptığında devreye girer ve 30 saniye içinde tam olarak işletmeye hazır hale gelmesi gereklidir. Primer kontrolün amacı sistemde olağan dışı bir durum meydana geldiğinde sistem frekansını sınırlamaktır.

Sekonder Kontrol: Hızlı devreye girebilen ve otomatik kontrol ünitelerinden (AGC) oluşmaktadır. Herhangi bir acil durum olayından 30 saniye sonra devreye girer ve 15 dakika içinde tam olarak hazır olması gerekir.

Tersiyer Kontrol: Daha yavaş cevap verir. Primer ve sekonder kontrol ünitelerinin geri rezerv durumuna geçmesinde kullanılır.

Aslında sekonder ve tersiyer rezerv birlikte SR'yi oluşturmaktadır. Görsel 2, farklı kontrol rezervlerinin güç sistemlerinde nasıl çalıştığına dair genel bir bakış sunmaktadır [12].

4.2. Enerji Depolama Sistemleri ile Yedek Rezerv Yönetimi

Yenilenebilir enerji santrallerinin sisteme frekans desteği sağlamaları için uygun olan enerji depolama teknolojileri arasında volanlar (flywheels), süper iletken manyetik enerji depolama sistemleri (Superconducting Magnetic Energy Storage- SMES), bataryalar, akış bataryaları veya pilleri (flow batteries or redox flow batteries), hibrid enerji depolama sistemleri (Hybrid Energy Storage Systems- HESS), sıkıştırılmış hava enerji depolama sistemleri (Compressed Air Energy Storage- CAES) ve pompaj depolamalı hidroelektrik santralleri (Pumped Hydro Storage- PHS) bulunmaktadır. Bataryalar ve akış bataryaları, rüzgar enerjisi santrallerinde SR kapasitesi sağlamaları ile alakalı literatürde çok sayıda çalışma bulunmaktadır. SR sağlanması, özellikle izole sistemlerde kritik bir rol oynamaktadır [13].

Genel elektrik şebekesine entegre olmayan izole adalar için RES'lere dayalı yeni bir bağımsız hibrit güç sistemi önerilmektedir. Bu sistem, rüzgar türbini jeneratörleri, dizel jeneratörler ve yakıt hücrelerinin entegrasyonunu içermektedir. Elektrolizör, rüzgar türbinlerinden elde edilen dalgalı güç çıkışlarını sönümleyerek hidrojen üretmektedir. Üretilen hidrojen, depolanmakta ve sonrasında yakıt hücreleri için yakıt olarak kullanılmaktadır. Rüzgar türbinleri, dizel

jeneratörler ve yakıt hücrelerinden sağlanan toplam güç, adanın enerji ihtiyacını karşılamaktadır. Böylelikle batarya ihtiyacı minimize edilerek sistemin verimliliği artmaktadır. Ayrıca, önerilen sistemde rüzgar gücü değişkenliğine rağmen sürekli güç sağlama kapasitesine sahip bir tür SR sunulmaktadır [14].

Literatürde önceki yıllarda yer alan birçok çalışmada, kısıtlı ve izole edilmiş enerji sistemlerinde, Batarya Enerji Depolama Sistemlerinin (BESS) nominal gücünün şebeke frekansı üzerinde belirgin bir düzenleyici etkiye sahip olduğu ortaya konulmuştur. Bu durum, BESS'lerin çıkışının girişte ölçülen şebeke frekansı ile dinamik bir etkileşim içerisine girdiği kapalı döngü bir sistem yapılandırmasını ifade eder; yani BESS'lerin nominal gücünün optimizasyon algoritmalarındaki kritik bir parametreye dönüştüğü ve konvansiyonel enerji sistemlerinde SR'nin işleviyle benzerlik taşımaktadır. Bu tür kompakt altyapıların özelliklerini daha uygun bir şekilde yansıtmak amacıyla optimizasyon metodolojilerinin nasıl rafine edilebileceğine dair yönlendirmeler sunmakta, sürekli enerji tedarikini garanti altına almayı ve genel sistem istikrarını güçlendirmeyi amaçlamaktadır [14]–[17].

Yukarıda özetlenen çalışmalar daha küçük boyutlu ve izole sistemler için geliştirilen metotları ele almaktadır. Özellikle enerji sektöründe bu konudaki gelişmeleri takip etmek adına son üç yılda yapılan çalışmalarda aşağıdaki problemler ele alınmıştır:

ESS, hem enerji piyasalarına hem de rezerv piyasalarına katılmak suretiyle RES ve konvansiyonel jeneratörlerin karlılığının artırılmasında rol oynamaktadır; aynı zamanda güç sisteminin işletme maliyetlerini ve emisyonları üzerinde azaltıcı bir etkiye sahiptirler [18].

Frekans kontrolü, rampa desteği ve gerilim kontrolü gibi yan hizmetlerin sağlanmasında ESS'nin önemli bir katkısı vardır, bu durum RES'lerin entegrasyonunun geliştirilmesinde kritiktir. Ayrıca, ESS'nin RES değişkenliği ve belirsizliğinin, güç sistemi operasyonu ve istikrarı üzerindeki olumsuz etkilerinin azaltılmasında önemli bir rolü vardır [19].

Beklenmedik durumlarda, üretim kaybı ya da yük atma gibi olumsuz senaryolar karşısında ESS, SR sağlama kapasitesiyle güç sisteminin esnekliğini artırma potansiyeline sahiptir. ESS'nin optimal boyutlandırılması ve konumlandırılmasının, ESS teknolojisi, piyasa yapısı, RES entegrasyonu, yük profili, şebeke topolojisi ve iletim kısıtlamaları gibi bir dizi faktöre bağlı olduğu yapılan çalışmalarda sıklıkla ele alınan konular arasındadır [20]–[22].

5. GENEL DEĞERLENDİRME VE SONUÇLAR

Güç sistemlerinin daha dayanıklı, güvenilir ve NZE senaryosu göz önünde bulundurularak en azından 2050 yılına kadar yaşanması muhtemel büyük değişiklikleri karşılayabilecek şekilde verimli ve temiz enerji sağlayabilen bir şebeke haline gelmesi için iyileştirilmesi gerekmektedir. ESS, enerji endüstrisinin işleyiş şeklini önemli ölçüde değiştirecek potansiyele sahiptir. En gelişmiş teknolojileri bünyesinde barındıran ve gelecekte muhtemelen hem kendisi 'akıllacak' hem de diğer akıllı sistemlerin can damarı olacak modern şebeke tasarımlarının uygulanmasında ESS çok daha kritik öneme sahip olacaktır.

ESS'deki maliyetlerin azalması ve enerji sistemlerine entegrasyonları şebekedeki tıkanıklıkları azaltabilir, sera gazı emisyonlarını hafifletebilir, RES'lerin uygulamasındaki problemleri büyük

ölçüde çözebilir, verimliliği artırabilir ve şebekede gerekli SR kapasitesini sağlamak için çok daha ileri yaklaşımlar sunabilir.

Enerji sistemlerinde enerji depolamanın avantajları, üretim, iletim, dağıtım ve son kullanıcıların bugünkü bilinen limitlerini aştığı için değerlendirilmesi karmaşıktır. Bu nedenle, enerji depolamanın maliyetlerinin ve kârının nasıl dağıtılacağı henüz net değildir. ESS'nin elektrik şebekesinin aktif bir parçası olmasından önce aşılması gereken birçok sorun olmasına rağmen, bunların birçoğu ESS uygulamasına yatırımı engelleyen mevcut eski teknoloji elektrik altyapı standartları, mevzuat ve piyasa tasarımlarıyla ilişkilidir. Ayrıca, ESS kurulum maliyetleri hala nispeten yüksektir. Teknolojik gelişmeler ve şebekenin depolamaya ihtiyaç arttıkça ölçek ekonomisi ile ESS'nin mevcut uygulamalarının karlılığında artış olacak ve daha fazla servis ve uygulama için yeni fırsatlar ortaya çıkacaktır. Piyasada ve geliştirme aşamasında çok farklı teknik özelliklere sahip ESS bulunmaktadır. ESS'deki tüm alternatif teknolojilerin artılarını ve eksilerini bilerek, şebekede yaşanan problemler özelinde çözümler sunarak maksimum fayda elde edilebilir.

KAYNAKÇA

- [1] A. Ajder, Yenilenebilir Enerjinin Küresel Enerji Dönüşümündeki Rolü, in *TEKNOBİLİM-2022 Enerji Krizi ve Yenilenebilir Enerji-II*, İstanbul: Efe Akademi, 29–46, 2022.
- [2] IEA, Net zero by 2050: a roadmap for the global energy sector - A special report by the International Energy Agency | UNFCCC, 2021. Accessed: Oct. 30, 2023. [Online]. Available: <https://unfccc.int/documents/>
- [3] O. Hoegh-Guldberg, D. Jacob, and M. Taylor, Impacts of 1.5°C of Global Warming on Natural and Human Systems, 2018.
- [4] Pumped storage hydropower storage capability by countries, 2020-2026 – Charts – Data & Statistics - IEA. Accessed: Oct. 30, 2023. [Online]. Available: <https://www.iea.org/data-and-statistics/charts/pumped-storage-hydropower-storage-capability-by-countries-2020-2026>
- [5] W. Tong *et al.*, Solid gravity energy storage: A review, *J Energy Storage*, vol. 53, Sep. 2022.
- [6] S. S. Refaat, O. Ellabban, S. Bayhan, H. Abu-Rub, F. Blaabjerg, and M. M. Begovic, Smart grid and enabling technologies, *Smart Grid and Enabling Technologies*, 1–512, Jul. 2021.
- [7] M. Faisal, M. A. Hannan, P. J. Ker, A. Hussain, M. Bin Mansor, and F. Blaabjerg, Review of energy storage system technologies in microgrid applications: Issues and challenges, *IEEE Access*, vol. 6. Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc., 35143–35164, May 26, 2018.
- [8] D. U. Sauer, G. Fuchs, and M. Leuthold, Technology Overview on Electricity Storage- Overview on the potential and on the deployment perspectives of electricity storage technologies, Technical Report, Smart Energy for Europe Platform GmbH (SEFEP), 2012.
- [9] A. Ajder, Investigation of Electric Power Systems Flexibility Improvements, in *1st International Conference on Scientific and Academic Research, ICSAR 2022*, Konya, Dec. 2022.
- [10] A. Ajder, Yenilenebilir Enerji Kaynaklarına Dayalı Üretim Tesislerini İçeren Güç Sistemlerinde Optimum Yedek Rezerv Miktarının Belirlenmesi, Doktora Tezi, Fen Bilimleri, İstanbul, 2017.

- [11] A. Ajder, H. Akdermir, and M. Tanriöven, Impact of Renewable Energy Systems on Spinning Reserves, in *The 2nd International Conference on Engineering and Natural Sciences*, Sarajevo, 2016.
- [12] TEİİAŞ. Accessed: Oct. 30, 2023. [Online]. Available: <https://www.teias.gov.tr/>
- [13] F. Díaz-González, A. Sumper, O. Gomis-Bellmunt, and R. Villafáfila-Robles, A review of energy storage technologies for wind power applications,” *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 16, no. 4., 2154–2171, May 2012.
- [14] P. Mercier, R. Cherkaoui, and A. Oudalov, Optimizing a battery energy storage system for frequency control application in an isolated power system, *IEEE Transactions on Power Systems*, vol. 24, no. 3, 1469–1477, 2009.
- [15] S. Bahramirad, W. Reder, and A. Khodaei, Reliability-constrained optimal sizing of energy storage system in a microgrid, *IEEE Trans Smart Grid*, vol. 3, no. 4, 2056–2062, 2012.
- [16] Y. Li, Z. Yang, G. Li, D. Zhao, and W. Tian, Optimal Scheduling of an Isolated Microgrid with Battery Storage Considering Load and Renewable Generation Uncertainties, *IEEE Transactions on Industrial Electronics*, vol. 66, no. 2, 1565–1575, Feb. 2019.
- [17] T. Senjyu, T. Nakaji, K. Uezato, and T. Funabashi, A hybrid power system using alternative energy facilities in isolated island, *IEEE Transactions on Energy Conversion*, vol. 20, no. 2, 406–414, Jun. 2005.
- [18] N. Padmanabhan, M. Ahmed, and K. Bhattacharya, Battery Energy Storage Systems in Energy and Reserve Markets, *IEEE Transactions on Power Systems*, vol. 35, no. 1, 215–226, Jan. 2020.
- [19] A. Zhou, R. Yan, and T. K. Saha, Capacity and Control Strategy Design of Isolated Micro-Grid with High Renewable Penetration, *IEEE Trans Sustain Energy*, vol. 11, no. 3, 1173–1184, Jul. 2020.
- [20] R. Mishan, M. Egan, M. Ben-Idris, and H. Livani, Co-optimization of Operational Unit Commitment and Reserve Power Scheduling for Modern Grid, *Conference Record - IAS Annual Meeting (IEEE Industry Applications Society)*, vol. 2022-October, 2022.
- [21] R. Hemmati, H. Mehrjerdi, M. Shafie-Khah, P. Siano, and J. P. S. Catalao, Managing multitype capacity resources for frequency regulation in unit commitment integrated with large wind ramping,” *IEEE Trans Sustain Energy*, vol. 12, no. 1, 705–714, Jan. 2021.
- [22] M. Vahedipour-Dahraie, H. Rashidizadeh-Kermani, M. Shafie-Khah, and J. P. S. Catalão, Risk-Averse Optimal Energy and Reserve Scheduling for Virtual Power Plants Incorporating Demand Response Programs, *IEEE Trans Smart Grid*, vol. 12, no. 2, 1405–1415, Mar. 2021.
- [23] K. Moslehi and R. Kumar, “A reliability perspective of the smart grid,” *IEEE Trans Smart Grid*, vol. 1, no. 1, 57–64, 2010.

RECOVERY OF LOW SULFUR DIESEL-LIKE FUEL FROM WASTE TIRE OILS BY PYROLYTIC DISTILLATION AND SULFURIZATION PROCESS

PhD Student Abdulkrim YILDIZ¹

Department of Mechanical Engineering, Institute of Graduate Studies, Batman University, 72060, Batman, Turkey. ORCID ID: 0000-0002-6511-5189

Assoc. Prof. Selman AYDIN

Department of Mechanical and Metal Technology, Vocational High School of Technical Sciences, Batman University, 72060, Batman, Turkey. ORCID ID: 0000-0001-9685-9853

Abstract

The objective of this research is to create diesel-like fuel from waste tire oil by pyrolytic distillation that is harmful to the environment and human health, as well as to desulfurize these fuels. In this line, low sulfur diesel-like fuel was created in a pyrolysis reactor using the pyrolysis process from waste tire oil. It was observed that the waste tire liquids obtained from pyrolysis contain a high sulphur content at high temperature. A two-stage desulfurization technique was used to reduce the sulphur. In the first stage of the basic desulfurization process, 10% perlite, 10% CaO, and 10% zeolite catalysts were implemented to the waste tire liquid, respectively. As a result of this application, the sulfur content of diesel-like tire fuel (DLTF) was reduced by 25.3% with a 10% volumetric perlite application. The second stage of acidic desulfurization was implemented following the basic desulfurization procedure. Consequently, although the basic method lowered the sulfur content in the DLTF liquids, the acidic solution raised it.

Keywords: Pyrolytic distillation, Basic desulfurization, Acidic desulfurization, Diesel fuel, Diesel-like mineral fuel

Abbreviations

| | |
|-------|--------------------------------------|
| DLTF | : Diesel-like tire fuel |
| GLTF | : Gasoline-like tire fuel |
| DLF | : Diesel-Like Fuel |
| DLDTF | : Diesel-like desulfurized tire fuel |
| DF | : Diesel fuel |

¹ Corresponding and presenting author at: *Department of Mechanical Engineering, Institute of Graduate Studies, Batman University, 72100, Batman, Turkey.*

ASTM : American Society for Testing and Materials

1. Introduction

The search for alternative energy sources has continued in order to develop applications that emit less pollution, last longer, are more efficient, are environmentally friendly, and are more cost-effective (Aydın, 2023; Aydın and Sayın, 2014). There are various waste fuel sources such as waste oils trees, plastics, tires, etc. known as alternative fuel sources. However, these wastes can be used as vehicle fuel, and when used as fuel in production facilities, they are hazardous to human health and the environment due to pollutant emissions such as SO₂, CO, CO₂, HC and NO_x. (Arpa, et al. 2010; Karagöz, et al. 2020; Aydın, 2020). Tire, plastic, and packaging waste should be disposed of because they are hazardous to the environment and human health. These wastes must be converted into liquid or gas phases before they can be used as an alternative fuel in diesel engines. This process is carried out using the pyrolysis method, and as a result, it is converted into an oily product known as pyrolytic. In order for the liquids produced by pyrolysis method to be used in diesel engines, they must be subjected to sulfurization process.

The desulfurization of natural resources has become necessary due to strict environmental laws regarding the sulfur content of crude oil and refined goods (Fetus, et al 2023). Several studies have been carried out in the production of tire pyrolysis oil from waste automobile tires by various techniques (Roy, et al. 1990; Onay 2007). Within the scope of this study waste tires which enter into the lapping state within the scope of this study, have been converted into DLTF by pyrolysis method to be used in diesel engines in order to recover energy. Tire pyrolysis oil, which was derived from waste automobile tires, was analyzed and compared with the petroleum products. It was found that such tire pyrolysis may be used in ignition engines as a fuel (Murugan and Ramaswamy 2009). However, the DLTF has higher sulfur content (Murugan, et al. 2008).

It has been recognized that pyrolysis is the most effective and cheapest method of waste utilization (Lam, et al. 2012; Paraschiv, et al. 2015). Pyrolysis is the most practical way to obtain low molecular components in an oxygen-free environment. The low cost, easy processability and high production efficiency increase the value of this method (Chen, et al. 2014; Paraschiv, et al., 2015). Pyrolysis is described as the thermal decomposition of hydrogen and carbon compounds in an oxygen-free environment (Lam, et al. 2019). Pyrolysis and catalytic pyrolysis are two efficient chemical recycling methods (Zhou, et al. 2021). Pyrolysis

means placing raw materials in a pyrolysis reactor and heating them directly in the atmosphere in an oxygen-free environment (Yan, et al. 2015). While temperature values of 450 °C and above are preferred in obtaining solid products, lower temperature values are preferred in obtaining liquid products. The catalyst makes a significant contribution to obtaining pure products, especially by adsorbing the unwanted sulphur in the liquid product into its porous structure (Aydın and İlkılıç, 2012).

In this study, pyrolytic liquid was produced in a pyrolysis reactor from waste plastics, tires, and packaging waste. Then, because this liquid has a high sulfur content according to the EN 590 standard, basic and acidic sulfurization methods were used. The basic method of sulfurization had been effectively carried out with these kinds of applications.

2. Material and Method

In this section, the method and materials used in an experimental study to convert the oils obtained from waste mineral oils and waste plastics into diesel and similar fuels are described. Figure 1 demonstrates the connection line diagram and schematic of the pyrolysis reactor's electrically controlled system.

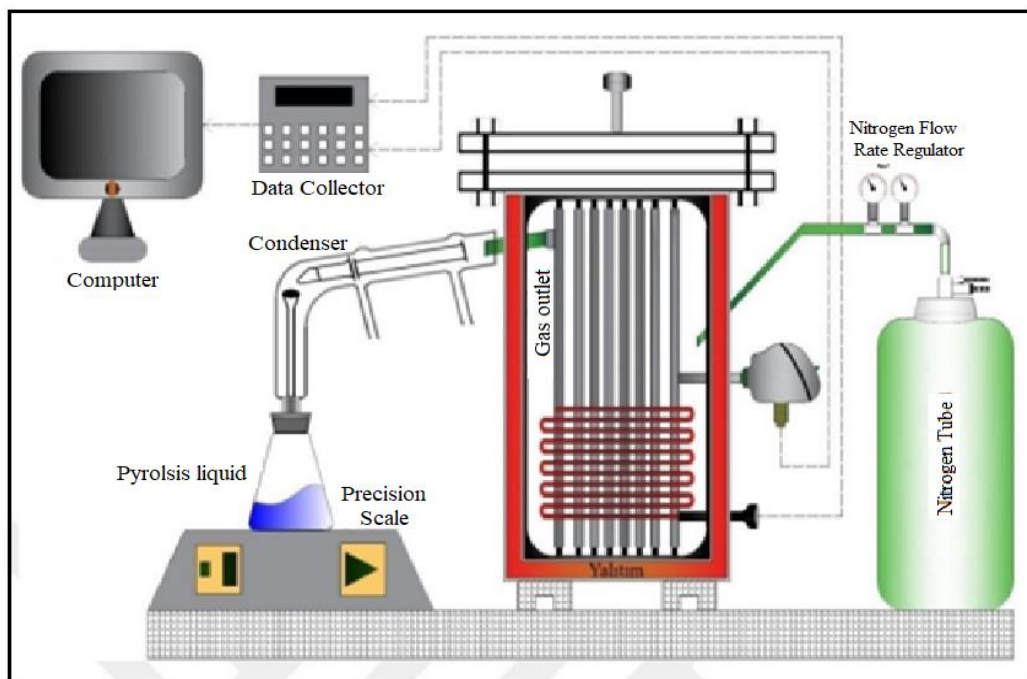


Figure 1. Schematic of the fuel production process

The pyrolysis reaction setup produced products by gradually increasing the temperature and processing for an average of 20 minutes at each temperature step. In the pyrolysis phase, the products obtained between 80-180 °C were classified as Category 1 (Gasoline and similar fuel), products obtained between 180-300 °C were classified as Category 2 (Diesel and similar fuel), products obtained between 300-375 °C were classified as Category 3 (Heavy fractionated oils) and Category 4 as solid products. It was found that the same amount of product was obtained in repeated fuel production processes and these products were obtained from 1 litre of oil as a reference.

3. Results and discussion

3.1. Fuel Production from Waste Tires

The products obtained at gradual temperature increases applied to 1 lt of waste vehicle tire oil placed in the pyrolysis chamber were evaluated in four different categories and are shown in Figure 2. The temperature was gradually increased by 20 °C, and in order to obtain product 20 minutes of time allowed for each degree.

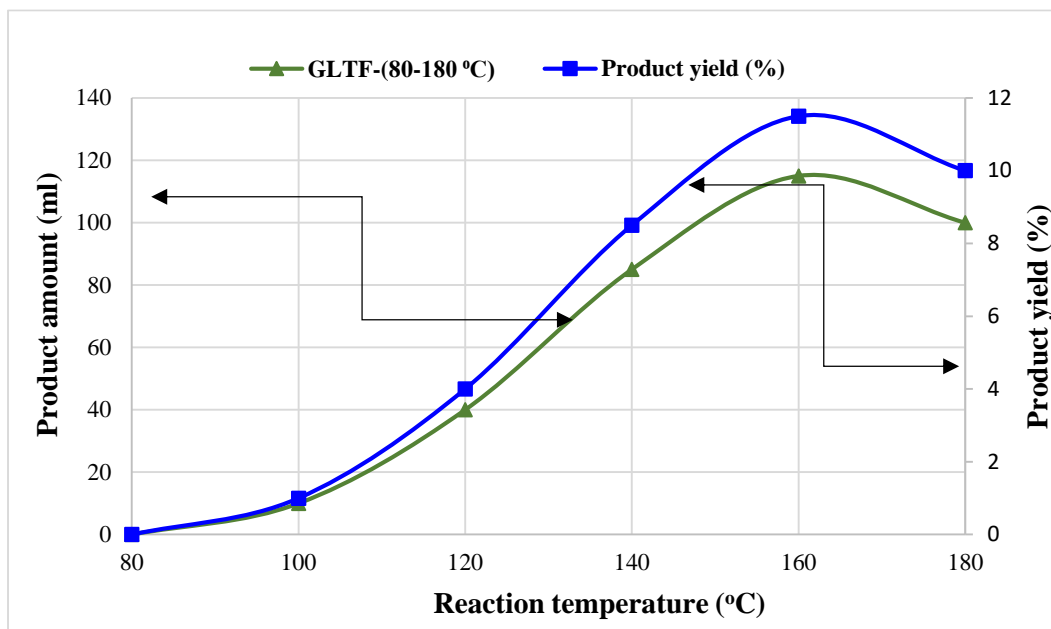


Figure 2. Effect of temperature on the amount of product (ml) in GLMF production and product yield

Figure 2 show that the amount of products obtained from waste tire oil in the 1st category (80-180 °C). According to this, no product was obtained at 80 °C, when the product yield was examined between 100-180 °C by looking at the temperature increase, it was determined that the maximum product yield was 115ml at 160 °C. The product amount of gasoline and similar fuel obtained in these two temperature ranges (80-180 °C) constitutes 35% of the total 1 liter product.

The Figure 3 show that the amount of products obtained from waste tire oil in the 2nd category (200-300°C). When looking at the products obtained depending on the temperature increase, it was determined that the highest product yield was 150 ml at 240 °C. It was determined that the average amount constituted 53.5% of the total 1 liter product. In addition, gradual temperature increase was continued in Category 3. Between 325-380°C 80 gr of heavy fractionated oil and pitch was obtained, between 380-400 °C 20 gr of solid product was obtained.

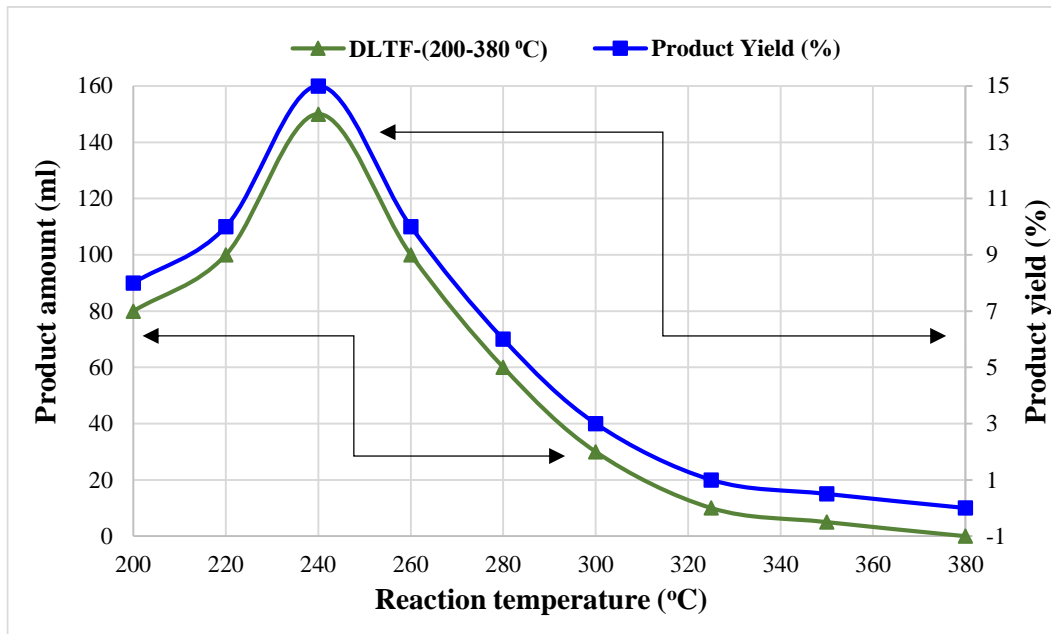


Figure 3. Effect of temperature on the amount of product (ml) in DLTF production and product yield

3.2. Desulfurization Processes in DLTF Samples

To reduce the sulphur content of the samples of diesel-like tire fuels obtained through the pyrolysis process, various additives were used. The operation in question was performed on the DLTF sample. The value of 0.901% was attempted to be decreased for the DLTF sample.

Within the scope of this study, it was determined that the pyrolysis process and additives used at a rate of 10% in the literature studies performed on the fuel samples by mass were the most appropriate reductions.

In this research, calcium oxide (CaO-limestone), zeolite and perlite catalysts were added to the fuel at 10% by mass in a 500 ml fuel sample and then each of them was subjected to different pyrolysis reactions to reduce the sulfur content of the DLTF sample. Figure 4 shows that after the completion of the basic desulphurization reaction, the sulfur analysis performed on the DLTF samples showed that 25.3% sulfur reduction was achieved for perlite, 0.9% for zeolite and 8.5% for calcium oxide (CaO). Among the three additives, 10% perlite application was found to have the best desulphurization rate in the first stage of pyrolysis reactions with basic catalyst. Consistent with these results, 10% Perlite was applied to all diesel-like tyre fuels and a 25.3% reduction in sulphur content was achieved. Comparable findings have been reported in several different literature reviews (Arpa, et al. 2010, Uyar and Aydın 2022).

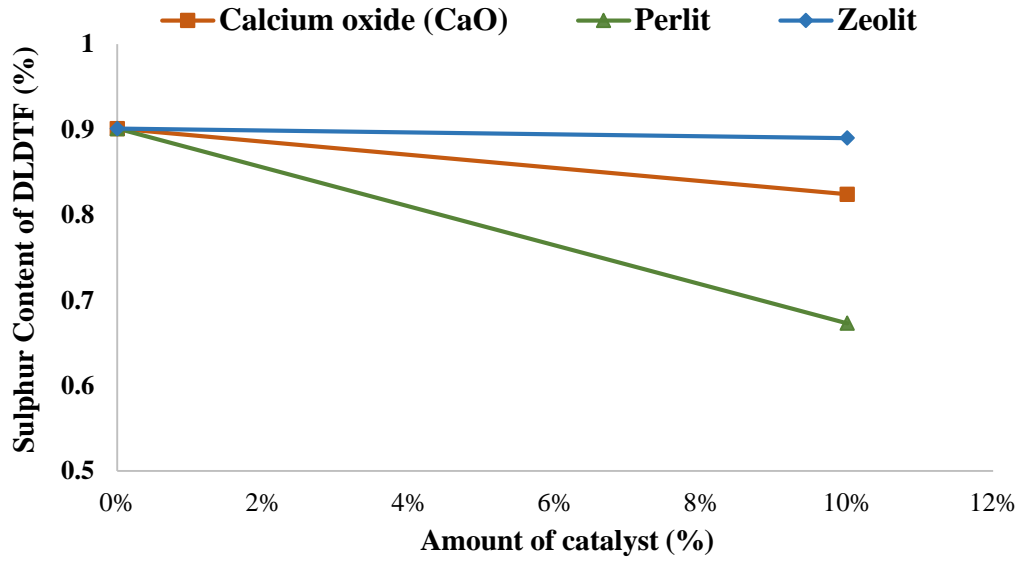


Figure 4. Effect of the amount of additive used on desulfurization for DLTF

In the desulfurization process with the base catalyst 1/4 of the sulphur was eliminated in DLTF. In order to eliminate these negative results, the second stage of the desulfurization process, acidic desulfurization reactions, was carried out. In the literature studies, various acids used and the contents of these acids were investigated. The amount of catalysts applied to 100 g DLTF fuels separately applied to DLTF fuels whose pure and solution catalysts were prepared and were applied as 5-7.5-10 g. The results of the analyses are shown in Figure 5.

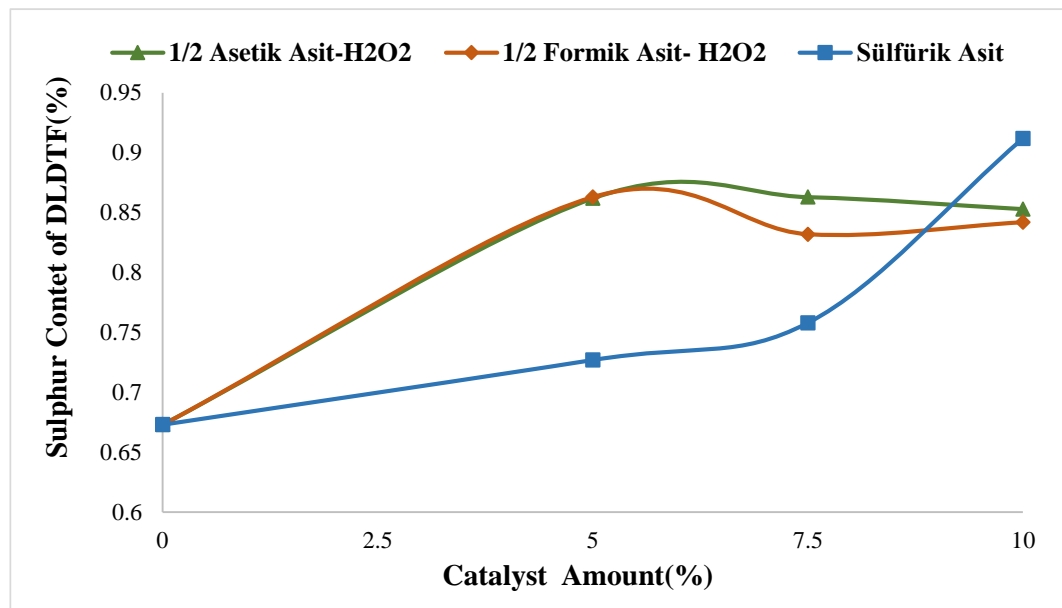


Figure 5. DLTF effect of the amount of acidic additive

Analyzing Figure 5 reveals that the level of acidic catalyst in DLTF fuels causes an increase in the sulfur content of all pure and solution solutions. Sulfuric acid (10 g) had the largest increase rate of diesel-like desulfurized tire fuel (DLDTF) at 35.5%, while 1/2 Formic Acid - H₂O₂ (7.5 g) had the lowest increase rate at 23.6%.

4. Conclusion

In this research, waste plastics, tires, and packaging materials were used to create DLTF in a pyrolysis reactor. Following that, basic and acidic sulfurization techniques were applied due to this liquid, as per the EN 590 standard, has an excessive sulfur concentration. For these applications, the basic approach to sulfurization worked well. Several results were obtained from the investigation.

- It was determined that the application of the acidic desulfurization process to DLTF did not change the sulfur content, and this resulted in an increase in the other direction.
- Zeolite, perlite, and calcium oxide were used as catalysts in the reactions. 10% perlite was found to reduce the sulfur rate by 25.3% in the basic desulfurization process in DLTF; however, in the acidic desulfurization process applied to this fuel, which was reduced with perlite, this rate did not decrease but rather increased in the opposite direction..
- It is thought that the acid utilized in the acid desulfurization procedure interacts with the hydrocarbon components in rubber fuels and DLTF, raising the sulfur content of these fuels.
- In acidic desulfurization, DLTF has high heating values, which are thought to be caused by long-chain hydrocarbon bonds' incapacity to eliminate sulfur.

Acknowledgements

The data in this research are part of the results of the PhD thesis project by Batman University Institute of Graduate Studies with Thesis Number of 10393001. The research was performed at the Engine Research Laboratory, University of Batman, Batman, Turkey.

Reference

- Arpa, O., Yumrutas, R., & Alma, M. H. (2010). Effects of turpentine and gasoline-like fuel obtained from waste lubrication oil on engine performance and exhaust emission. *Energy*, 35(9), 3603-3613.
- Arpa, O., Yumrutaş, R., & Kaşka, Ö. (2013). Desulfurization of diesel-like fuel produced from waste lubrication oil and its utilization on engine performance and exhaust emission. *Applied thermal engineering*, 58(1-2), 374-381.
- Aydın H, İlkılıç C. (2012). Optimization of fuel production from waste vehicle tires by pyrolysis and resembling to diesel fuel by various desulfurization methods. *Fuel*;102:605-612.
- Aydın, A., Kayri, İ., & Aydın, H. (2023) Electrical and thermal performance enhancement of a photovoltaic thermal hybrid system with a novel inner plate-finned collective cooling with different nanofluids, *International Journal of Green Energy*, DOI: 10.1080/15435075.2023.2201345.
- Aydın, S. (2020) Detailed evaluation of combustion, performance and emissions of ethyl proxitol and methyl proxitol-safflower biodiesel blends in a power generator diesel engine, *Fuel*, 270, 117492.
- Aydın, S., Sayın, C. (2014) Impact of thermal barrier coating application on the combustion, performance and emissions of a diesel engine fueled with waste cooking oil biodiesel–diesel blends, *Fuel*, 136, 334-340.
- Chen G, Zhang X, Ma W, Yan B, Li Y. (2014). Co-pyrolysis of corn-cob and waste cooking-oil in a fixed bed reactor with HY upgrading process. *Energy Procedia*;61:2363-2366.
- Karagöz, M., Ağbulut, Ü., & Sarıdemir, S. (2020). Waste to energy: Production of waste tire pyrolysis oil and comprehensive analysis of its usability in diesel engines. *Fuel*, 275, 117844.
- Lam SS, Russell AD, Lee CL, Chase HA. (2012). Microwave-heated pyrolysis of waste automotive engine oil: influence of operation parameters on the yield, composition and fuel properties of pyrolysis oil. *Fuel*; 92(1) 327-339.
- Lam, Su Shiung, et al. (2019). Microwave vacuum pyrolysis of waste plastic and used cooking oil for simultaneous waste reduction and sustainable energy conversion: Recovery of cleaner liquid fuel and techno-economic analysis. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 115, 109359.
- Murugan S, Ramaswamy MC (2009) Nagarajan G. Assessment of pyrolysis oil as an energy source for diesel engines. *Fuel Process Technol*;90:67–74.
- Murugan, S., Ramaswamy, M. C., & Nagarajan, G. (2008). Performance, emission and combustion studies of a DI diesel engine using Distilled Tyre pyrolysis oil-diesel blends. *Fuel Processing Technology*, 89(2), 152-159.
- Onay O. (2007). Influence of pyrolysis temperature and heating rate on the production of bio-oil and char from safflower seed by pyrolysis using a well-swept fixedbed reactor. *Fuel Process Technol*; 88(5):523–31
- Paraschiv M, Kuncser R, Tazerout M, Prisecaru T. (2015) New energy value chain through pyrolysis of hospital plastic waste. *Appl Therm Eng*;87:424-433
- Rowhani, Amir, and Thomas J. Rainey. (2016). Scrap tyre management pathways and their use as a fuel—a review." *Energies* 9(11), 888.

- Uyar, Mahmut, and Hüseyin Aydın. (2022). Production of low sulfur diesel-like fuel from crude oil wastes by pyrolytic distillation and its usage in a diesel engine. *Energy*, 244: 122683.
- Yan G, Jing X, Wen H, Xiang S. (2015) Thermal cracking of virgin and waste plastics of PP and LDPE in a semibatch reactor under atmospheric pressure. *Energy Fuel*;29:2289-2298.
- Zhou, Nan, et al. (2021). Catalytic pyrolysis of plastic wastes in a continuous microwave assisted pyrolysis system for fuel production. *Chemical Engineering Journal*, 418, 129412.

EVALUATION OF COMBUSTION CHARACTERISTICS OF SUBJECTED TO SULFURIZATION PROCESS WASTE TIRE OIL AND WASTE ENGINE OIL IN A CI ENGINE OPERATING AT A LOW LOAD

PhD Student Abdulkirim YILDIZ²

Department of Mechanical Engineering, Institute of Graduate Studies, Batman University, 72060, Batman, Turkey. ORCID ID: 0000-0002-6511-5189

Assoc. Prof. Selman AYDIN

Department of Mechanical and Metal Technology, Vocational High School of Technical Sciences, Batman University, 72060, Batman, Turkey. ORCID ID: 0000-0001-9685-9853

Abstract

In this study, it is aimed at using waste vehicle tires and waste engine oils, which are harmful for both humans and the environment, in a diesel engine as an alternative to diesel fuel. For this purpose, the pyrolytic distillation method was applied to create diesel-like fuel from the liquid produced in a pyrolysis reactor from waste mineral oils and waste tire liquids. After that, test blends were prepared as 30% waste engine oils and 70% diesel fuel, named WEOF30 (waste engine oil fuel), and 30% waste tire oils and 70% diesel fuel, named WTOF30 (waste tire oil fuel). These sulfurized test fuels were compared with diesel fuel in a research diesel engine at a constant engine speed of 1500 rpm and a low load (2.5 BMEP) of eddy current dynamometer. In the laboratory investigation, cylinder gas pressure, net heat release, average gas temperature, heat release, and pressure increase rate values were measured and graphed against diesel fuel combustion values. As a consequence, the combustion parameters of WEOF30 and WTOF30 are nearly identical to those of ULSD fuel.

Keywords: Pyrolysis, Diesel engine, Combustion, waste tire fuel, Waste engine oils fuel

1. Introduction

The search for and development of alternative energy sources has continued in order to create applications that produce less pollution, last longer, are more efficient, environmentally friendly, and cost-effective (Aydın, 2023). The majority of our energy needs in the modern world are met by fossil fuels, and as the human population grows, so does this need. However, the search for alternative energy sources to these fossil fuels, which exist in limited quantities,

² Corresponding and presenting author at: *Department of Mechanical Engineering, Institute of Graduate Studies, Batman University, 72100, Batman, Turkey.*

continues. Waste materials are produced in large quantities as a result of both technology advancements and population growth. Industrial wastes are extremely dangerous for the environment and human health, especially those resulting from technological advancements. (Rowhani et al., 2016). Since both wastes contain petroleum derivatives, they are very important for reuse or recovery of natural resources. Because they are thermoset materials, they cannot be reproduced due to cross-linking between elastomer chains (Karaağaç et al., 2007; Yang et al., 2004). Waste tires are difficult to decompose on their own (Derakhshan et al., 2017). Because the amount of polymer waste in the world is increasing every year and most of it is from vehicle tires in the form of post-consumer tires. Recycling these tires, which cause a serious environmental problem due to their very complex structure and composition, is very important for the environment (Sienkiewicz et al., 2017). In addition to contributing to the country's economy by saving energy by recycling these tires and mineral oils, problems that may arise in the waste disposal and storage process can also be prevented (De D et al., 2006). As for waste mineral fuels, the separation of these oils, which are produced with different base materials and additives and characterized according to operating conditions, is a difficult and costly task, so they must be characterized and recycled (Fingas, 2015). It is used as fuel or converted into various chemicals (Bhaskar et al., 2004). The pyrolysis method (Uyar et al., 2022) was used to obtain diesel-like fuels (DLF) from these two different wastes; pyrolysis, obtaining low molecular components in an oxygen-free environment, low cost, easy processability and high production efficiency increase the value of this method (Chen et al., 2014; Paraschiv et al., 2015), and it can be converted into liquid products by pyrolysis with the pyrolytic distillation method (Apaydın, E. 2007). The fuel produced from waste plastics has similar properties to diesel fuel, P_{max} , effective efficiency, exhaust temperature, combustion delay increased in the test engine, the ratio of NO_x emissions to diesel fuel increased by approximately 25%, CO emissions increased at the same rate and unburned hydrocarbon (UHC) increased by 15% rate has increased (Nagarajan et al., 2011).

In this study, the usability of sulfurized WEOF30 and WTOF30 test fuels in diesel engines was investigated. For this purpose, combustion data for DF, WEOF30, and WTOF30 test fuels were taken and compared graphically in a single-cylinder water-cooled engine at a constant 1500 rpm and 2.5 bar BMEP. In the analysis of the data obtained, it was determined that alternative fuels are suitable for diesel engines.

2. Materials and Methods

2.1. Test methods

The experimental study was carried out with a water-cooled, four-stroke, variable compression ratio and diesel research engine (Kirloskar TV1). The main features of the test engine are given in Table 1. The experiments were carried out at a constant speed of 1500 rpm with a low load of 2.5 bar BMEP using a directly coupled eddy current dynamometer. The dynamometer control software was used to control the test engine, and data was collected for each crank angle.

Table 1. The test engine specifications.

| | |
|-----------------------|--|
| Engine Specifications | Kirloskar TV1 (naturally aspirated, four-stroke, compression ignition) |
| Total displacement | 0.661 liter |
| Compression ratio | 17.5:1 |
| Bore / Stroke | 87 / 110 mm |
| Connecting rod length | 234 mm |
| Start of injection | 0-25° bTDC |
| Maximum power | 5.2 kW @ 1500 rev/min |

The schematic picture and diagram of the experimental setup are shown in Figure 1. In-cylinder pressure measurements were performed with an Optrand D33294-Q pressure transducer with a sensitivity of 1.35 mV/psi. Ambient air, engine coolant, engine oil and exhaust temperatures were measured with thermocouples. The accuracy, uncertainty, and measurement range of the test devices are listed in Table 2.

Table 2. Accuracy, uncertainty, and measurement range of the test device.

| Parameter | Measurement range | Accuracy | Uncertainty |
|-------------------|-------------------|----------|-------------|
| Engine speed | 0-12,000 rev/min | ±0.1% | ±1.0% |
| Pressure sensor | 0-200 bar | ±0.5% | ±0.2% |
| Precision scale | 0.5-30,000 g | ±0.1 g | ±0.1% |
| CO ₂ | 0-21.0% | ±0.1% | ±0.5% |
| NO _x | 0-10,000 ppm | ±1.0 ppm | ±1.0% |
| HC | 0-20,000 ppm | ±1.0 ppm | ±1.0% |
| BMEP | - | - | ±1.0% |
| Heat release rate | - | - | ±0.2% |

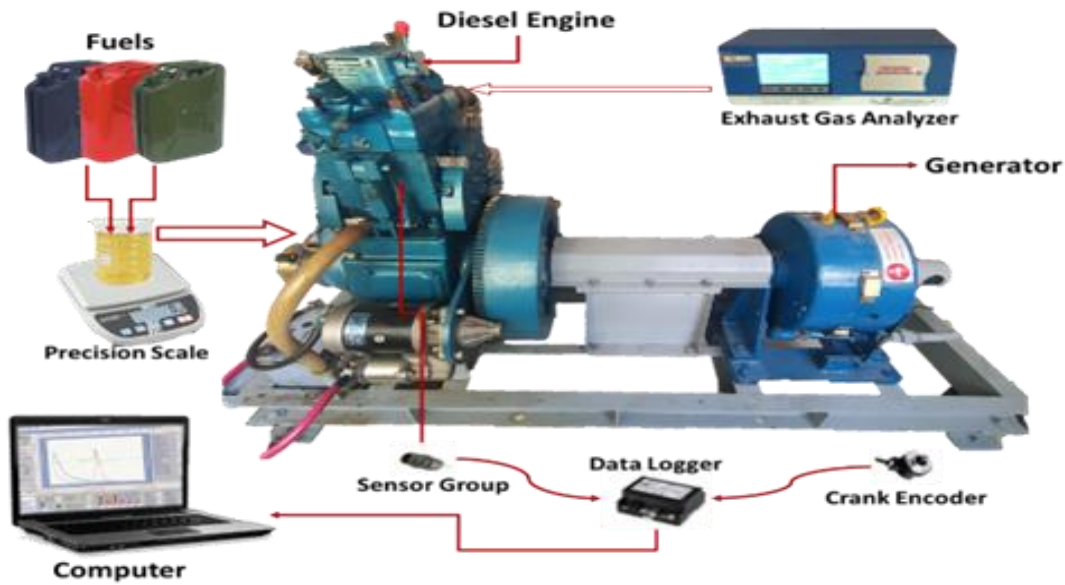


Figure 1. Schematic diagram of the experimental set-up.

Before starting the experiments, the engine oil, lubricants, and air filter were checked, and the exhaust temperature reached steady-state conditions. The in-cylinder pressure values were collected for each of 1°CA by the crank encoder and the average of ten cycles. The combustion parameters such as heat release rate (HRR), mean gas temperature (MGT), cumulative heat release, and pressure rise rate were calculated by the first law analysis of thermodynamics.

According to the combustion pressure data measured instantaneously in the experiment, the mean gas temperature was calculated considering the ideal mixed volume from Eq. (1) derived from the ideal gas law.

$$T_i = P_i V_i \frac{T_{ref}}{P_{ref} \cdot V_{ref}} \quad (1)$$

Where, T_i is the MGT, P_i is the pressure and V_i is the cylinder volume at the calculated crank angle. P_{ref} , T_{ref} , and V_{ref} are reference values at the polytropic curve of expansion. The HRR is calculated by Eq. (2).

$$\dot{Q} = \frac{\gamma}{\gamma - 1} P_i (dV_i) + \frac{1}{\gamma - 1} V_i (dP_i) \quad (2)$$

where, γ is the specific heat ratio which is calculated by Eq. (3) using the MGT (Brunt et. al., 1998)

$$\gamma = 1.338 - 60 \times 10^{-5} \cdot T_i + 1 \times 10^{-8} \cdot T_i^2 \quad (3)$$

The cumulative heat release is calculated using the equation below (Hohenberg, 1979).

$$\int dQ = \int \left(\frac{\gamma}{\gamma - 1} \right) P_i (dV_i) + \int \left(\frac{1}{\gamma - 1} \right) V_i (dP_i) \quad (4)$$

3. Analysis of Combustion

The important combustion parameters such as cylinder gas pressure, heat release rate, mean gas temperature, cumulative heat release, and pressure rise rate variation according to crank angle were examined for test fuels. In order to eliminate the cycle-to-cycle variation, all combustion parameters were used cycle averaged values in the calculations (Aydin, 2014).

3.1. Cylinder gas pressure and Net heat release

Cylinder gas pressures and heat releases rate (HRR) of the test fuels according to crank angle are given in Figure 2. When the average maximum values of cylinder gas pressures and net heat releases of the test fuels are analysed according to the crank angle, it is seen that DF is higher than the other blended test fuels at low loads. The HRR increase was also realised slightly earlier with WEOF30 due to the lower cetane index, while the HRR was lower with WTOF30 fuel blend due to its higher density. As a result, DF fuel was found to have the highest heat release rate during the 2.5 bar BMEP test.

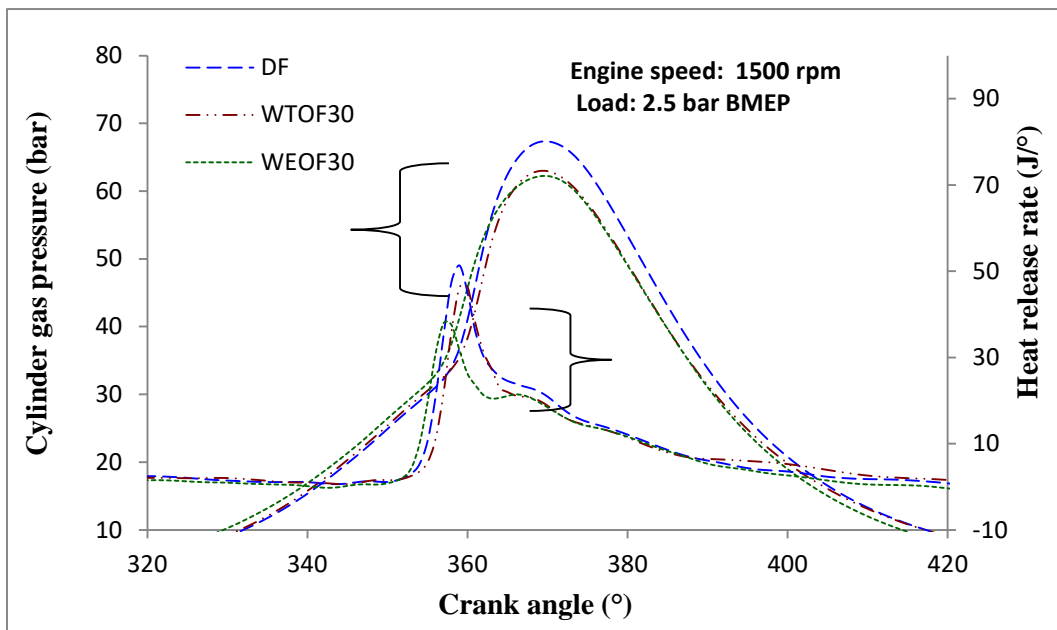


Figure 2. Change in cylinder gas pressure and net heat release at different loads according to °CA

3.2. Mean Gas Temperature and Pressure Increase Rate

In-cylinder gas temperature and pressure Increase Rate variations against crank angle were measured at a constant speed (1500 rpm) and low load of engine (2.5 BMEP) for test fuels (Figure 3). When the figure is analysed, the highest average gas temperature was obtained from DF at low load condition for all test fuels. On the other hand, the lowest MGT occurred for WEOF30 at low load. A similar situation occurred at the rate of rate of pressure increase for all three test fuels.

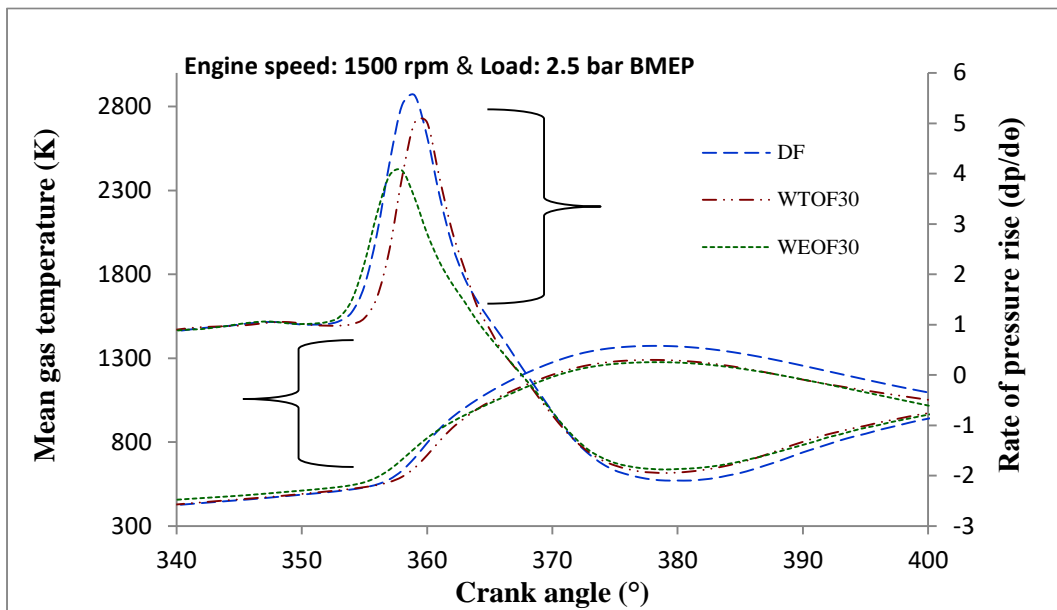


Figure 3. MGT and pressure increase rate change according to °CA

3.3 Cumulative Heat Release

Cumulative heat releases of test fuels at different loads are shown in Figure 4. The maximum total heat release for the low-load case was 0.97 kJ with DY, 0.95 kJ with WTOF30, and 0.85 kJ with WEOF30 at 421 °KMA. At 2.5 bar BMEP load, the maximum cumulative heat release was found to be in diesel test fuel, close to or slightly below the DF of blended test fuels. The main reason for this is thought to be due to the formation of incomplete combustion due to the density being slightly higher than DF and low in-cylinder pressure and temperature. (Aydin, 2020).

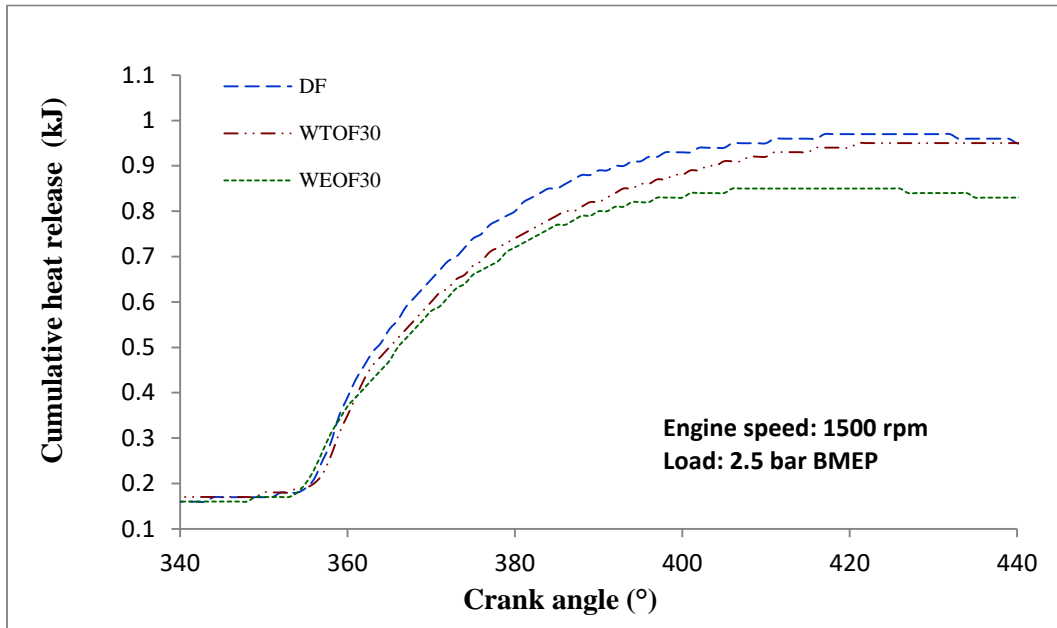


Figure 4. Cumulative heat release change at different loads according to crank angle (°)

Acknowledgements

The data in this research are part of the results of the PhD thesis project by Batman University Institute of Graduate Studies with Thesis Number of 10393001. The research was performed at the Engine Research Laboratory, University of Batman, Batman, Turkey.

4. Conclusion

The effects of sulfurized WTOF30 and WEOF30 test fuels on combustion characteristics of compression ignition engine were investigated at 2.5 BMEP load of the eddy current dynamometer. In general, the following conclusions can be drawn from this study.

- It has been demonstrated that there is no adverse effect when the combustion parameters are nearly parallel to the diesel fuel curves.
- The MGT value of diesel fuel is higher than WTOF30 and WEOF30 test fuels at low load. It can be attributed to the low flame temperature of WTOF30 and WEOF30 test fuels, and volatility compared to diesel.
- For every test fuel, the values of the heat release rate (HRR) increased in the controlled combustion phase at low load. In this combustion phase, the highest HRR increase was realized in diesel fuel. With WEOF30, the HRR rise also happened a little earlier.
- The completion of combustion close to TDC indicates that the WTOF30 and WEOF30 test fuels are suitable for use in diesel engines.

References

- Apaydın-Varol, E., & Pütün, A. E. (2012). Preparation and characterization of pyrolytic chars from different biomass samples. *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis*, 98, 29-36.
- Aydın, A., Kayri, İ., & Aydın, H. (2023) Electrical and thermal performance enhancement of a photovoltaic thermal hybrid system with a novel inner plate-finned collective cooling with different nanofluids, *International Journal of Green Energy*, DOI: 10.1080/15435075.2023.2201345.
- Aydın, S. (2020) Detailed evaluation of combustion, performance and emissions of ethyl proxitol and methyl proxitol-safflower biodiesel blends in a power generator diesel engine, *Fuel*, 270, 117492.
- Aydın, S., Sayın, C. (2014) Impact of thermal barrier coating application on the combustion, performance and emissions of a diesel engine fueled with waste cooking oil biodiesel–diesel blends, *Fuel*, 136, 334-340.
- Bhaskar, T., Uddin, M. A., Muto, A., Sakata, Y., Omura, Y., Kimura, K., & Kawakami, Y. (2004). Recycling of waste lubricant oil into chemical feedstock or fuel oil over supported iron oxide catalysts. *Fuel*, 83(1), 9-15.
- Brunt, M. F., Rai, H., & Emtage, A. L. (1998). The calculation of heat release energy from engine cylinder pressure data. *SAE transactions*, 1596-1609.
- Chen, G., Liu, C., Ma, W., Zhang, X., Li, Y., Yan, B., & Zhou, W. (2014). Co-pyrolysis of corn cob and waste cooking oil in a fixed bed. *Bioresource technology*, 166, 500-507.
- Derakhshan, Z., Ghaneian, M. T., Mahvi, A. H., Conti, G. O., Faramarzian, M., Dehghani, M., & Ferrante, M. (2017). A new recycling technique for the waste tires reuse. *Environmental research*, 158, 462-469.
- Fingas, M. (Ed.). (2014). *Handbook of oil spill science and technology*. John Wiley & Sons. Online ISBN:9781118989982
- Hohenberg, G. F. (1979). Advanced approaches for heat transfer calculations. *SAE Transactions*, 2788-2806.
- Paraschiv, M., Kuncser, R., Tazerout, M., & Prisecaru, T. (2015). New energy value chain through pyrolysis of hospital plastic waste. *Applied thermal engineering*, 87, 424-433.
- Rowhani, A., & Rainey, T. J. (2016). Scrap tire management pathways and their use as a fuel—a review. *Energies*, 9(11), 888.
- Sienkiewicz, M., Janik, H., Borzędowska-Labuda, K., & Kucińska-Lipka, J. (2017). Environmentally friendly polymer-rubber composites obtained from waste tires: A review. *Journal of cleaner production*, 147, 560-571.
- Uyar, M. and Aydın, H. (2022). Production of low sulfur diesel-like fuel from crude oil wastes by pyrolytic distillation and its use in diesel engines. *Energy*, 244, 122683.
- Yang, H. S., Kim, D. J., Lee, Y. K., Kim, H. J., Jeon, J. Y., & Kang, C. W. (2004). Possibility of using waste tire composites reinforced with rice straw as construction materials. *Bioresource technology*, 95(1), 61-65.

EXPLANATION OF A DESIGN TECHNIQUE FOR MODELING A CONFORMAL WRIST BRACE BASED ON PATIENT DATA

Research Assistant, Ahmet DAYANÇ

Kutahya Dumlupınar University, ahmet.dayanc@dpu.edu.tr - 0000-0002-5214-9021

Assistant Professor, Feridun KARAKOÇ

Kutahya Dumlupınar University, feridun.karakoc@dpu.edu.tr - 0000-0002-6210-4070

ABSTRACT

The use of wrist braces is especially recommended by doctors after surgical operations or wrist traumas such as fractures and sprains. Wrist braces are a highly important orthopedic product that stabilizes and specifically supports the applied area. The support provided by wrist braces restricts excessive movement in the affected area, thereby reducing the likelihood of further injury and potentially speeding up the healing process. Wrist braces can be made from various materials, including fabric, plastic, metal, or a combination thereof. There are different types of wrist braces with varying designs and purposes depending on the needs. While needs for wrist braces vary, one of the most significant demands is the ability to create patient-specific designs. The method detailed in this study employs implicit modeling technology, one advantage of which is the ability to design a wrist brace that is completely conformal to the patient's body contours. With implicit modeling technology, conformal lattice structures can be created quickly and easily. Utilizing this innovative design method and the advantages of additive manufacturing, it is possible to design and produce a patient-specific wrist brace rapidly with suitable equipment.

Keywords : Conformal Lattice Structures, Field-Driven Design, Implicit Modeling, Unit Cells, nTopology

1. INTRODUCTION

Wrist braces play a significant role in the health of the musculoskeletal system, especially in the treatment of traumas in the wrist area, post-surgical care, and chronic conditions such as arthritis. These devices create an ideal environment for healing by moderately restricting wrist movements. Not only do they support an injured or surgically treated wrist, but they can also help prevent potential complications.

Wrist braces are generally recommended by orthopedists, physical therapists, and general surgeons as part of physical therapy and rehabilitation programs. They are particularly useful for acute conditions such as fractures, tendon injuries, and nerve entrapments, ensuring that the wrist is treated and rested as needed. Additionally, they are frequently used in post-operative periods, as well as for sports injuries, work-related accidents, and various wrist problems that can occur in daily life. They can also be effective in reducing the risk of falls in older individuals.

Traditional wrist braces can be made from materials like plastic, elastic bands, or padded fabrics, or a combination of these and other materials like metal, each with different designs and features. However, advanced materials such as biomaterials or polymers are also being used today. These materials can allow the skin to breathe and reduce the risk of allergic reactions. With the advancement of additive manufacturing technology and the increasing importance of personalized medicine, there is potential for improvement in the design and production processes of wrist braces. Advanced design technologies like implicit modeling, particularly from companies like nTopology, make it possible to create wrist brace designs that are anatomically suitable and personalized. The integration of sensors, IoT, and artificial intelligence technologies into wrist braces could make future rehabilitation processes more interactive and data-driven. This would allow doctors to better monitor a patient's healing process and update treatment strategies as needed. Such medical products are expected to become indispensable for musculoskeletal health, especially with the rise of personalized medicine and technological advancements.

2. MATERIAL AND METHODS

In the first step of this study, a 3D arm model to be referenced in the design of the wrist brace has been imported into the software. The 3D model used for reference is not from an actual patient but is an '.obj' format file downloaded from the 'Free3D' website [1]. Additionally, the methodology used in this study works correctly on various 3D models that will be imported into the software. First, the data type of the imported arm models needs to be converted into implicit data type [2]. The rationale for this conversion is that most of the functions in the software take implicit data as input. To produce a wrist brace from the obtained implicit model, an offset needs to be given to the arm geometry [3]. This results in a shell structure on which the lattice design will be based. The thickness of the wrist brace is dependent on the offset value provided, allowing for customization.

After obtaining the shell structure, the lightweight voronoi lattice structure that the wrist brace will have needs to be modeled. There are two important elements in this modeling process. The thickness of the beams forming the voronoi lattice and the distance of the voids in the lattice are designed as variables. Advantages of implicit modeling technology have been utilized, and parameters related to the lattice have been adjusted to manipulate the overall geometry. In the fingers and near the elbow of the arm model, the distance between the voronoi lattice voids has

been reduced, and the beam thicknesses have been lowered. Strips have been added to protect the fragile and sensitive lattice structure that could be damaged in these areas. Near the wrist joint, the distance between the voronoi lattice voids has been increased to improve comfort and breathability, while the thickness of the beams has been kept high to restrict wrist movement [4].

Since the geometry of the created voronoi lattice was designed with an offset, the geometry of the lattice extends beyond the boundaries of the desired shell geometry. When cropping is applied to the geometries outside of the shell structure, the final geometry of the wrist brace has been obtained [5]. The workflow of the used method and the appearance of the final product are shown in Figure 1 below.



Figure 1. Workflow and Wrist Brace

3. RESULTS AND CONCLUSION

This study addresses how implicit modeling technology can be used in the design of an innovative wrist brace that can potentially be produced using additive manufacturing technology. Implicit modeling facilitates the design of conformal lattice structures that are entirely compatible with the surface, thereby enabling the rapid design of a wrist brace more suited to a patient's anatomy. Additionally, the advantages and applicability of this study can be tested through production using additive manufacturing technology that employs a bio-compatible material from a dermatological perspective with human skin.

Key points of this study, when listed, are:

- Patient-Specific Design: Implicit modeling technology simplifies creating designs more suitable for individual patients, potentially accelerating the overall healing process and providing more comfort to the patient.
- Material Efficiency: The voronoi lattice structure can prevent unnecessary material use and, when the correct amount of material is used, can optimize a design in terms of weight while maintaining its strength. This can reduce production costs associated with materials.

The 3D model used in this study may not fully reflect a patient's real anatomy, but in future studies, a wrist brace could be produced for actual use in a clinical setting thanks to real patient data obtained from Magnetic Resonance Imaging or Computed Tomography scans. Clinical observations could be recorded to document patient experiences. Additionally, future work could involve simulations and a more detailed examination of the mechanical properties of the voronoi lattice.

REFERENCES

- [1] Free3D, “Arm V3 .obj - 3D Model.” Accessed: Oct. 30, 2023. [Online]. Available: <https://free3d.com/3d-model/arm-v3--671057.html>
- [2] nTop, “How to work with CAD bodies.” Accessed: Oct. 30, 2023. [Online]. Available: <https://support.ntop.com/hc/en-us/articles/360037498933-How-to-work-with-CAD-bodies>
- [3] nTop, “What is the difference between offset body and thicken body?” Accessed: Oct. 30, 2023. [Online]. Available: <https://support.ntop.com/hc/en-us/articles/360046375754-What-is-the-difference-between-offset-body-and-thicken-body->
- [4] nTopSupport, “How can I vary the cell size of a Voronoi surface lattice?” Accessed: Oct. 30, 2023. [Online]. Available: <https://support.ntop.com/hc/en-us/articles/1500000015001-How-can-I-vary-the-cell-size-of-a-Voronoi-surface-lattice->
- [5] nTopSupport, “How to use boolean operations.” Accessed: Oct. 30, 2023. [Online]. Available: <https://support.ntop.com/hc/en-us/articles/360041442674-How-to-use-boolean-operations>

MEASURING THE SURFACE AREAS OF DIFFERENT TYPES OF TPMS STRUCTURES FOR COMPARISON OF HEAT TRANSFER INTERFACES

Research Assistant, Ahmet DAYANÇ

Kutahya Dumlupınar University, 0000-0002-5214-9021

Assistant Professor, Feridun KARAKOÇ

Kutahya Dumlupınar University, 0000-0002-6210-4070

ABSTRACT

The concept of “Triply Periodic Minimal Surfaces“ (TPMS) has garnered considerable interest, particularly due to the advantages afforded by additive manufacturing. These structures offer maximum surface area within a minimal volume and can be formed in a periodic manner in three-dimensional space. The ability to produce them as complex internal structures through additive manufacturing makes them attractive for various applications. One such application is thought to be heat exchangers. For TPMS structures to be efficient as interfaces where heat transfer occurs in heat exchangers, certain parameters must be considered. One of the most significant of these parameters is the type of unit cell that constitutes the TPMS structure. TPMS structures can consist of various types of unit cells such as Gyroid, Schwarz P, Diamond, and Lidinoid. In a setting where some parameters are held constant, this study has determined the surface areas of different types of TPMS structures formed within the same volume and compared them. As a result of this comparison, it has been observed whether TPMS structures formed from different types fully separate hot and cold fluids from each other, and their maximum surface areas in minimum volumes have been ranked according to the types of unit cells.

Keywords : Implicit Modeling, Lattice, TPMS Structures, Unit Cells, nTopology

1. INTRODUCTION

Heat exchangers, which are critical components of thermal systems, are designed for effective energy transfer. However, the designs of some traditional heat exchangers fall short in providing high heat transfer rates and low pressure drops. With the advancement of Additive Manufacturing technologies in recent years, more complex and effective geometries can be designed for heat exchangers [1]. In this context, Triply Periodic Minimal Surfaces (TPMS) structures have emerged as a notable alternative [2].

TPMS structures offer maximum surface area in minimum volume and consist of three-dimensional unit cells. These unit cells are replicated along three axes to form a periodic structure. By using TPMS structures in heat exchanger design, a high surface area can be provided between hot and cold fluids, thereby maximizing heat transfer. Implicit modeling technology has been utilized to design these structures, with nTopology software being used for this purpose [3]. In this study, by changing the type of unit cell, unit cell dimensions, and wall thicknesses of the unit cells, variations in the total surface area of the heat transfer interface and the total weight of the heat exchanger have been compared.

2. MATERIAL AND METHODS

Initially in this study, a heat exchanger with complex internal structures made up of TPMS surfaces has been modeled as a reference design. The design process for such a geometry has been quickly and easily carried out with the help of implicit modeling technology. The first step in the modeling process was to create a general design for the volume where hot and cold fluids will be located. Boolean operations were used to combine these volumes into a single implicit body, and a shell structure was formed based on this implicit body [4]. The overall aim of the innovative heat exchanger design is to create complex surfaces within a 'Shell and Tube' type heat exchanger, thereby achieving a lightweight design with an increased heat transfer interface. After forming the external surfaces and volume of the heat exchanger, plenums were designed at the inlet and outlet regions of the tubes, aiming to reduce pressure drops in these areas. A special function that converts the existing design space within the implicit body into 'Walled TPMS' structures was used, making it easy to create TPMS surfaces [5].

As in this study, once TPMS surfaces are created, separate volumes for hot and cold fluids can also be designed and these geometries can be transferred to CFD software for analysis. In the region where the tubes are located and where the fluids enter and exit, it is essential to design special structures called 'Baffles' to prevent hot and cold fluids from mixing.

The TPMS surfaces designed in this study generally consist of various unit cells types such as Gyroid, Schwarz, Diamond, Lidinoid, Split P, and Neovius, each with quite different structures. Complex surfaces formed by periodically arranging unit cells with different dimensions, namely 10x10x10 mm and 20x20x20 mm, naturally created surface areas with different scalar magnitudes. Another factor that changes the total surface area of these different and complex structures is the thickness of the surfaces within the unit cells. Known as wall thickness, this parameter has two different scalar values, 1 mm and 2 mm, which have significantly affected the values of the designed TPMS structures. In the following Figure 1, the design stages of the heat exchanger are shown. The TPMS surface in Figure 1 is formed from gyroid unit cells and has unit cell dimensions of 10x10x10 mm and a wall thickness of 1 mm.

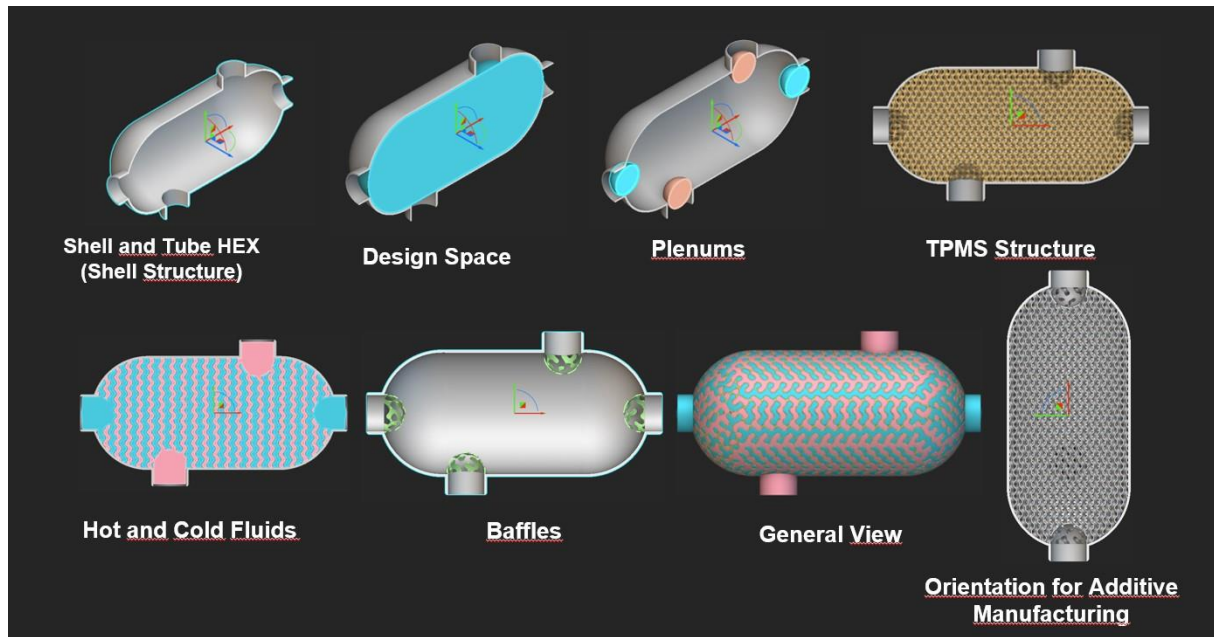


Figure 1. Workflow for Gyroid Heat Exchanger

Alternative designs have been derived from this design, and different surfaces created in the same volume by changing the type and some parameters of the unit cells forming TPMS surfaces have been compared with each other.

3. RESULTS AND CONCLUSION

This study has examined in detail how the 'Triply Periodic Minimal Surfaces' design concept can provide an advantage in terms of surface area, especially in applications in heat exchangers. The effectiveness of these structures in creating a heat transfer interface has been tested using different unit cell types such as Gyroid, Schwarz, Diamond, and Lidinoid. Keeping other parameters constant, the highest surface area is owned by 'Lidinoid'. However, it has been observed that a heat exchanger made up of a 'Lidinoid' structure is somewhat heavy. 'Gyroid' and 'Diamond' offer the advantages of both lightness and high surface area. Differences in the interfaces where heat transfer occurs have not only affected the size of the surface area but also had significant effects on the weight of the heat exchanger. Keeping other parameters constant, a design made up of 'gyroid' unit cells can weigh down to approximately 1100gr, while a design made up of 'neovius' unit cells can weigh up to approximately 2900gr. When the wall thickness is updated to 2 mm, these figures have changed between 2000gr and 3600gr, and it has been observed that surface areas have decreased. Furthermore, the lowest surface area per unit weight was achieved with a design made up of 'neovius' unit cells, while the highest surface area per unit weight was achieved with a 'Split P' type unit cell.

REFERENCES

- [1] nTop, “Heat exchanger design with additive manufacturing.” Accessed: Oct. 30, 2023. [Online]. Available: <https://www.ntop.com/resources/blog/heat-exchanger-design-with-additive-manufacturing/>
- [2] nTop, “What equations are used to create the TPMS types?” Accessed: Oct. 30, 2023. [Online]. Available: <https://support.ntop.com/hc/en-us/articles/360053267814-What-equations-are-used-to-create-the-TPMS-types->
- [3] nTopology, “Next-Gen Engineering Design Software: nTop (formerly nTopology).” Accessed: Sep. 18, 2023. [Online]. Available: <https://www.ntop.com/>
- [4] S. Kratky, “How to use boolean operations – nTop.” Accessed: Aug. 20, 2023. [Online]. Available: <https://support.ntop.com/hc/en-us/articles/360041442674-How-to-use-boolean-operations>
- [5] nTopology, “nTopology 3.38 - What’s New?” Accessed: Oct. 30, 2023. [Online]. Available: <https://support.ntop.com/hc/en-us/articles/12105373727123-nTopology-3-38-What-s-New->

MİKROBİYAL YAKIT HÜCRELERİNDE KULLANILMAK ÜZERE POLİMERİK BLEND MEMBRAN SENTEZİ

Sema Tuğçe BAYKARA

Gazi Üniversitesi, - 0000-0002-2273-7930

Arş. Gör. Gizem Hazan AKÇAY

Muş Alparslan Üniversitesi - 0000-0002-5885-7934

Prof. Dr. İrfan AR

Gazi Üniversitesi, - 0000-0002-6473-9205

ÖZET

Atık su arıtımı yaparak temiz enerji eldesi sağlayan mikrobiyal yakıt hücreleri (MYH), son yıllarda araştırmacılar tarafından oldukça ilgi gören yeşil teknolojiler arasında yer almaktadır. MYH’de, anaerobik anot odası ve aerobik katot odasını birbirinden ayırmak amacıyla kullanılan membranlar, reaktör performansını etkileyen önemli bir bileşendir. MYH çalışmalarında yaygın olarak kullanılan membranlar arasında Dupont firması tarafından üretilen Nafion ticari membranlar oldukça etkili performans göstermektedir. Nafion ticari membranının MYH performansını artıran özelliklerinin yanında çeşitli sınırlayıcı özelliklerinin bulunması ve yüksek maliyeti, araştırmacıların daha ekonomik ve yüksek verimli bir membran arayışına girmelerine neden olmuştur. Bu çalışmada, MYH sistemlerinde kullanılmak üzere sülfolanmış poli-eter-eter-eton (SPEEK) ve polivinil alkol (PVA) polimerleri kullanılarak bir blend membranı sentezlenmiştir. Sentezlenen membranın sudaki çözünürlüğünü azaltmak için termal çapraz bağlama işlemi uygulanmıştır. Elde edilen blend membranın 25°C’de ve %100 nemli ortamda proton iletkenlik değeri 0,1099 mS/cm olarak Nafion 117 membranından daha iyi bir değerde bulunmuştur. Çalışma sonuçları, sentezlenen SPEEK/PVA blend membranının, Nafion 117 membranına alternatif olabilecek bir membran olduğu görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Mikrobiyal yakıt hücresi, polimerik blend membran, SPEEK bazlı membran

GİRİŞ

Enerji kaynakları; fosil yakıtlar, yenilenebilir kaynaklar ve nükleer enerji olmak üzere 3 başlık altında incelenmektedir [1]. Fosil yakıtların; iklim değişikliğini ve çevre kirliliğini olumsuz yönde etkilemesi, kaynaklarının tükenme olasılığı gibi olumsuz yönleri mevcuttur. Bu olumsuzluklar göz önüne alındığında, dünyanın dört bir yanındaki araştırmacılar yeni, sürdürülebilir ve çevre dostu enerji kaynaklarından yararlanmak amacıyla önemli çalışmalar yürütmektedir [2]. Son yıllarda araştırmacılar, karbon-nötr, yenilenebilir ve alternatif enerji kaynakları üzerine yoğunlaşmış ve olası bir çözüm olarak mikrobiyoloji ve biyoteknolojiye yönelmiştir [3].

Sürdürülebilir enerji teknolojileri arasında yer alan yakıt hücresi teknolojisi ile kimyasal enerji doğrudan ve verimli bir şekilde elektrik enerjisine dönüştürmektedir [4]. Yakıt hücresi çeşitleri incelendiğinde, geliştirilmekte olan birçok yakıt hücresi türü olduğu görülmektedir. Kullandığı yakıt ve oksitleyici türü, yakıtın yakıt hücresinin dışında veya içinde işlenişi, elektrolit tipi, işletim sıcaklığı, yakıtın besleme biçimi vb. gibi çok değişik şekilde sınıflandırılma yapılabilir [5]. Mikrobiyal yakıt hücreleri, organik substratların oksidasyonu sonucunda elektrik enerjisi üreten biyoelektrokimyasal dönüştürücüler olarak ifade edilebilirler [6]. Mikrobiyal yakıt hücreleri (MYH) ile yapılan çalışmalarda ise anot odasında oksidasyon reaksiyonları meydana gelmektedir. Organik maddenin parçalanması, elektron ve proton üretiminden sorumlu olan mikroorganizmalar oksidasyon reaksiyonlarında önemli bir rol oynamaktadırlar [7]. MYH; bir anot odası, katot odası, proton değişim membranı (PDM), biyolojik olarak parçalanabilen organik madde (substrat) ve elektrokimyasal olarak aktif bir mikroorganizma topluluğundan oluşur [8].

Son yıllarda birçok araştırmacı, aynı anda elektrik üretme ve substrat olarak atık suyu arıtma performansı nedeniyle MYH'lerin geliştirilmesi konusunda çeşitli çalışmalar yürütmektedir [9]. MYH çalışmalarında sıklıkla kullanılan reaktör tipleri iki odalı H tipi reaktörler, iki odalı küp şeklinde reaktörler ve tek odalı hava-katot reaktörlerdir. En yaygın kullanılan ve en ucuz tasarım, bir tüple birbirine bağlanan iki bölmeden oluşan ve iki bölmenin iyon seçici bir membranla ayrıldığı H şeklindeki reaktör olarak ifade edilebilir [10]. MYH odalarının membran ile ayrılmadığı reaktörler, bir iyon değiştirici membran kullanılan reaktörler ile karşılaştırıldığında; membransız MYH'nin kolombik veriminin çok daha düşük olduğu görülmektedir. Bu durum, katottan anota geçen oksijenin varlığından dolayı meydana gelen substrat tüketimi ile açıklanabilir [9]. Bu nedenle proton değişim membranlarının mikrobiyal yakıt hücrelerindeki en önemli bileşenlerden biri olduğu söylenebilir. Bu durum elektrik akımını sürdürmek için anot ve katot odalarının fiziksel olarak ayrılması ile birlikte protonların katoda geçişinin sağlanması olarak açıklanabilir [11].

MYH'de iyonik taşımadan sorumlu olan membranlar, çift odalı MYH sistemlerinde anaerobik anot odasını ve aerobik katot odasını ayıran önemli bir bariyer görevi görmektedir. Bu nedenle reaktör bölmelerini ayırmak için kullanılan membranların, MYH performansını etkileyen en önemli bileşenlerden biri olduğu ifade edilebilir. Dupont firması tarafından üretilen Nafion ticari membranları, MYH sistemlerinde en çok tercih edilen membranlar arasında yer almaktadır. Bu nedenle araştırmacılar, Nafion ticari membranına alternatif olabilecek yüksek verimli ve ekonomik bir membranın geliştirilmesine odaklanmışlardır [12].

MYH sistemlerinde iyonik iletkenlik özelliklerinin iyileştirilmesi için Nafion ile modifiye edilmiş membran çalışmaları olduğu belirtilebilir. Bu çalışmalarda genel olarak Nafion membranının inorganik bir dolgu malzemesi veya bir polimer ile oluşturduğu kompozit yapı üzerine yoğunlaştığı görülmektedir. Yapılan çalışmalardan elde edilen sonuçların, Nafion ticari membranına göre daha umut verici olduğu gözlemlenmiştir [13-18].

Polimerler, MYH sistemlerinde membran malzemesi olarak en fazla tercih edilen malzemeler arasında yer almaktadır. Özellikle son yıllarda, membran malzemesi olarak poli-eter-eter-keton (PEEK) polimerinin en çok tercih edilen polimerler arasında yer aldığı görülmekte ve oldukça iyi sonuçlar elde edildiği belirtilmektedir [19-21]. PEEK'nin artan sülfonasyon derecesi, polimerin yapısındaki boşluğu

artırarak su tutma kapasitesini ve proton iletkenliğini artırmaktadır. Uygun sülfonasyon derecesinin belirlenmesi membranın mekanik dayanımı açısından önem arz etmektedir. PEEK'nin sülfonasyon derecesi arttıkça yapıdaki fonksiyonel HSO_3^- gruplarının artmasıyla membranın mekanik özellikleri zayıflamaktadır. Bu nedenle sülfolanmış PEEK (SPEEK) sülfonasyon derecesinin yakıt hücresinin performansının kritik bir özelliği olduğu ifade edilebilir. Optimize edilmiş bir SPEEK sülfonasyon derecesi, Nafion ticari membranıyla karşılaştırıldığında umut verici sonuçlar verebilmektedir [22, 23].

Yapılan çalışmada, MYH sistemlerinde başarılı sonuçlar elde edilen SPEEK polimeri ile yüksek film yapıcı özelliğine sahip polivinil alkol (PVA) kullanılarak bir blend membran, MYH sistemlerinde kullanılmak üzere sentezlenmiştir. Çalışmada gerçekleştirilen; su tutma kapasitesi, şişme özelliği, iyon değişim kapasitesi, proton iletkenliği ve mekanik dayanım karakterizasyon testlerinin sonuçları Nafion 117 ticari membranı ile karşılaştırılarak yorumlanmıştır.

DENEYSEL ÇALIŞMALAR

SPEEK polimerinin sülfonasyon işlemi ve SPEEK/PVA polimerik blend membranın sentezi ve sentezlenen membranın karakterizasyon testleri aşağıda belirtildiği gibi gerçekleştirilmiştir.

1.1. Materyal

Membranın ana polimeri olarak Sigma-Aldrich'ten satın alınan PEEK (%99, MA: 20.800) ve ikinci polimer olarak PVA (%99, MA: 124.000) ve çözücü olarak Sigma-Aldrich'ten satın alınan %99 dimetilsülfoksit (DMSO) çözeltisi kullanılmıştır. PEEK membranının sülfonasyonu için aktif grup kaynağı olan ve Sigma-Aldrich'ten satın alınan %99,8 sülfürik asit (H_2SO_4) çözeltisi kullanılmıştır.

1.2. PEEK Polimerinin Sülfonasyonu

İlk olarak PEEK polimeri önceden ısıtılmış sülfürik asit (H_2SO_4) (1/20 w/v) çözeltisi içerisinde Multimatic-5N manyetik karıştırıcı kullanılarak 60°C 'de 6 saat sürekli karıştırılarak çözülmüştür. Belirlenen saatin sonunda koyu viskoz çözeltilinin reaksiyonu buz banyosu kullanılarak durdurulmuş ve sülfolanmış katı polimer fazla asit çıkana kadar yıkanarak süzümüştür. Son olarak nötr hale getirilen polimer, fanlı fırında 40°C 'de 12 saat kurutulmuştur.

1.3. Blend Membran Sentezi

SPEEK/PVA blend (kütlece 90:10 bileşime sahip) membranın hazırlanmasında çözücü olarak 20 mL DMSO kullanılmıştır. İlk olarak kurutulmuş SPEEK polimeri, önceden ısıtılmış DMSO çözeltisine dökülmüş ve 60°C 'de 1 saat karıştırıldıktan sonra aynı sıcaklıkta kütlece %5 oranında PVA/DMSO çözeltisi belirlenen miktarda çözeltiye ilave edilmiştir. Elde edilen çözelti 48 saat karıştırılarak homojen bileşim cam petri kaplarına dökülmüştür. Dökümü gerçekleştirilen blend membran fanlı fırında 24 saat kurutulmuştur.

1.4. Termal Çapraz Bağlama

Sentezlenen blend membranın sudaki çözünürlüğünü azaltmak için 180°C 'de 48 saat fırında bekletilerek termal çapraz bağlama işlemi gerçekleştirilmiştir.

1.5. Su Tutma Kapasitesi ve Şişme Özelliği

Su alma kapasitesinin (STK) belirlenmesi için membranlar $1 \times 1 \text{ cm}^2$ boyutlarında kesilerek oda sıcaklığındaki de-iyonize su içerisinde 24 saat bekletilmiştir. STK Denklem (1) ile hesaplanmıştır:

$$STK = (M_{\text{ıslak}} - M_{\text{kuru}}) / M_{\text{kuru}} \quad (1)$$

Burada, $M_{\text{ıslak}}$ ve M_{kuru} sırasıyla ıslak ve kuru membranın kütesidir. STK testi her membran için 4 kez tekrarlanmış ve ortalamaları kullanılmıştır.

Şişme özeliğinin belirlenmesi için de kesilen membranlar oda sıcaklığındaki de-iyonize su içerisinde bekletilmeden önceki ve sonraki kalınlıkları ölçülmüştür. Şişme oranı Denklem (2) ile hesaplanmıştır:

$$\text{Şişme} = (L_{\text{ıslak}} - L_{\text{kuru}}) / L_{\text{kuru}} \quad (2)$$

Burada, $L_{\text{ıslak}}$ ve L_{kuru} sırası ile ıslak ve kuru membran kalınlığıdır. Şişme oranı testi her membran için 4 kez tekrarlanmış ve ortalamaları kullanılmıştır.

1.6. İyon Değişim Kapasitesi

İyon değişim kapasitesi (İDK), membrandaki iyon değiştirilebilir grupların varlığını gösteren iyonik iletkenliğin bir ölçüsüdür. Bu çalışmada birim kuru polimer ağırlığı (M_{kuru}) başına SO_3^- mol sayısı ($n\text{SO}_3^-$) tanımlanır:

$$\text{İDK} = (n\text{SO}_3^-) / M_{\text{kuru}} \quad (3)$$

Bu çalışmada İDK temel titrasyon yöntemiyle belirlenmiştir. Bu yöntem için ölçümü yapılacak membranlar 2 M NaCl çözeltisi içerisinde oda sıcaklığında 48 saat bekletilmiştir. Daha sonra 0,01 M NaOH ile titre edilmiştir. İDK Denklem (4) ile hesaplanmıştır:

$$\text{İDK} = (V_{\text{NaOH}} \times M_{\text{NaOH}}) / M_{\text{kuru}} \quad (4)$$

Burada, V_{NaOH} tüketilen sodyum hidroksit hacmidir; M_{NaOH} NaOH çözeltisinin molaritesidir ve M_{kuru} kuru membran kütesidir. İDK testi her membran için 4 kez tekrarlanmış ve ortalama değer alınmıştır.

1.7. Mekanik Dayanıklılık

Mekanik dayanıklılık Shimadzu Ag-1 5 kN ile ölçülmüştür. Membranlar, 1 cm genişliğinde ve 4 cm uzunluğunda eşit boyutlarda test için hazırlanmıştır. Numuneler 2 mm hızında gerilmiştir.

1.8. Proton İletkenliği

Proton iletkenliğini ölçmek için PalmSense4 ve bir ölçüm hücresi kullanılmıştır. Deney, üç prob tekniği kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Ölçüm oda sıcaklığında ve %100 nemde alınmıştır. Proton iletkenliği denklem (5) ile hesaplanmıştır:

$$\sigma = 0.425 \text{ cm} / L \times R \times W \quad (5)$$

Burada, σ numunelerin hesaplanan proton iletkenliğidir; 0,425 cm elektrotlar arasındaki mesafedir; R membranın direncidir; L membranın kalınlığıdır ve W membranın genişliğidir.

1.9. FT-IR Analizi

Membran aktif gruplarını belirlemek için membranlara FT-IR analizi uygulanmıştır. Bu işlem için bir Jasco FTIR cihazı kullanılarak absorbans ve dalga sayısı verileri elde edilmiştir. Dalga sayısı aralığı $4000-400 \text{ cm}^{-1}$ arasında tutulmuştur.

SONUÇLAR VE DEĞERLENDİRME

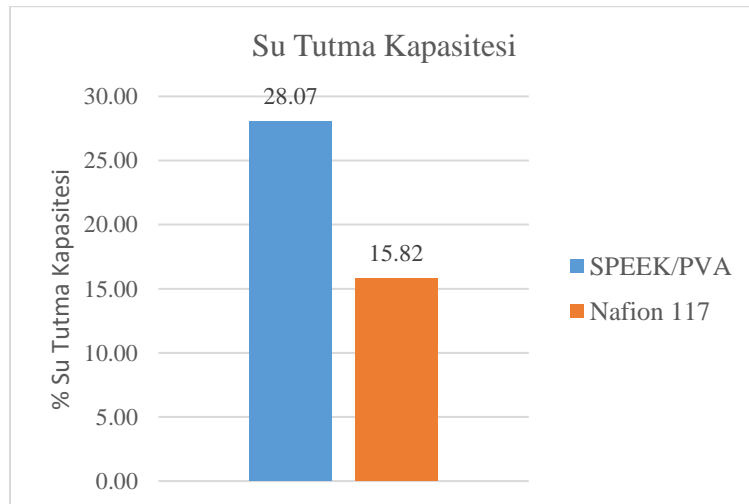
Sentezlenen membranın karakterizasyon testi sonuçları, Nafion 117 ticari membranı ile karşılaştırılarak değerlendirilmiştir.

1.10. Su Tutma Kapasitesi ve Şişme Özelliği

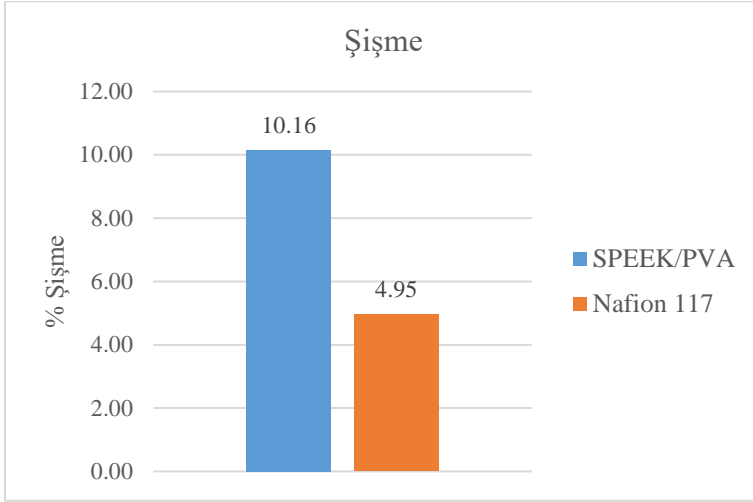
Membranda proton taşınımı su molekülleri tarafından sağlandığı için su tutma kapasitesi değerleri yakıt hücresinin performansı açısından önem arz etmektedir [20]. SPEEK polimerinin sülfonasyon derecesi ne kadar yüksek olursa, su molekülünü membrana çeken yüksek oranda sülfonik asit gruplarının varlığının da o kadar fazla olduğu ifade edilebilir [24]. Sonuç olarak su tutma kapasitesi değerleri arttıkça membranın proton iletkenliğinin arttığı belirtilebilir. Bu sebeple sentezlenen SPEEK/PVA blend membranında sülfonik asit gruplarını içeren SPEEK polimerinin uygun sülfonasyon derecesi literatür taraması sonuçlarından da yararlanılarak 60 °C sıcaklıkta 6 saat olarak belirlenmiştir. Doğan ve ark. tarafından gerçekleştirilen çalışmada [25], %60 ve %70 SD'ye sahip SPEEK kompozit membranlarının su tutma kapasiteleri, sülfonik grup varlığının artması ile %27'den %32'ye yükselmiştir. Yee ve ark. tarafından gerçekleştirilen çalışmada ise [26], 40 °C ve 60 °C'de 6 saat boyunca sülfonasyon işlemine tabi tutulan iki membranın su tutma kapasiteleri sırası ile %33,8 ve %62,1 olarak belirlenmiştir.

Görsel 1'de aynı şartlar altında testleri gerçekleştirilen SPEEK/PVA blend ve Nafion 117 ticari membranlarının oda sıcaklığındaki su tutma kapasitesi değerleri gösterilmiştir. Sentezlenen SPEEK/PVA blend membranı içerdiği sülfonik asit gruplarının Nafion 117 ticari membranına kıyasla daha yüksek olmasından ve PVA polimerinde bulunan hidroksil uçlarının varlığından dolayı su tutma kapasitesi Nafion 117 ticari membranına kıyasla çok daha yüksek çıkmıştır.

Membranda şişme difüzyon direncinin bir ölçüsü olduğu için membran performansı açısından oldukça önemli bir parametredir. Şişme arttıkça protonların katetmesi gereken yolun artması nedeniyle membran difüzyon direnci de artmakta ve proton transferi zorlaşmaktadır. Membranın su miktarındaki artış bağlar arasındaki su moleküllerinin miktarını artıracığından su tutma kapasitesi arttıkça membranın şişme değeri de artmaktadır [27]. Görsel 2'de aynı şartlar altında testi gerçekleştirilen SPEEK/PVA blend membranı ve Nafion 117 ticari membranının oda sıcaklığındaki şişme değerleri gösterilmiştir. Sonuçlardan da görüldüğü üzere su tutma kapasitesi yüksek olan SPEEK/PVA blend membranının şişme değeri, Nafion 117 ticari membranına kıyasla çok daha yüksek çıkmıştır.



Görsel 1. Membranların su tutma kapasitesi değerleri

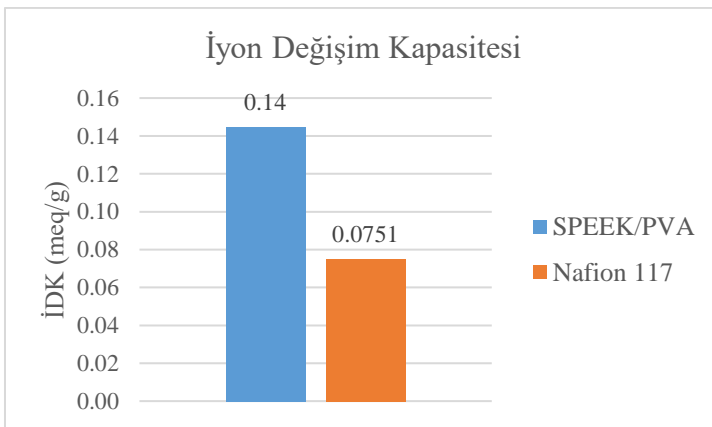


Görsel 2. Membranların şişme değerleri

1.11. İyon Değişim Kapasitesi

İyon değişim kapasitesi, iyonik iletkenliğin bir ölçüsü olup membrandaki iyon değiştirilebilir grupların varlığının göstergesidir. Membranda iyon değişimi su molekülleri tarafından sağlandığı için su tutma kapasitesi ile doğru orantılıdır [20]. Su tutma kapasitesi arttıkça iyon değişim kapasitesi de artmaktadır.

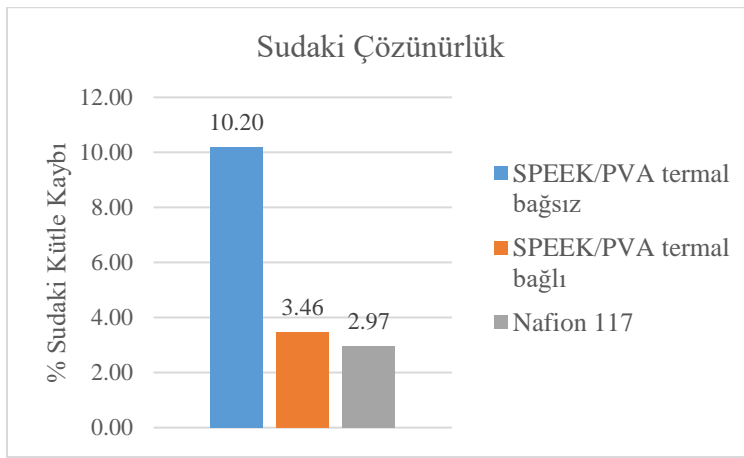
İyon değişim kapasitesi testi, NaCl çözeltisi içerisindeki Na⁺ iyonları ile membrandaki H⁺ iyonlarının yer değiştirme prensibine dayanmaktadır. Gerçekleştirilen test sonucu SPEEK/PVA blend membranı, Nafion 117 ticari membranına kıyasla daha yüksek su tutma kapasitesine sahip olduğu için iyon değişim kapasitesi sonucu da beklenen gibi Nafion membrana kıyasla daha yüksek çıkmıştır. Membranların oda sıcaklığındaki iyon değişim kapasitesi değerleri Görsel 3'te verilmiştir. Yang tarafından gerçekleştirilen SPEEK/PVA blend membran çalışmasında [28], iyon değişim kapasitesi kütlice %75 SPEEK ve %25 PVA içeren blend membranı için 0,4716 meq/g olarak hesaplanmıştır. Bahsedilen çalışmadan elde edilen sonuç, bu çalışmada sentezlenen SPEEK/PVA blendi ile örtüşmektedir. Aradaki farkın ise Yang tarafından gerçekleştirilen çalışmadaki SPEEK polimerinin daha yüksek olan sülfonasyon derecesinden kaynaklandığı düşünülmektedir.



Görsel 3. Membranların İDK değerleri

1.12. Sudaki Çözünürlük

MYH sistemlerinde membranlar su içerisinde bulunur. Bu sebeple kullanılan membranların suya dayanıklı olması beklenir. Sentezlenen SPEEK/PVA blend membranındaki PVA içeriğinden dolayı açık hidroksil grubu uçları bulunmaktadır. Bu grup su ile bağ yaparak sudaki çözünürlüğü artırıcı etkiye sahiptir. Bunun önüne geçmek için membrana termal çapraz bağlama işlemi uygulanmıştır. Bu işlem ile açık hidroksil grubu uçları azaltılmış ve membrandaki moleküler arası bağ boşluğu azalarak daha rijit bir yapı halini almıştır. Bu sayede membranın sudaki çözünürlüğü azaltılmıştır. Görsel 4'te SPEEK/PVA termal çapraz bağlı ve bağımsız blend membranlarının ve Nafion 117 ticari membranının sudaki çözünürlükleri gösterilmiştir. Sonuçlardan görüldüğü üzere termal çapraz bağ SPEEK/PVA blend membranının sudaki çözünürlüğünü önemli miktarda azaltmış ve Nafion membranınıkiyle kıyaslanabilir değere indirmiştir.



Görsel 4. Membranların sudaki kütle kaybı

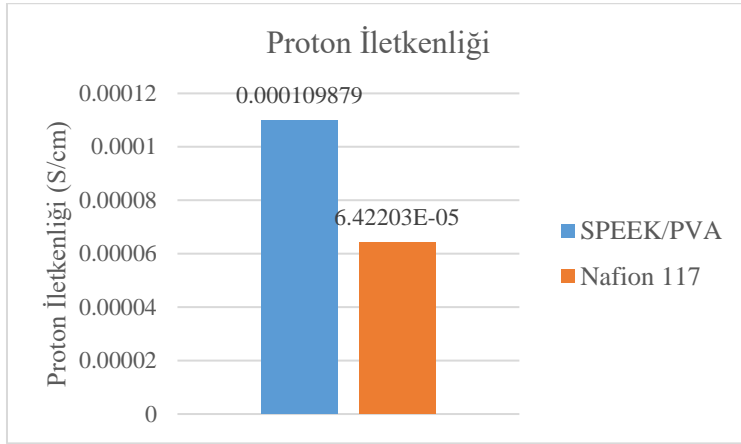
1.13. Proton İletkenliği

Protonların, anottan katoda transferini gerçekleştirmek membranın en önemli görevleri arasındadır ve yakıt hücresinin performansını önemli ölçüde etkilemektedir. Yüksek proton iletkenliği iyi yakıt hücresi performansı için aranan bir özelliktir.

Proton iletkenliği; membranın nemine, yapıdaki sülfonik asit gruplarının miktarına, su tutma kapasitesine ve ortamın sıcaklığına bağlıdır. Bu parametrelerin artmasıyla proton iletkenliğinde de artış gözlemlenir [19]. Marrero ve ark. tarafından gerçekleştirilen çalışmada [29], katkılı SPEEK kompozit membranlarında sülfonasyon derecesi arttıkça proton iletkenliğinin de arttığı görülmüştür.

Proton iletkenliği için empedans analizi deneyleri, MYH sistemlerinin çalışma sıcaklığı olan oda sıcaklığında (25 °C) ve %100 nemli ortamda gerçekleştirilmiştir. Görsel 5'te aynı şartlar altında ölçümü gerçekleştirilen membranların proton iletkenlik sonuçları verilmiştir. Elde edilen sonuçlar, daha yüksek su tutma ve iyon değişim kapasitesine sahip SPEEK/PVA blend membranının beklenildiği gibi Nafion 117 ticari membranına kıyasla daha iyi proton iletkenliği sergilediğini göstermiştir. Murmu ve ark. tarafından gerçekleştirilen SPEEK/PVA/Silika kompozit membran çalışmasında [30], proton iletkenliği 30 °C'de 0,038 S/cm olarak bulunmuştur. Bu çalışmada bulunan proton iletkenliğinden çok daha yüksek çıkmasının sebebi Murmu ve ark. tarafından sentezlenen SPEEK polimerinin yüksek sülfonasyon derecesinden

(%73,72) ve ölçüm tekniğinden kaynaklandığı düşünülmektedir. Bahsedilen çalışmada Nafion 117 ticari membranının proton iletkenliği değeri 30 °C’de 290 mS/cm, bu çalışmada ise aynı ticari membran 25 °C’de 0,06422 mS/cm olarak bulunmuştur.



Görsel 5. Membranların proton iletkenliği

1.14. Mekanik Dayanıklılık

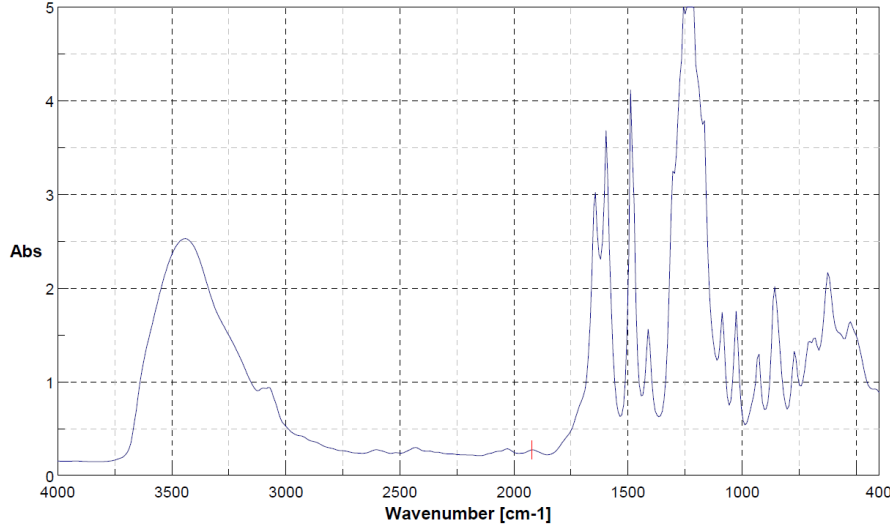
SPEEK/PVA blend membranının ve Nafion 117 ticari membranının çekme direnci ve kopma uzaması değerleri Çizelge 1’de sunulmuştur. Test sonuçları, sentezlenen SPEEK/PVA membranının Nafion membranından daha yüksek çekme direncine sahip olduğunu ve dolayısıyla mekanik dayanımının daha yüksek olduğunu göstermektedir. Kopma uzaması değerleri incelendiğinde ise Nafion membranının, sentezlenen SPEEK/PVA membranından daha yüksek kopma uzaması değeri sergilediğini dolayısıyla elastikite özelliğinin daha iyi olduğu görülmüştür.

Çizelge 1. Membranların çekme direnci ve kopma uzaması değerleri

| Membran | Çekme Direnci (MPa) | Kopma Uzaması (%) |
|------------|---------------------|-------------------|
| SPEEK/PVA | 34,75 | 17,08 |
| Nafion 117 | 13,88 | 171,82 |

1.15. FT-IR Analizi

Sentezlenen membranların yapısındaki fonksiyonel grupları belirlemek amacıyla Jasco FT-IR cihazı ile analiz gerçekleştirilmiştir. Karakteristik sülfonik asit pikleri, 1020-1305 cm⁻¹ aralığındadır ve -SO₃H grubuna aittir [31]. Bu çalışmada, membran yapısındaki karakteristik sülfonik asit pikleri; 1164,79-1303,64 cm⁻¹ olarak grafiğe yansımıştır (Görsel 6). Analiz sonucu, PEEK polimerine uygulanan sülfonasyon işleminin başarılı bir şekilde gerçekleştirildiğini göstermiştir.



Görsel 6. FT-IR analizi sonucu

GENEL DEĞERLENDİRME VE SONUÇLAR

MYH sistemlerinde kullanılmak üzere sentezlenen SPEEK/PVA blend membranı başarılı bir şekilde elde edilmiştir. Membranın, 25 °C’de %100 nemli ortamda proton iletkenlik değeri 0,1099 mS/cm ile aynı şartlar altında testi gerçekleştirilen Nafion 117 ticari membranından (0,06422 mS/cm) çok daha yüksek olduğu görülmüştür.

MYH sistemlerinde membran su içerisinde bulunmaktadır ve bu sebeple de sudaki çözünürlüğünün az olması yakıt hücresine seçilen membran için oldukça önemli bir kriterdir. Sudaki kütle kaybını azaltmak için sentezlenen SPEEK/PVA blend membranına termal çapraz bağlama işlemi uygulanmış ve bu işlem sonucunda 25°C’deki sudaki kütle kaybı %10,20’den %3,46’ya indirgenerek kabul edilebilir seviyelere getirilmiştir (Nafion 117 için değer %2,97’dir).

Yapılan mekanik dayanım testi sonuçları; sentezlenen SPEEK/PVA blend membranının, Nafion 117 ticari membranından daha iyi dayanıma sahip olduğunu ancak Nafion 117 ticari membranının daha esnek olduğunu göstermiştir.

Çalışma sonucunda, oda sıcaklığında çalışan MYH sistemleri için sentezlenen SPEEK/PVA blend membranının, pahalı Nafion 117 ticari membranına kıyasla daha iyi su tutma ve iyon değişim kapasitesi, proton iletkenliği ve mekanik dayanım sergilediği görülmüştür. Bu kapsamda; SPEEK/PVA blendi, MYH sistemleri için Nafion 117 ticari membranına alternatif olabilecek umut vadeden geliştirilebilir bir membran potansiyeline sahip olduğu ifade edilebilir.

TEŞEKKÜR

Bu çalışmanın gerçekleşmesi sürecinde FYL-2022-8059 numaralı proje kapsamında yaptıkları destekler için Gazi Üniversitesi BAP birimine teşekkür ederiz.

KAYNAKÇA

1. Rahimnejad, M., et al., *Microbial fuel cell as new technology for bioelectricity generation: A review*. Alexandria Engineering Journal, 2015. **54**(3): p. 745-756.
2. Li, M., et al., *Microbial fuel cell (MFC) power performance improvement through enhanced microbial electrogenicity*. Biotechnology Advances, 2018. **36**(4): p. 1316-1327.
3. Ramya, M. and P.S. Kumar, *A review on recent advancements in bioenergy production using microbial fuel cells*. Chemosphere, 2022. **288**: p. 132512.
4. Rozendal, R.A., H.V. Hamelers, and C.J. Buisman, *Effects of membrane cation transport on pH and microbial fuel cell performance*. Environmental Science Technology 2006. **40**(17): p. 5206-5211.
5. Dincer, K., et al., *Anot Tarafı Elektrosin Metodu Ile Ysz+ Sdc+ Nacanibo Ile Kaplanmış Pem Yakıt Hücresinin Performansinin Deneysel Olarak İncelenmesi*. Selçuk-Teknik Dergisi, 2014. **13**(1): p. 12-24.
6. Ieropoulos, I.A., et al., *Comparative study of three types of microbial fuel cell*. Enzyme microbial technology 2005. **37**(2): p. 238-245.
7. Boas, J.V., et al., *Review on microbial fuel cells applications, developments and costs*. Journal of Environmental Management, 2022. **307**: p. 114525.
8. Flimban, S.G., et al., *The effect of Nafion membrane fouling on the power generation of a microbial fuel cell*. International Journal of Hydrogen Energy, 2020. **45**(25): p. 13643-13651.
9. Ayyaru, S. and S. Dharmalingam, *Development of MFC using sulphonated polyether ether ketone (SPEEK) membrane for electricity generation from waste water*. Bioresource Technology, 2011. **102**(24): p. 11167-11171.
10. Sun, G., et al., *The significance of the initiation process parameters and reactor design for maximizing the efficiency of microbial fuel cells*. Applied Microbiology Biotechnology 2014. **98**: p. 2415-2427.
11. Chae, K.J., et al., *Mass transport through a proton exchange membrane (Nafion) in microbial fuel cells*. Energy Fuels 2008. **22**(1): p. 169-176.
12. Dharmalingam, S., V. Kugarajah, and M. Sugumar, *Membranes for microbial fuel cells, in Microbial Electrochemical Technology*. 2019, Elsevier. p. 143-194.
13. Angioni, S., et al., *Improving the performances of Nafion™-based membranes for microbial fuel cells with silica-based, organically-functionalized mesostructured fillers*. Journal of Power Sources, 2016. **334**: p. 120-127.
14. Fan, L., J. Shi, and Y. Xi, *PVDF-modified Nafion membrane for improved performance of MFC*. Membranes, 2020. **10**(8): p. 185.
15. Sahu, A., et al., *Nafion and modified-Nafion membranes for polymer electrolyte fuel cells: An overview*. Bulletin of Materials Science, 2009. **32**(3): p. 285-294.

16. Hernández-Flores, G., H. Poggi-Varaldo, and O. Solorza-Feria, *Comparison of alternative membranes to replace high cost Nafion ones in microbial fuel cells*. international journal of hydrogen energy, 2016. **41**(48): p. 23354-23362.
17. Kumar, P. and R.P. Bharti, *Nanocomposite polymer electrolyte membrane for high performance microbial fuel cell: Synthesis, characterization and application*. Journal of the Electrochemical Society, 2019. **166**(15): p. F1190.
18. Mokhtarian, N., et al., *Improvement of microbial fuel cell performance by using nafion polyaniline composite membranes as a separator*. Journal of fuel cell science technology 2013. **10**(4).
19. Harun, N.A.M., N. Shaari, and N.F.H. Nik Zaiman, *A review of alternative polymer electrolyte membrane for fuel cell application based on sulfonated poly (ether ether ketone)*. International Journal of Energy Research, 2021. **45**(14): p. 19671-19708.
20. Venkatesan, P.N. and S. Dharmalingam, *Characterization and performance study of phase inversed Sulfonated Poly Ether Ether Ketone–Silico tungstic composite membrane as an electrolyte for microbial fuel cell applications*. Renewable Energy, 2017. **102**: p. 77-86.
21. Kugarajah, V. and S. Dharmalingam, *Sulphonated polyhedral oligomeric silsesquioxane/sulphonated poly ether ether ketone nanocomposite membranes for microbial fuel cell: Insights to the miniatures involved*. Chemosphere, 2020. **260**: p. 127593.
22. Ghasemi, M., et al., *Treatment of two different water resources in desalination and microbial fuel cell processes by poly sulfone/Sulfonated poly ether ether ketone hybrid membrane*. Energy, 2016. **96**: p. 303-313.
23. Ghasemi, M., et al., *Sulfonated poly ether ether ketone with different degree of sulphonation in microbial fuel cell: Application study and economical analysis*. International Journal of Hydrogen Energy, 2016. **41**(8): p. 4862-4871.
24. Leong, J.X., et al., *Composite membrane containing graphene oxide in sulfonated polyether ether ketone in microbial fuel cell applications*. International Journal of Hydrogen Energy, 2015. **40**(35): p. 11604-11614.
25. Doğan, H., et al., *Effect of cesium salt of tungstophosphoric acid (Cs-TPA) on the properties of sulfonated polyether ether ketone (SPEEK) composite membranes for fuel cell applications*. International journal of hydrogen energy, 2010. **35**(15): p. 7784-7795.
26. Yee, R.S., K. Zhang, and B.P. Ladewig, *The effects of sulfonated poly (ether ether ketone) ion exchange preparation conditions on membrane properties*. Membranes, 2013. **3**(3): p. 182-195.
27. Shabani, M., et al., *Upgrading the electrochemical performance of graphene oxide-blended sulfonated polyetheretherketone composite polymer electrolyte membrane for microbial fuel cell application*. Biocatalysis and Agricultural Biotechnology, 2019. **22**: p. 101369.

28. Yang, T., *Preliminary study of SPEEK/PVA blend membranes for DMFC applications*. International Journal of Hydrogen Energy, 2008. **33**(22): p. 6772-6779.
29. Marrero, J.C., et al., *Sulfonation degree effect on ion-conducting SPEEK-titanium oxide membranes properties*. Polímeros, 2017. **27**: p. 189-194.
30. Murmu, R., et al., *Preparation and characterization of the SPEEK/PVA/Silica hybrid membrane for direct methanol fuel cell (DMFC)*. Polymer Bulletin, 2021: p. 1-27.
31. Hosseinabadi, P., et al., *Synthesis and optimization of nanocomposite membranes based on SPEEK and perovskite nanoparticles for polymer electrolyte membrane fuel cells*. New Journal of Chemistry, 2019. **43**(41): p. 16232-16245.

HIGHER ORDER LEONARDO NUMBERS

Assoc. Prof. Kübra GÜL

Kafkas University, - ORCID ID: 0000-0002-8732-5718

ABSTRACT

In this study, we define the higher order Leonardo sequence. We give basic definitions and properties of this new sequence. Moreover, we derive the recurrence relation, the Binet formula and the generating function for the higher order Leonardo numbers. Finally, we calculate Catalan's identity, Cassini's identity and d'Ocagne identity for these numbers.

Keywords: Higher order Leonardo numbers, Generating function, Binet formula.

1. INTRODUCTION

Number sequences have an important place and their applications in various scientific fields in the literature [1,3,6,10]. The most famous of these sequences are the Fibonacci sequences $\{F_n\}_{n=0}^{\infty}$ and Lucas sequences $\{L_n\}_{n=0}^{\infty}$ defined by, $n \geq 2$,

$$F_n = F_{n-1} + F_{n-2} \quad (1)$$

and

$$L_n = L_{n-1} + L_{n-2} \quad (2)$$

, where $F_0 = 0, F_1 = 1$ and $L_0 = 2, L_1 = 1$, respectively.

In [4], Leonardo sequence $\{\mathcal{L}_n\}_{n=0}^{\infty}$ is defined by

$$\mathcal{L}_n = \mathcal{L}_{n-1} + \mathcal{L}_{n-2} + 1 \quad n \geq 2, \mathcal{L}_0 = \mathcal{L}_1 = 1. \quad (3)$$

Also, Leonardo sequence is given by the equation

$$\mathcal{L}_{n+1} = 2\mathcal{L}_n - \mathcal{L}_{n-2}. \quad (4)$$

The characteristic equation of the equation (4) is

$$\lambda^3 - 2\lambda^2 + 1 = 0. \quad (5)$$

The Binet's formula of the Leonardo sequence is

$$\mathcal{L}_n = \frac{2\alpha^{n+1} - 2\beta^{n+1} - \alpha + \beta}{\alpha - \beta} \quad (6)$$

where α and β are roots of characteristic equation (5).

There are the relationships between Leonardo numbers, Fibonacci numbers and Lucas numbers as follows:

$$\begin{aligned} \mathcal{L}_n &= 2F_{n+1} - 1, \\ \mathcal{L}_{n-1} + \mathcal{L}_{n+1} &= 2L_{n+1} - 2, \\ \mathcal{L}_n + 2F_n &= \mathcal{L}_{n+1}, \\ \mathcal{L}_n + F_n + L_n &= 2\mathcal{L}_n + 1, \\ \mathcal{L}_{n+1}^2 + \mathcal{L}_n^2 &= 2(\mathcal{L}_{2n+2} - \mathcal{L}_{n+2} + 1). \end{aligned} \quad (7)$$

Several identities for Leonardo numbers were obtained by authors. Furthermore, they provided Leonardo numbers with a matrix representation. Some recent research on Leonardo numbers can be seen in [2, 4].

In recent years, several authors investigated on higher order sequences associated with the well-known number sequences. The study of higher order sequences began with the earlier work of Randić et al. [14] where the authors investigated higher order Fibonacci numbers and its various algebraic properties. Cook et al. [5] defined Jacobsthal higher order numbers. In [13], the authors introduced Mersenne higher order numbers and gave various algebraic properties. In the literature, there are several studies on higher order sequences associated with the different sequences and their generalizations. Kizilates and Kone [8] expanded the quaternion algebraic research to higher order Fibonacci numbers. Then, the authors investigated hyper complex numbers and quaternions with the higher order sequence [7,9,11,12].

In this study, we introduce a new type of higher order sequences, called the higher order Leonardo sequences. Then, we give Binet formula, generating function, several identities for this sequence.

2. MAIN RESULTS

Definition 2.1. For positive integer k , the higher order Leonardo numbers $\{\mathcal{L}_n^{(k)}\}$ are defined by

$$\mathcal{L}_n^{(k)} = \frac{\mathcal{L}_{kn}}{\mathcal{L}_k}, \quad n = 0, 1, 2, \dots \quad (8)$$

If it is taken as $k = 1$, higher-order Leonardo number $\mathcal{L}_n^{(1)}$ is the ordinary Leonardo numbers. From the above definition and the Binet's formula of \mathcal{L}_n , the Binet's formula for higher order Leonardo numbers $\mathcal{L}_n^{(k)}$ can be written as

$$\mathcal{L}_n^{(k)} = \frac{2\alpha^{kn+1} - 2\beta^{kn+1} - \alpha + \beta}{2\alpha^{k+1} - 2\beta^{k+1} - \alpha + \beta}.$$

Theorem 2.2. The higher order Leonardo numbers $\mathcal{L}_n^{(k)}$ satisfy the following equations

$$\mathcal{L}_{n+1}^{(k)} = \begin{cases} L_k \mathcal{L}_n^{(k)} + \mathcal{L}_{n-1}^{(k)} + \mathcal{L}_k^{-1}(L_k + 2), & k \text{ odd} \\ L_k \mathcal{L}_n^{(k)} - \mathcal{L}_{n-1}^{(k)} + \mathcal{L}_k^{-1}L_k, & k \text{ even} \end{cases} \quad (9)$$

where \mathcal{L}_k is k th Leonardo number and L_k is k th Lucas number.

Proof. Right side of the equation (9) is rewritten with the help of the Binet formula of $\mathcal{L}_n^{(k)}$ as follows:

$$\begin{aligned} L_k \mathcal{L}_n^{(k)} - (-1)^k \mathcal{L}_{n-1}^{(k)} &= (\alpha^k + \beta^k) \frac{2\alpha^{kn+1} - 2\beta^{kn+1} - \alpha + \beta}{2\alpha^{k+1} - 2\beta^{k+1} - \alpha + \beta} - (\alpha\beta)^k \frac{2\alpha^{k(n-1)+1} - 2\beta^{k(n-1)+1} - \alpha + \beta}{2\alpha^{k+1} - 2\beta^{k+1} - \alpha + \beta} \\ &= \frac{1}{2\alpha^{k+1} - 2\beta^{k+1} - \alpha + \beta} (2\alpha^{kn+k+1} + 2\alpha^{kn+1}\beta^k - 2\alpha^k\beta^{kn+1} - 2\beta^{kn+k+1} - \alpha^{k+1} \\ &\quad - \alpha\beta^k + \beta\alpha^k + \beta^{k+1} - 2\alpha^{kn+1}\beta^k + 2\alpha^k\beta^{kn+1} + \alpha^{k+1}\beta^k - \alpha^k\beta^{k+1}) \\ &= \frac{1}{2\alpha^{k+1} - 2\beta^{k+1} - \alpha + \beta} (2\alpha^{kn+k+1} - 2\beta^{kn+k+1} - \alpha + \beta) - \alpha^{k+1} + \beta^{k+1} - \alpha\beta^k + \beta\alpha^k \\ &\quad + \alpha^{k+1}\beta^k - \alpha^k\beta^{k+1} - \alpha + \beta) \\ &= \frac{1}{2\alpha^{k+1} - 2\beta^{k+1} - \alpha + \beta} \left((2\alpha^{kn+k+1} - 2\beta^{kn+k+1} - \alpha + \beta) - \alpha^k(\alpha - \beta) - \beta^k(\alpha - \beta) \right. \\ &\quad \left. + (\alpha\beta)^k(\alpha - \beta) - (\alpha - \beta) \right) \\ &= \mathcal{L}_{n+1}^{(k)} - \frac{1}{2\alpha^{k+1} - 2\beta^{k+1} - \alpha + \beta} (\alpha - \beta)(\alpha^k + \beta^k - (\alpha\beta)^k + 1). \end{aligned}$$

So, we have

$$\mathcal{L}_{n+1}^{(k)} = \mathcal{L}_k \mathcal{L}_n^{(k)} - (-1)^k \mathcal{L}_{n-1}^{(k)} + \frac{1}{2\alpha^{k+1} - 2\beta^{k+1} - \alpha + \beta} (\alpha - \beta)(\alpha^k + \beta^k - (\alpha\beta)^k + 1).$$

If k is odd, then the above equation is given as

$$\mathcal{L}_{n+1}^{(k)} = \mathcal{L}_k \mathcal{L}_n^{(k)} + \mathcal{L}_{n-1}^{(k)} + \mathcal{L}_k^{-1}(L_k + 2).$$

If k is even, then the above equation is given as

$$\mathcal{L}_{n+1}^{(k)} = \mathcal{L}_k \mathcal{L}_n^{(k)} - \mathcal{L}_{n-1}^{(k)} + \mathcal{L}_k^{-1}L_k.$$

Theorem 2.3. The generating function of $\mathcal{L}_n^{(k)}$ is

$$G(x, k) = \mathcal{L}_k^{-1} \left(\frac{1 + (-2 + F_k)x + (2F_k + (-1)^{k+1})x^2}{1 - (1 + L_k)x - (L_k + (-1)^k)x^2 - (-1)^k x^3} \right).$$

Proof.

Suppose that the generating function for the the higher-order Leonardo numbers is

$$G(x, k) = \sum_{n=0}^{\infty} \mathcal{L}_n^{(k)} x^n = \mathcal{L}_0^{(k)} + \mathcal{L}_1^{(k)} x + \mathcal{L}_2^{(k)} x^2 + \dots + \mathcal{L}_n^{(k)} x^n + \dots.$$

By using Binet's formula, we can rewrite the generating function as follows:

$$\begin{aligned} G(x, k) &= \sum_{n=0}^{\infty} \mathcal{L}_n^{(k)} x^n = \sum_{n=0}^{\infty} \frac{2\alpha^{kn+1} - 2\beta^{kn+1} - \alpha + \beta}{2\alpha^{k+1} - 2\beta^{k+1} - \alpha + \beta} x^n \\ &= \frac{1}{2\alpha^{k+1} - 2\beta^{k+1} - \alpha + \beta} (2\alpha \sum_{n=0}^{\infty} \alpha^{kn} x^n - 2\beta \sum_{n=0}^{\infty} \beta^{kn} x^n + (-\alpha + \beta) \sum_{n=0}^{\infty} x^n) \\ &= \frac{1}{2\alpha^{k+1} - 2\beta^{k+1} - \alpha + \beta} \left(2\alpha \frac{1}{1 - \alpha^k x} - 2\beta \frac{1}{1 - \beta^k x} + (-\alpha + \beta) \frac{1}{1 - x} \right) \\ &= \frac{1}{2\alpha^{k+1} - 2\beta^{k+1} - \alpha + \beta} \frac{(2\alpha(1 - \beta^k x)(1 - x) - 2\beta(1 - \alpha^k x)(1 - x) + (-\alpha + \beta)(1 - \alpha^k x)(1 - \beta^k x))}{1 - (1 + \alpha^k + \beta^k)x - (\alpha^k + \beta^k + (\alpha\beta)^k)x^2 - (\alpha\beta)^k x^3} \\ &= \frac{1}{2\alpha^{k+1} - 2\beta^{k+1} - \alpha + \beta} \frac{\alpha - \beta + (-2\alpha - \alpha\beta^k + 2\beta + \beta\alpha^k + \alpha^{k+1} - \beta^{k+1})x + (2\alpha\beta^k - 2\beta\alpha^k - \alpha^{k+1}\beta^k + \alpha^k\beta^{k+1})x^2}{1 - (1 + \alpha^k + \beta^k)x - (\alpha^k + \beta^k + (\alpha\beta)^k)x^2 - (\alpha\beta)^k x^3} \\ &= \frac{\alpha - \beta}{2\alpha^{k+1} - 2\beta^{k+1} - \alpha + \beta} \left(\frac{1 + (-2 + \frac{\alpha^k - \beta^k}{\alpha - \beta})x + \frac{2\alpha^k - 2\beta^k - \alpha^{k+1}\beta^k + \alpha^k\beta^{k+1}}{\alpha - \beta} x^2}{1 - (1 + \alpha^k + \beta^k)x - (\alpha^k + \beta^k + (\alpha\beta)^k)x^2 - (\alpha\beta)^k x^3} \right) \\ &= \mathcal{L}_k^{-1} \left(\frac{1 + (-2 + \frac{\alpha^k - \beta^k}{\alpha - \beta})x + \frac{2\alpha^k - 2\beta^k - \alpha^{k+1}\beta^k + \alpha^k\beta^{k+1}}{\alpha - \beta} x^2}{1 - (1 + \alpha^k + \beta^k)x - (\alpha^k + \beta^k + (\alpha\beta)^k)x^2 - (\alpha\beta)^k x^3} \right) \\ &= \mathcal{L}_k^{-1} \left(\frac{1 + (-2 + F_k)x + (2F_k + (-1)^{k+1})x^2}{1 - (1 + L_k)x - (L_k + (-1)^k)x^2 - (-1)^k x^3} \right) \end{aligned}$$

Theorem 2.4. The exponential generating function of $\mathcal{L}_n^{(k)}$ is

$$\sum_{n=0}^{\infty} \mathcal{L}_n^{(k)} \frac{x^n}{n!} = \mathcal{L}_k^{-1} \left(\frac{2\alpha e^{\alpha^k x} - 2\beta e^{\beta^k x} - (\alpha - \beta)e^x}{\alpha - \beta} \right).$$

Proof. Let $G_x^{(k)} = \sum_{n=0}^{\infty} \mathcal{L}_n^{(k)} \frac{x^n}{n!}$ be the exponential generating function of $\mathcal{L}_n^{(k)}$.

$$\begin{aligned} \sum_{n=0}^{\infty} \mathcal{L}_n^{(k)} \frac{x^n}{n!} &= \sum_{n=0}^{\infty} \frac{2\alpha^{kn+1} - 2\beta^{kn+1} - \alpha + \beta}{2\alpha^{k+1} - 2\beta^{k+1} - \alpha + \beta} \frac{x^n}{n!} \\ &= \frac{1}{2\alpha^{k+1} - 2\beta^{k+1} - \alpha + \beta} \left(2\alpha \sum_{n=0}^{\infty} \frac{(\alpha^k x)^n}{n!} - 2\beta \sum_{n=0}^{\infty} \frac{(\beta^k x)^n}{n!} - \alpha \sum_{n=0}^{\infty} \frac{x^n}{n!} + \beta \sum_{n=0}^{\infty} \frac{x^n}{n!} \right) \\ &= \frac{1}{2\alpha^{k+1} - 2\beta^{k+1} - \alpha + \beta} (2\alpha e^{\alpha^k x} - 2\beta e^{\beta^k x} - (\alpha - \beta)e^x) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= \frac{1}{2\alpha^{k+1}-2\beta^{k+1}-\alpha+\beta} \left((\alpha - \beta) \left(2e^{\alpha kx} + 2e^{\beta kx} - e^x \right) + 2\beta e^{\alpha kx} - 2\alpha e^{\beta kx} \right) \\
 &= \mathcal{L}_k^{-1} \left(\frac{2\alpha e^{\alpha kx} - 2\beta e^{\beta kx} - (\alpha - \beta)e^x}{\alpha - \beta} \right).
 \end{aligned}$$

Theorem 2.5. For any $n, r \in Z$, Catalan's identity for the higher order Leonardo numbers is

$$\begin{aligned}
 \mathcal{L}_{n-r}^{(k)} \mathcal{L}_{n+r}^{(k)} - \left(\mathcal{L}_n^{(k)} \right)^2 &= (-1)^{(n-r)k+1} \left(\left(\mathcal{L}_r^{(k)} \right)^2 + \left(\mathcal{L}_k \right)^{-1} \left(2\mathcal{L}_r^{(k)} + \right. \right. \\
 &\left. \left. \left(\mathcal{L}_k \right)^{-1} \right) \right) + \left(\mathcal{L}_k \right)^{-1} \left(2\mathcal{L}_n^{(k)} - \mathcal{L}_{n-r}^{(k)} - \mathcal{L}_{n+r}^{(k)} \right). \tag{10}
 \end{aligned}$$

Proof. By using Catalan's identity for Fibonacci numbers and the equation in [4]

$\mathcal{L}_n = 2F_{n+1} - 1$, we obtain

$$\begin{aligned}
 \mathcal{L}_{n-r}^{(k)} \mathcal{L}_{n+r}^{(k)} - \left(\mathcal{L}_n^{(k)} \right)^2 &= \frac{1}{(2F_{k+1}-1)^2} \left((2F_{(n-r)k+1} - 1)(2F_{(n+r)k+1} - 1) - ((2F_{nk+1} - 1))^2 \right) \\
 &= \frac{1}{(2F_{k+1}-1)^2} \left(4F_{(n-r)k+1}F_{(n+r)k+1} - 2F_{(n-r)k+1} - 2F_{(n+r)k+1} - 4F_{nk+1}^2 + 4F_{nk+1} \right) \\
 &= \frac{1}{(2F_{k+1}-1)^2} \left(4(-1)^{(n-r)k+1}F_{kr}^2 + 2(2F_{nk+1} - 1) - (2F_{(n-r)k+1} - 1) - (2F_{(n+r)k+1} - 1) \right) \\
 &= \frac{1}{(\mathcal{L}_k)^2} \left((-1)^{(n-r)k+1}(\mathcal{L}_{kr}^2 + 2\mathcal{L}_{kr} + 1) + 2\mathcal{L}_{kn} - \mathcal{L}_{k(n-r)} - \mathcal{L}_{k(n+r)} \right) \\
 &= (-1)^{(n-r)k+1} \left(\left(\mathcal{L}_r^{(k)} \right)^2 + \left(\mathcal{L}_k \right)^{-1} \left(2\mathcal{L}_r^{(k)} + \left(\mathcal{L}_k \right)^{-1} \right) \right) + \left(\mathcal{L}_k \right)^{-1} \left(2\mathcal{L}_n^{(k)} - \mathcal{L}_{n-r}^{(k)} - \mathcal{L}_{n+r}^{(k)} \right).
 \end{aligned}$$

Theorem 2.6. Cassini's identity for the higher order Leonardo numbers is

$$\mathcal{L}_{n-1}^{(k)} \mathcal{L}_{n+1}^{(k)} - \left(\mathcal{L}_n^{(k)} \right)^2 = (-1)^{(n-1)k+1} + \left(\mathcal{L}_k \right)^{-1} \left(2 + \left(\mathcal{L}_k \right)^{-1} \right) + \left(\mathcal{L}_k \right)^{-1} \left(2\mathcal{L}_n^{(k)} - \mathcal{L}_{n-1}^{(k)} - \mathcal{L}_{n+1}^{(k)} \right).$$

Proof. When it is taken as $r = 1$ in the equation (10), the result is seen.

Theorem 2.7. D'Ocagne's identity for the higher-order Leonardo numbers is

$$\mathcal{L}_m^{(k)} \mathcal{L}_{n+1}^{(k)} - \mathcal{L}_{m+1}^{(k)} \mathcal{L}_n^{(k)} = \mathcal{L}_k^{-1} \left(\frac{4}{\sqrt{5}} (-1)^{kn} L_k \left(\mathcal{L}_{km-kn}^{(k)} - 1 \right) - \left(\mathcal{L}_{km}^{(k)} - \mathcal{L}_{kn}^{(k)} \right) \right)$$

Proof. Left side of the equation is rewritten with the help of the Binet formula of $\mathcal{L}_n^{(k)}$ as follows:

$$\begin{aligned}
 \mathcal{L}_m^{(k)} \mathcal{L}_{n+1}^{(k)} &= \frac{2\alpha^{km+1}-2\beta^{km+1}-\alpha+\beta}{2\alpha^{k+1}-2\beta^{k+1}-\alpha+\beta} \cdot \frac{2\alpha^{kn+k+1}-2\beta^{kn+k+1}-\alpha+\beta}{2\alpha^{k+1}-2\beta^{k+1}-\alpha+\beta} \\
 &= \frac{1}{(2\alpha^{k+1}-2\beta^{k+1}-\alpha+\beta)^2} \left(4\alpha^{km+kn+k+2} + 4\beta^{km+kn+k+2} - 4\alpha^{km+1}\beta^{kn+k+1} - \right. \\
 &\left. 4\beta^{km+1}\alpha^{kn+k+1} + (-\alpha + \beta)(2\alpha^{kn+k+1} - 2\beta^{kn+k+1}) + (-\alpha + \beta)^2 \right) \tag{11}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \mathcal{L}_{m+1}^{(k)} \mathcal{L}_n^{(k)} &= \frac{2\alpha^{km+k+1}-2\beta^{km+k+1}-\alpha+\beta}{2\alpha^{k+1}-2\beta^{k+1}-\alpha+\beta} \cdot \frac{2\alpha^{kn+1}-2\beta^{kn+1}-\alpha+\beta}{2\alpha^{k+1}-2\beta^{k+1}-\alpha+\beta} \\
 &= \frac{1}{(2\alpha^{k+1}-2\beta^{k+1}-\alpha+\beta)^2} \left(4\alpha^{km+kn+k+2} + 4\beta^{km+kn+k+2} - 4\alpha^{km+k+1}\beta^{kn+1} - \right. \\
 &\left. 4\beta^{km+k+1}\alpha^{kn+1} + (-\alpha + \beta)(2\alpha^{kn+1} - 2\beta^{kn+1}) + (-\alpha + \beta)^2 \right). \tag{12}
 \end{aligned}$$

Subtracting the equation (11) from the equation (12), we obtain

$$\begin{aligned}
 \mathcal{L}_m^{(k)} \mathcal{L}_{n+1}^{(k)} - \mathcal{L}_{m+1}^{(k)} \mathcal{L}_n^{(k)} &= \frac{-4(\alpha\beta)^{kn+1}}{(2\alpha^{k+1} - 2\beta^{k+1} - \alpha + \beta)^2} (\alpha^k + \beta^k) (\alpha^{km-kn} + \beta^{km-kn}) + (-\alpha \\
 &+ \beta) ((2\alpha^{km+1} - \beta^{km+1} - \alpha + \beta) - (2\alpha^{kn+1} - \beta^{kn+1} - \alpha + \beta))
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= \frac{1}{(2\alpha^{k+1} - 2\beta^{k+1} - \alpha + \beta)^2} \left(-4(\alpha\beta)^{kn+1}(\alpha^k + \beta^k)(\alpha^{km-kn} + \beta^{km-kn} - \alpha + \beta + \alpha - \beta) + \right. \\
 &(-\alpha + \beta) \left((2\alpha^{kn+k+1} - \beta^{kn+k+1} - \alpha + \beta) - (2\alpha^{kn+1} - \beta^{kn+1} - \alpha + \beta) \right) \left. \right) \\
 &= \frac{1}{2\alpha^{k+1} - 2\beta^{k+1} - \alpha + \beta} \left(4(-1)^{kn+2} L_k \left(\mathcal{L}_{km-kn}^{(k)} - \sqrt{5} \right) + (-\alpha + \beta) \left(\mathcal{L}_{km}^{(k)} - \mathcal{L}_{kn}^{(k)} \right) \right) \\
 &= \mathcal{L}_k^{-1} \left(\frac{4}{\sqrt{5}} (-1)^{kn+2} L_k \left(\mathcal{L}_{km-kn}^{(k)} - 1 \right) - \left(\mathcal{L}_{km}^{(k)} - \mathcal{L}_{kn}^{(k)} \right) \right).
 \end{aligned}$$

3. CONCLUSION

In recent years, several authors investigated on higher order sequences associated with the well-known number sequences. In this study, motivated by the recent papers, we have introduced new generalized sequences called the higher order Leonardo sequences. Moreover, we have obtained fundamental properties such as Binet formula and generating function. Also, we have proved several identities of the higher order Leonardo sequences by using Binet formula.

REFERENCES

- [1] Abrate M., Barbero S., Cerruti U. and Murru N., Colored compositions, invert operator and elegant compositions with the black tie, *Discrete Math.* 335, 1-7, 2014.
- [2] Alp, Y. & Koçer, E. G.. Some Properties of Leonardo Numbers . *Konuralp Journal of Mathematics* , 9 (1), 183-189, 2021.
- [3] Amannah C. I. and Nanwin N. D., The Existence of Fibonacci numbers in the algorithmic generator for combinatoric Pascal triangle, *British Journal of Science* 11(2), 62-84, 2014.
- [4] Catarino, P. M., and Borges, A., On leonardo numbers. *Acta Mathematica Universitatis Comenianae*, 89(1), 75-86, 2019.
- [5] Cook C. K. and Bacon M. R.. Some identities for Jacobsthal and Jacobsthal-Lucas numbers satisfying higher order recurrence relations. *Annales mathematicae et informaticae*, 27–39, 2013.
- [6] Falcon, S., and Plaza, A., On the k-Fibonacci Numbers, *Chaos, Solitons and Fractals*, 32(5): 1615- 1624, 2007.
- [7] Gül, K. Generalized k-Order Fibonacci Hybrid Quaternions . *Erzincan University Journal of Science and Technology* , 15 (2) , 670-683, 2022.
- [8] Kizilates, C., Kone, T., On higher order Fibonacci quaternions, *The Journal of Analysis*, 29(4), 1071-1082, 2021.
- [9] Kizilates, C., Kone, T., On higher order Fibonacci hyper complex numbers, *Chaos Solitons Fractals*, 148, 111044, 2021.
- [10] Koshy, T., *Fibonacci and Fibonacci Lucas Numbers with Applications*. John Wiley and Sons Inc., NY., 2001.
- [11] Ozimamoğlu H.. On hyper complex numbers with higher order Pell numbers components. *The Journal of Analysis*, 1–15, 2023.
- [12] Özkan, E. & Uysal, M., On Quaternions with Higher Order Jacobsthal Numbers Components. *Gazi University Journal of Science*, 36 (1), 336-347, 2023.
- [13] Prasad, K., Kumari, M., Mohanta, R., & Mahato, H., The sequence of higher order Mersenne numbers and associated binomial transforms. *arXiv preprint arXiv:2307.08073*, 2023.

[14] M. Randić, D. A. Morales, and O. Araujo, Higher-order Fibonacci numbers, *Journal of Mathematical Chemistry*, 20, 79–94, 1996.

BI PERIODIC JACOBSTHAL POLINOM SEQUENCE AND BINOMIAL TRANSFORMATIONS

Doç. Dr. Şükran UYGUN

Gaziantep University, Science and Art Faculty, Department of Mathematics,
– 0000-0002-7878-2175

Songül AKSU

Gaziantep University, Science and Art Faculty, Department of Mathematics,
--0009-0000-3301-1732

ABSTRACT

In this study, the definition of a generalization of special number sequences is called bi-periodic Jacobsthal is given. Binet formula and generating function of these special number sequence and generalized forms of the number sequence is demonstrated. The definition of bi-periodic Jacobsthal matrix sequence is defined and the Binet formula and generating function of the matrix sequence is given. In the last part of the study, some important relations and binomial transformations of the matrix polynomial sequence obtained as a result of using the bi-periodic Jacobsthal polynomial sequence is mentioned. Similarly, the binomial, k-binomial transformations of bi-periodic Jacobsthal matrix polynomial are denoted. Some relations for binomial transformations of the bi-periodic Jacobsthal matrix polynomial are found. Also, the increasing and decreasing k-binomial transformation of the bi-periodic Jacobsthal matrix polynomial sequences are given, then the Binet formula and generating function of these transformation sequences are given.

Keywords: Special number sequences, Generalized number and Matrix sequences, Binet Formula.

1. INTRODUCTION

Definition 1.1. With initial conditions $J_0 = 0$, $J_1 = 1$ and the recurrence relation $J_{n+2} = J_{n+1} + 2J_n$, the sequence $\{J_n\}_{n=0}^{\infty}$ is called by the Jacobsthal number sequence. The Binet formula for the Jacobsthal number sequence is given as

$$J_n = \frac{1}{3}(2^n - (-1)^n).$$

The generating function for the Jacobsthal number sequence is $\sum_{i=1}^{\infty} J_n x^{i-1} = \frac{1}{1-x-2x^2}$.

Definition 1.2. For any non-zero real numbers a and b , assume that the initial conditions are $\hat{J}_0 = 2$, $\hat{J}_1 = 1$ and the recurrence relation is

$$\hat{J}_n = \begin{cases} a\hat{J}_{n-1} + 2\hat{J}_{n-2}, & n \text{ even} \\ b\hat{J}_{n-1} + 2\hat{J}_{n-2}, & n \text{ odd} \end{cases} \quad n \geq 2$$

The sequence defined by the above recurrence relation is called bi-periodic Jacobsthal sequence. When $a = b = 1$, the classical Jacobsthal sequence is obtained. The characteristic equation of the bi-periodic Jacobsthal sequence is $x^2 - abx - 2ab = 0$.

The roots of this equation are given as $\alpha = \frac{ab + \sqrt{a^2 b^2 + 8ab}}{2}$ and $\beta = \frac{ab - \sqrt{a^2 b^2 + 8ab}}{2}$.

Theorem 1.3. The generating function $\hat{J}(x)$ of the bi-periodic Jacobsthal sequence is defined

$$\hat{J}(x) = \sum_{i=1}^{\infty} \hat{J}_i x^{i-1} = \frac{x(1+ax-2x^2)}{1-(ab+4)x^2+4x^4}.$$

Theorem 1.4. For the bi-periodic Jacobsthal sequence, the Binet's formula is given in the form

$$\hat{J}_m = \left(\frac{\alpha^{1-\varepsilon(m)}}{(ab)^{\lfloor \frac{m}{2} \rfloor}} \right) \frac{\alpha^m - \beta^m}{\alpha - \beta}.$$

Definition 1.5. Let a, b are nonzero real numbers, the bi-periodic Jacobsthal polynomial sequence is defined as $\{d_n(x)\}$

$$d_n(x) = a^{1-\xi(n)} b^{\xi(n)} x d_{n-1}(x) + 2d_{n-2}(x), \quad n \geq 2$$

with the initial conditions $d_0(x) = 0$, $d_1(x) = 1$.

The characteristic equation of the bi-periodic Jacobsthal polynomial sequence is $\alpha^2 - abx\alpha - 2ab = 0$. The roots of the characteristic equation are

$$\alpha_1(x) = \frac{abx + ((abx)^2 + 8ab)^{\frac{1}{2}}}{2}, \quad \alpha_2(x) = \frac{abx - ((abx)^2 + 8ab)^{\frac{1}{2}}}{2}.$$

Lemma 1.6. Bi-periodic Jacobsthal polynomial sequence satisfies the following equality

- a) $d_{2n}(x) = (ab + 4x)d_{2n-2}(x) - 4x^2 d_{2n-4}(x)$,
- b) $d_{2n+1}(x) = (ab + 4x)d_{2n-1}(x) - 4x^2 d_{2n-3}(x)$.

Proof: For the even terms of the sequence, we get

$$\begin{aligned} d_{2n}(x) &= axd_{2n-1}(x) + 2d_{2n-2}(x) \\ &= ax[bxd_{2n-2}(x) + 2d_{2n-3}(x)] + 2d_{2n-2}(x) \\ &= (abx^2 + 2)d_{2n-2}(x) + 2axd_{2n-3}(x) \\ &= (abx^2 + 2)d_{2n-2}(x) + 2[d_{2n-2}(x) - 2d_{2n-4}(x)] \\ &= (abx^2 + 4)d_{2n-2}(x) - 4d_{2n-4}(x) \end{aligned}$$

Similarly, for the odd terms of the sequence, we get

$$\begin{aligned} d_{2n+1}(x) &= bx d_{2n}(x) + 2d_{2n-1}(x) \\ &= bx[ax d_{2n-1}(x) + 2d_{2n-2}(x)] + 2d_{2n-1}(x) \\ &= (abx^2 + 2) d_{2n-1}(x) + 2bx d_{2n-2}(x) \\ &= (abx^2 + 2) d_{2n-1}(x) + 2[d_{2n-1}(x) - 2d_{2n-3}(x)] \\ &= (abx^2 + 4) d_{2n-1}(x) - 4d_{2n-3}(x) \end{aligned}$$

The roots $\alpha_1(x)$ ve $\alpha_2(x)$ of the characteristic equation of the recurrence relation defined in (1.2) satisfy the following properties.

$$\alpha_1(x) + \alpha_2(x) = abx, \quad \alpha_1(x) \cdot \alpha_2(x) = -2ab, \quad (\alpha_1(x))^2 + (\alpha_2(x))^2 = (abx)^2 + 4ab$$

Theorem 1.7. The generating function of the bi-periodic Jacobsthal polynomial is denoted by $d(t)$ and is given by

$$d(t) = \sum_{i=0}^{\infty} d_i(x)t^i = \frac{t(1 + at - 2xt^2)}{1 - (ab + 4x)t^2 + 4x^2t^4}.$$

Proof:

$$d(t) = \sum_{i=0}^{\infty} d_i(x)t^i = \sum_{i=0}^{\infty} d_{2i}(x)t^{2i} + \sum_{i=0}^{\infty} d_{2i+1}(x)t^{2i+1} = d_0(t) + d_1(t)$$

$$d_0(t) = \sum_{i=0}^{\infty} d_{2i}(x)t^{2i} = d_0(x) + d_2(x)t^2 + \sum_{i=2}^{\infty} d_{2i}(x)t^{2i}$$

From the initial conditions, we have $d_0(x) = 0$ $d_1(x) = 1$. By definition (1.5), we find the value of $d_2(x) = ax$.

$$d_0(t) = \sum_{i=0}^{\infty} d_{2i}(x)t^{2i} = d_0(x) + d_2(x)t^2 + \sum_{i=2}^{\infty} d_{2i}(x)t^{2i} = 0 + axt^2 + \sum_{i=2}^{\infty} d_{2i}t^{2i}$$

By Lemma 1.6 , we get

$$d_{2i}(x) = (abx^2 + 4)d_{2i-2}(x) - 4d_{2i-4}(x),$$

Now, on substituting the above value of $d_{2i}(x)$

$$d_0(t) = axt^2 + \sum_{i=2}^{\infty} d_{2i}(x)t^{2i}$$

$$\begin{aligned} d_0(t) &= axt^2 + \sum_{i=2}^{\infty} [(abx^2 + 4)d_{2i-2}(x) - 4d_{2i-4}(x)]t^{2i} \\ &= axt^2 + (abx^2 + 4) \sum_{i=2}^{\infty} d_{2i-2}(x)t^{2i} - 4 \sum_{i=2}^{\infty} d_{2i-4}(x)t^{2i} \\ &= axt^2 + t^2(abx^2 + 4) \sum_{i=1}^{\infty} d_{2i}(x)t^{2i} - 4t^4 \sum_{i=0}^{\infty} d_{2i}(x)t^{2i} \\ &= axt^2 + t^2(abx^2 + 4)d_0(t) - 4t^4d_0(t) \end{aligned}$$

is obtained.

The generating function for the even terms of polynomial sequence is obtained by

$$d_0(t) = \frac{axt^2}{1 - (abx^2 + 4)t^2 + 4t^4}$$

Now, the following equations are obtained to find the generating function of odd term of the sequence,

$$d_1(t) = \sum_{i=0}^{\infty} d_{2i+1}(x)t^{2i+1} = d_1(x)t + d_3(x)t^3 + \sum_{i=2}^{\infty} d_{2i+1}(x)t^{2i+1}$$

It was given above that $d_0(x) = 0$, $d_1(x) = 1$ ve $d_2(x) = ax$. When $n=3$, we get $d_3(x) = abx^2 + 2$. Then,

$$d_1(t) = t + (abx^2 + 2)t^3 + \sum_{i=2}^{\infty} d_{2i+1}(x)t^{2i+1}$$

is obtained in the form. By Lemma 1.6

$$d_1(t) = t + (abx^2 + 2)t^3 + \sum_{i=2}^{\infty} (x)[(abx^2 + 4)d_{2i-1}(x) - 4d_{2i-3}(x)]t^{2i+1}$$

$$d_1(t) = t + (abx^2 + 2)t^3 + (abx^2 + 4)[\sum_{i=2}^{\infty} d_{2i-1}(x)t^{2i+1}] - 4[\sum_{i=2}^{\infty} d_{2i-3}(x)t^{2i+1}]$$

$$d_1(t) = t + (abx^2 + 2)t^3 + (abx^2 + 4)t^2[\sum_{i=0}^{\infty} (x)d_{2i+1}(x)t^{2i+1} - d_1(x)t] - 4t^4 \sum_{i=2}^{\infty} d_{2i+1}(x)t^{2i+1}$$

$$d_1(t) = t + (abx^2 + 2)t^3 + (abx^2 + 4)t^2 d_1(t) - (abx^2 + 4)t^3 - 4t^4 d_1(t)$$

Hence, we get

$$d_1(t) = \frac{t - 2t^3}{1 - (abx^2 + 4)t^2 + 4t^4}$$

If the results are combined, the generating function of the bi-periodic Jacobsthal polynomial sequence is obtained

$$d(t) = \frac{t(1 + ax - 2t^2)}{1 - (abx^2 + 4)t^2 + 4t^4}$$

and the proof is completed.

Definition 1.8. Let a, b are nonzero real numbers, the bi-periodic Jacobsthal matrix polynomial sequence $\{\mathcal{D}_n(x)\}$ is defined as

$$\mathcal{D}_n(x) = \begin{cases} ax\mathcal{D}_{n-1}(x) + 2\mathcal{D}_{n-2}(x), & \text{if } n \text{ is even} \\ bx\mathcal{D}_{n-1}(x) + 2\mathcal{D}_{n-2}(x), & \text{if } n \text{ is odd} \end{cases} \quad n \geq 2$$

$$\text{with } \mathcal{D}_0(x) = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix}, \quad \mathcal{D}_1(x) = \begin{bmatrix} ax & 2 \\ 1 & 0 \end{bmatrix}.$$

2. Binomial Transformations of Bi-Periodic Jacobsthal Matrix Polynomial Sequence

Definition 2.1. The bi-periodic Jacobsthal matrix polynomial sequence $(E_n(a, b, x))$ is obtained using the elements of the bi-periodic Jacobsthal matrix polynomial sequence, where $n \in \mathbb{N}$ and a, b are non-zero real numbers as

$$E_n(a, b, x) = \sqrt{x} a^{\frac{\xi(n)}{2}} b^{\frac{1-\xi(n)}{2}} \mathcal{D}_n(a, b, x)$$

Definition 2.2 The binomial and k -binomial transformations of the bi-periodic Jacobsthal matrix polynomial sequence $(E_n(a, b, x))$ are given as

$$\lambda_n(a, b, x) = \sum_{i=0}^n \binom{n}{i} E_i(a, b, x)$$

$$\varphi_n(a, b, x) = \sum_{i=0}^n \binom{n}{i} k^i E_i(a, b, x)$$

can be written as $\varphi_n(a, b, x) = k^n \lambda_n(a, b, x)$ respectively. In this study, $k = x\sqrt{ab}$.

Theorem 2.3 The binomial transformation of the bi-periodic Jacobsthal matrix polynomial sequence $\lambda_n(a, b, x)$ satisfies the following properties.

$$i) \quad \lambda_{n+1} = \sum_{i=0}^n \binom{n}{i} \sqrt{x} a^{\frac{\xi(i)}{2}} b^{\frac{1-\xi(i)}{2}} \left[\mathcal{D}_i + a^{\frac{1-2\xi(i)}{2}} b^{\frac{2\xi(i)-1}{2}} \mathcal{D}_{i+1} \right],$$

$$ii) \quad \lambda_{n+1} = (2 + x\sqrt{ab})\lambda_n + (1 - x\sqrt{ab})\lambda_{n-1}.$$

Proof: Using the property of the binomial expansion, the following equation is written

$$\begin{aligned} \lambda_{n+1}(a, b, x) &= \sum_{i=0}^{n+1} \binom{n+1}{i} E_i(a, b, x) = \sum_{i=0}^{n+1} \binom{n+1}{i} \sqrt{x} a^{\frac{\xi(i)}{2}} b^{\frac{1-\xi(i)}{2}} \mathcal{D}_i(a, b, x) \\ &= \sum_{i=0}^{n+1} \left[\binom{n}{i} + \binom{n}{i-1} \right] \sqrt{x} a^{\frac{\xi(i)}{2}} b^{\frac{1-\xi(i)}{2}} \mathcal{D}_i(a, b, x) \end{aligned}$$

Let us write them briefly $\lambda_{n+1}(a, b, x) = \lambda_{n+1}$ and $\mathcal{D}_i(a, b, x) = \mathcal{D}_i$

By the binomial property $\binom{n}{n+1} = 0$ and splitting the terms, we get

$$\lambda_{n+1} = \sum_{i=0}^n \binom{n}{i} \sqrt{x} a^{\frac{\xi(i)}{2}} b^{\frac{1-\xi(i)}{2}} \mathcal{D}_i(a, b, x) + \sum_{i=1}^{n+1} \binom{n}{i-1} \sqrt{x} a^{\frac{\xi(i)}{2}} b^{\frac{1-\xi(i)}{2}} \mathcal{D}_i(a, b, x).$$

Then, if the index is changed in the sum symbol in the second term, we obtain

$$\lambda_{n+1} = \sum_{i=0}^n \binom{n}{i} \sqrt{x} a^{\frac{\xi(i)}{2}} b^{\frac{1-\xi(i)}{2}} \mathcal{D}_i + \sum_{i=0}^n \binom{n}{i} \sqrt{x} a^{\frac{1-\xi(i)}{2}} b^{\frac{\xi(i)}{2}} \mathcal{D}_{i+1}$$

If we take care of the common factors, it is obtained that

$$\lambda_{n+1} = \sum_{i=0}^n \binom{n}{i} \sqrt{x} a^{\frac{\xi(i)}{2}} b^{\frac{1-\xi(i)}{2}} \left[\mathcal{D}_i + a^{\frac{1-2\xi(i)}{2}} b^{\frac{2\xi(i)-1}{2}} \mathcal{D}_{i+1} \right].$$

ii) If the sum is starts by $i=1$; It is also expressed as,

$$\lambda_{n+1} = \sum_{i=1}^n \binom{n}{i} \sqrt{x} a^{\frac{\xi(i)}{2}} b^{\frac{1-\xi(i)}{2}} \left(\mathcal{D}_i + a^{\frac{1-2\xi(i)}{2}} b^{\frac{2\xi(i)-1}{2}} \mathcal{D}_{i+1} \right) + \sqrt{bx} \mathcal{D}_0 + \sqrt{ax} \mathcal{D}_1$$

From the definition of \mathcal{D}_{i+1} , it is demonstrated by

$$\lambda_{n+1} = (x\sqrt{ab} + 1) \sum_{i=1}^n \binom{n}{i} \sqrt{x} a^{\frac{\xi(i)}{2}} b^{\frac{1-\xi(i)}{2}} \mathcal{D}_i + 2 \sum_{i=1}^n \binom{n}{i} \sqrt{x} a^{\frac{1-\xi(i)}{2}} b^{\frac{\xi(i)}{2}} \mathcal{D}_{i-1} + \sqrt{bx} \mathcal{D}_0 + \sqrt{ax} \mathcal{D}_1.$$

Since the zeroth term in the sum is $\sqrt{x}\sqrt{b}\mathcal{D}_0[1 + \sqrt{ab}x] = \sqrt{bx}\mathcal{D}_0 + bx\sqrt{ax}\mathcal{D}_0$, we get

$$\begin{aligned} \lambda_{n+1} &= [1 + x\sqrt{ab}] \sum_{i=0}^n \binom{n}{i} \sqrt{x} a^{\frac{\xi(i)}{2}} b^{\frac{1-\xi(i)}{2}} \mathcal{D}_i + 2 \sum_{i=1}^n \sqrt{x} \binom{n}{i} a^{\frac{1-\xi(i)}{2}} b^{\frac{\xi(i)}{2}} \mathcal{D}_{i-1} + \\ &\sqrt{bx}\mathcal{D}_0 + \sqrt{ax}\mathcal{D}_1 - \sqrt{bx}\mathcal{D}_0 - bx\sqrt{ax}\mathcal{D}_0 \end{aligned}$$

Then,

$$\lambda_{n+1} = [1 + x\sqrt{ab}]\lambda_n + 2 \sum_{i=1}^n \sqrt{x} \binom{n}{i} a^{\frac{1-\xi(i)}{2}} b^{\frac{\xi(i)}{2}} \mathcal{D}_{i-1} + \sqrt{ax}\mathcal{D}_1 - bx\sqrt{ax}\mathcal{D}_0.$$

If n is replaced by $n-1$; it is obtained that

$$\lambda_n = \lambda_{n-1}[1 + x\sqrt{ab}] + 2 \sum_{i=1}^{n-1} \sqrt{x} \binom{n-1}{i} a^{\frac{1-\xi(i)}{2}} b^{\frac{\xi(i)}{2}} \mathcal{D}_{i-1} + \sqrt{ax}\mathcal{D}_1 - bx\sqrt{ax}\mathcal{D}_0.$$

Then,

$$\lambda_n = x\sqrt{ab}\lambda_{n-1} + \sum_{i=0}^{n-1} \binom{n-1}{i} \sqrt{xa} \frac{\xi(i)}{2} b^{\frac{1-\xi(i)}{2}} \mathcal{D}_i \\ + 2\sum_{i=1}^{n-1} \sqrt{x} \binom{n-1}{i} a^{\frac{1-\xi(i)}{2}} b^{\frac{\xi(i)}{2}} \mathcal{D}_{i-1} + \sqrt{ax}\mathcal{D}_1 - bx\sqrt{ax}\mathcal{D}_0.$$

The index is changed in the first sum and the upper bound of the second sum is changed by n , it is obtained that

$$\lambda_n = x\sqrt{ab}\lambda_{n-1} + \sum_{i=1}^n \binom{n-1}{i-1} \sqrt{xa} \frac{1-\xi(i)}{2} b^{\frac{\xi(i)}{2}} \mathcal{D}_{i-1} \pm 2 \sum_{i=1}^n \binom{n-1}{i-1} \sqrt{xa} \frac{1-\xi(i)}{2} b^{\frac{\xi(i)}{2}} \mathcal{D}_{i-1} \\ + 2\sum_{i=1}^n \binom{n-1}{i} \sqrt{x} a^{\frac{1-\xi(i)}{2}} b^{\frac{\xi(i)}{2}} \mathcal{D}_{i-1} + \sqrt{ax}\mathcal{D}_1 - bx\sqrt{ax}\mathcal{D}_0. \\ \lambda_n = x\sqrt{ab}\lambda_{n-1} + 2 \sum_{i=1}^n \left[\binom{n-1}{i} + \binom{n-1}{i-1} \right] \sqrt{xa} \frac{1-\xi(i)}{2} b^{\frac{\xi(i)}{2}} \mathcal{D}_{i-1} - \sum_{i=0}^{n-1} \binom{n-1}{i} \sqrt{xa} \frac{\xi(i)}{2} b^{\frac{1-\xi(i)}{2}} \mathcal{D}_i \\ + \sqrt{ax}\mathcal{D}_1 - bx\sqrt{ax}\mathcal{D}_0$$

From the property of the binomial expansion $\binom{n-1}{i} + \binom{n-1}{i-1} = \binom{n}{i}$, we get

$$\lambda_n = (x\sqrt{ab} - 1)\lambda_{n-1} + 2 \sum_{i=1}^n \binom{n}{i} \sqrt{xa} \frac{1-\xi(i)}{2} b^{\frac{\xi(i)}{2}} \mathcal{D}_{i-1} + \sqrt{ax}\mathcal{D}_1 - bx\sqrt{ax}\mathcal{D}_0.$$

If the expression λ_{n+1} is rewritten, it is obtained that

$$\lambda_{n+1} = \lambda_n(1 + x\sqrt{ab}) + 2 \sum_{i=1}^n \binom{n}{i} \sqrt{xa} \frac{1-\xi(i)}{2} b^{\frac{\xi(i)}{2}} \mathcal{D}_{i-1} - bx\sqrt{ax}\mathcal{D}_0 + \sqrt{ax}\mathcal{D}_1 \\ \lambda_{n+1} = \lambda_n(1 + x\sqrt{ab}) + \left\{ \lambda_n - (x\sqrt{ab} - 1)\lambda_{n-1} + \right. \\ \left. -\sqrt{ax}\mathcal{D}_1 + bx\sqrt{ax}\mathcal{D}_0 \right\} - bx\sqrt{ax}\mathcal{D}_0 + \sqrt{ax}\mathcal{D}_1 \\ \lambda_{n+1} = \lambda_n(1 + x\sqrt{ab}) + \lambda_n - x\sqrt{ab}\lambda_{n-1} + \lambda_{n-1} \\ \lambda_{n+1} = (2 + x\sqrt{ab})\lambda_n + (1 - x\sqrt{ab})\lambda_{n-1}.$$

Theorem 2.4 Using the property of the binomial expansion ($E_n(a, b, x)$), the following equalities are obtained as

- (i) $\lambda_n(a, b, x) = C(r_2^n(x) - r_1^n(x)) + \frac{\sqrt{bx}D_0(a, b, x)}{2} (r_2^n(x) + r_1^n(x))$
- (ii) $\lambda_n(t) = \frac{\sqrt{bx}D_0(a, b, x) + t(\sqrt{ax}D_1(a, b, x) - \sqrt{bx}(1 + \sqrt{ab})D_0(a, b, x))}{1 - (x\sqrt{ab} + 2)t + x\sqrt{ab}t^2}$
- (iii) $\sum_{n=0}^{\infty} \frac{\lambda_n(a, b, x)t^n}{n!} = C(e^{r_2(x)t} - e^{r_1(x)t}) + \frac{\sqrt{bx}D_0(a, b, x)}{2} (e^{r_2(x)t} + e^{r_1(x)t})$

where $C = (\sqrt{ax}\mathcal{D}_1 - \frac{bx\sqrt{ax}}{2}\mathcal{D}_0) / \sqrt{abx^2 + 8}$.

Proof:

- i) Assume that $b_n = A(r_2^n - r_1^n) + B(r_2^n + r_1^n)$. Our aim is to find the coefficients A, B .

$$b_0 = A \cdot 0 + B \cdot 2 \Rightarrow B = \frac{b_0}{2} = \frac{\sum_{i=0}^0 \binom{0}{i} \sqrt{x} a^{\frac{\xi(i)}{2}} b^{\frac{1-\xi(i)}{2}} \mathcal{D}_i}{2B} = \frac{\sqrt{x}\sqrt{b}\mathcal{D}_0}{2}$$

For $n=1$, it is obtained that $b_1 = A(r_2 - r_1) + B(r_2 + r_1)$

$$b_1 = \sum_{i=0}^1 \binom{1}{i} \sqrt{x} a^{\frac{\xi(i)}{2}} b^{\frac{1-\xi(i)}{2}} \mathcal{D}_i = \sqrt{x}\sqrt{b}\mathcal{D}_0 + \sqrt{x}\sqrt{a}\mathcal{D}_1$$

r_1 and r_2 are the roots of the characteristic equation

$$r^2 - (x\sqrt{ab} + 2)r - (1 - x\sqrt{ab}) = 0.$$

These roots are in the form $r_1, r_2 = \frac{x\sqrt{ab} + 2 \pm \sqrt{abx^2 + 8}}{2}$ where

$$r_1 + r_2 = x\sqrt{ab} + 2$$

$$r_2 - r_1 = \sqrt{abx^2 + 8}.$$

Then, by the result of the sum and difference of the roots, the value of A is computed as

$$\sqrt{bx}\mathcal{D}_0 + \sqrt{ax}\mathcal{D}_1 = A\sqrt{abx^2 + 8} + \frac{\sqrt{bx}\mathcal{D}_0}{2}(x\sqrt{ab} + 2)$$

$$A = \left(\sqrt{ax}\mathcal{D}_1 + \sqrt{bx}\mathcal{D}_0 \left(1 - \frac{x\sqrt{ab} + 2}{2} \right) \right) / \sqrt{abx^2 + 8}$$

$$A = \left(\sqrt{ax}\mathcal{D}_1 - \frac{bx\sqrt{ax}}{2}\mathcal{D}_0 \right) / \sqrt{abx^2 + 8}$$

So, the proof is completed.

(ii) We know that by Theorem 2.3 $\lambda_{n+1} = (x\sqrt{ab} + 2)\lambda_n + (1 - x\sqrt{ab})\lambda_{n-1}$. The generating function for $(E_n(a, b, x))$ is $\lambda_n(t)$:

$$\lambda_n(t) = \sum_{i=0}^n \lambda_i t^i = \lambda_0 + \lambda_1 t + \lambda_2 t^2 + \dots$$

By multiplying $t(x\sqrt{ab} + 2)$, we get

$$t(x\sqrt{ab} + 2)\lambda_n(t) = \sum_{i=0}^{\infty} \lambda_i t^{i+1} (x\sqrt{ab} + 2) = (x\sqrt{ab} + 2) [\sum_{i=1}^{\infty} \lambda_{i-1} t^i] \\ = (x\sqrt{ab} + 2) \{ \lambda_0 t + \lambda_1 t^2 + \lambda_2 t^3 + \dots \}$$

Similarly, by multiplying $(1 - x\sqrt{ab})$, we get

$$t^2(1 - x\sqrt{ab})\lambda_n(t) = \sum_{i=0}^{\infty} \lambda_i t^{i+2} (1 - x\sqrt{ab}) = (1 - x\sqrt{ab}) \sum_{i=2}^{\infty} \lambda_{i-2} t^i \\ = (1 - x\sqrt{ab}) \{ \lambda_0 t^2 + \lambda_1 t^3 + \dots \}$$

By the above three equations, we get

$$[1 - t(x\sqrt{ab} + 2) + t^2(1 - x\sqrt{ab})]\lambda_n(t) \\ = \lambda_0 + t\{\lambda_1 - (x\sqrt{ab} + 2)\lambda_0\} + t^2\{\lambda_2 - (x\sqrt{ab} + 2)\lambda_1 + (1 - x\sqrt{ab})\lambda_0\} + \dots$$

Therefore, we have

$$\lambda_n(t) = \frac{\lambda_0 + t[\lambda_1 - (x\sqrt{ab} + 2)\lambda_0]}{1 - t(x\sqrt{ab} + 2) + t^2(1 - x\sqrt{ab})}.$$

iii)

$$\sum_{n=0}^{\infty} \frac{\lambda_n(a, b, x)t^n}{n!} = \sum_{n=0}^{\infty} C(r_2^n(x) - r_1^n(x)) + \frac{\sqrt{bx}\mathcal{D}_0(a, b, x)}{2}(r_2^n(x) + r_1^n(x)) \frac{t^n}{n!}$$

$$C \sum_{n=0}^{\infty} \left\{ \frac{(r_2^n(x)t)^n}{n!} - \frac{(r_1^n(x)t)^n}{n!} \right\} + \frac{\sqrt{bx}\mathcal{D}_0(a, b, x)}{2} \sum_{n=0}^{\infty} \left\{ \frac{(r_2^n(x)t)^n}{n!} + \frac{(r_1^n(x)t)^n}{n!} \right\} \\ C(e^{r_2(x)t} - e^{r_1(x)t}) + \frac{\sqrt{bx}\mathcal{D}_0(a, b, x)}{2}(e^{r_2(x)t} + e^{r_1(x)t})$$

Theorem 2.5 The k -binomial transformation of the bi-periodic Jacobsthal matrix polynomial sequence $(\varphi_n(a, b, x))$ satisfies the following properties.

$$\varphi_{n+1} = (abx^2 + 2x\sqrt{ab})\varphi_n - (x^3ab\sqrt{ab} - x^2ab)\varphi_{n-1}$$

Proof:

From Theorem 2.3, we write $\lambda_{n+1} = (2 + \sqrt{ab}x)\lambda_n - (x\sqrt{ab} - 1)\lambda_{n-1}$. By $\varphi_n = k^n\lambda_n$, $k = x\sqrt{ab}$ we get

$$\begin{aligned} \varphi_{n+1} &= k^{n+1}\lambda_{n+1} = k^{n+1}[(2 + \sqrt{ab}x)\lambda_n - (x\sqrt{ab} - 1)\lambda_{n-1}] \\ &= k[(2 + \sqrt{ab}x)\varphi_n - k^2(x\sqrt{ab} - 1)\varphi_{n-1}] \\ &= x\sqrt{ab}(2 + \sqrt{ab}x)\varphi_n - x^2ab(x\sqrt{ab} - 1)\varphi_{n-1} \\ \varphi_{n+1} &= (abx^2 + 2x\sqrt{ab})\varphi_n - (x^3ab\sqrt{ab} - x^2ab)\varphi_{n-1} \end{aligned}$$

The characteristic equation for this relation is given as $t^2 - (x^2ab + 2x\sqrt{ab})t - (x^2ab - x^3\sqrt{ab}ab) = 0$. The roots of the characteristic equation are

$$t_1 = \frac{x^2ab + 2x\sqrt{ab} - x\sqrt{x^2a^2b^2 + 8ab}}{2}, \quad t_2 = \frac{x^2ab + 2x\sqrt{ab} + x\sqrt{x^2a^2b^2 + 8ab}}{2}$$

Theorem 2.6 The k -binomial transformation of the bi-periodic Jacobsthal matrix polynomial sequence $(\varphi_n(a, b, x))$ satisfies the following property

$$\varphi_n = \frac{\sqrt{ab}(\sqrt{bx}D_0 + \sqrt{ax}D_1) - \frac{\sqrt{bx}D_0}{2}(abx + 2\sqrt{ab})}{\sqrt{x^2a^2b^2 + 8ab}}(t_2^n - t_1^n) + \frac{\sqrt{bx}D_0}{2}(t_2^n + t_1^n)$$

Proof: The characteristic equation for the relation in Theorem 2.5 is given as

$$t^2 - (x^2ab + 2x\sqrt{ab})t - (x^2ab - x^3ab\sqrt{ab}) = 0$$

The roots of the equation are found as

$$t_1 = \frac{x^2ab + 2x\sqrt{ab} - x\sqrt{x^2a^2b^2 + 8ab}}{2}, \quad t_2 = \frac{x^2ab + 2x\sqrt{ab} + x\sqrt{x^2a^2b^2 + 8ab}}{2}$$

We know that by Theorem 2.4

$$\lambda_n(a, b, x) = C(r_2^n(x) - r_1^n(x)) + \frac{\sqrt{bx}D_0}{2}(r_2^n(x) + r_1^n(x))$$

where $C = (\sqrt{ax}D_1 - \frac{bx\sqrt{ax}}{2}D_0) / \sqrt{abx^2 + 8}$.

Assume that $\varphi_n = A(t_2^n - t_1^n) + B(t_2^n + t_1^n)$. Then,

For $n=0$, we get $\varphi_0 = 0 + 2B \Rightarrow B = \frac{\varphi_0}{2} = \frac{k^0\lambda_0}{2} = \frac{\lambda_0}{2} = \frac{\sqrt{bx}D_0}{2}$

For $n=1$, we get $\varphi_1 = A(t_2 - t_1) + B(t_2 + t_1)$

$$k\lambda_1 = A(x\sqrt{x^2a^2b^2 + 8ab}) + \frac{\sqrt{bx}D_0}{2}(x^2ab + 2x\sqrt{ab})$$

By this equation, we have

$$A = \frac{k\lambda_1 - \frac{\sqrt{bx}D_0}{2}(x^2ab + 2x\sqrt{ab})}{x\sqrt{x^2a^2b^2 + 8ab}} = \frac{x\sqrt{ab}(\sqrt{bx}D_0 + \sqrt{ax}D_1) - \frac{\sqrt{bx}D_0}{2}(x^2ab + 2x\sqrt{ab})}{x\sqrt{x^2a^2b^2 + 8ab}}$$

Substituting the values of A and B , we get the result.

Theorem 2.7. The generating function of the k -binomial transformation of the bi-periodic Jacobsthal matrix polynomial sequence is

$$\varphi_n(t) = \sum_{i=0}^{\infty} \lambda_i t^i = \frac{\lambda_0 + [\lambda_1 - (x\sqrt{ab} + 2)\lambda_0]x\sqrt{ab}t}{1 - x\sqrt{ab}t(x\sqrt{ab} + 2) - x^2ab t^2(1 - x\sqrt{ab})}$$

Proof:

$$\varphi_n(t) = \sum_{i=0}^{\infty} t^i \varphi_i = \sum_{i=0}^{\infty} t^i k^i \lambda_i = \sum_{i=0}^{\infty} t^i x^i (\sqrt{ab})^i \lambda_i = \sum_{i=0}^{\infty} \lambda_i u^i$$

Let, we call $u = x\sqrt{ab}t$. We know that

$$\lambda_n(t) = \sum_{i=0}^{\infty} \lambda_i t^i = \frac{\lambda_0 + [\lambda_1 - (x\sqrt{ab} + 2)\lambda_0]t}{1 - t(x\sqrt{ab} + 2) - t^2(1 - x\sqrt{ab})}$$

By this generating function, we obtain the desired result as

$$\sum_{i=0}^{\infty} \lambda_i u^i = \frac{\lambda_0 + [\lambda_1 - (x\sqrt{ab} + 2)\lambda_0]x\sqrt{ab}t}{1 - x\sqrt{ab}t(x\sqrt{ab} + 2) - x^2 ab t^2 (1 - x\sqrt{ab})} = \varphi_n(t)$$

Definition 2.7 For $n \in \mathbb{N}$, the sequence of increasing k -binomial transformation of bi-periodic Jacobsthal matrix polynomial $p_n(a, b, x)$ is defined as

$$p_n(a, b, x) = \sum_{i=0}^n \binom{n}{i} k^i E_i(a, b, x)$$

where a, b are nonzero real numbers.

Theorem 2.6 The increasing k -binomial transformation polynomial of the bi-periodic Jacobsthal matrix polynomial ($E_n(a, b, x)$) for $n \in \mathbb{N}$ is expressed by $E_{2n}(a, b, x)$ as

$$p_n(a, b, x) = E_{2n}(a, b, x)$$

Proof : By the definition of $p_n(a, b, x)$, it is denoted by

$$\begin{aligned} p_n(a, b, x) &= \sum_{i=0}^n \binom{n}{i} (x\sqrt{ab})^i \sqrt{xa} \frac{\xi(i)}{2} b^{\frac{1-\xi(i)}{2}} \mathcal{D}_i(a, b, x) \\ &= \sum_{i=0}^n \binom{n}{i} (ab)^{\frac{i}{2}} x^{i+\frac{1}{2}} a^{\frac{\xi(i)}{2}} b^{\frac{1-\xi(i)}{2}} [A_1(\alpha^i - \beta^i) + B_1(\alpha^{2\lfloor \frac{i}{2} \rfloor + 2} - \beta^{2\lfloor \frac{i}{2} \rfloor + 2})] \end{aligned}$$

After the necessary arrangements are made, the result is found as

$$\sqrt{bx}[A_1(\alpha^{2n} - \beta^{2n}) + B_1(\alpha^{2n+2} - \beta^{2n+2})] = x\sqrt{ab}\mathcal{D}_{2n}(a, b, x) = E_{2n}(a, b, x).$$

Theorem 2.7 The recurrence relation for the increasing k -binomial transformation of the bi-periodic Jacobsthal matrix polynomial is as follows:

$$p_{n+1}(a, b, x) = (abx^2 + 4)p_n(a, b, x) - 4p_{n-1}(a, b, x)$$

Proof: For ($E_{2n}(a, b, x)$), the following relation is obtained as

$$\begin{aligned} E_{2n+2}(a, b, x) &= \sqrt{bx}\mathcal{D}_{2n+2}(a, b, x) = \sqrt{bx}(ax\mathcal{D}_{2n+1} + 2\mathcal{D}_{2n}) \\ &= \sqrt{bx}(ax(bx\mathcal{D}_{2n} + 2\mathcal{D}_{2n-1}) + 2\mathcal{D}_{2n}) \\ &= \sqrt{bx}[(abx^2 + 2)\mathcal{D}_{2n} + 2ax\mathcal{D}_{2n-1}] \\ &= \sqrt{bx}[(abx^2 + 2)\mathcal{D}_{2n} + 2\mathcal{D}_{2n} - 4\mathcal{D}_{2n-2}] \\ &= \sqrt{bx}[(abx^2 + 4)\mathcal{D}_{2n} - 4\mathcal{D}_{2n-2}] \\ &= (abx^2 + 4)E_{2n} - 4E_{2n-2} \end{aligned}$$

Consequently, the desired result is obtained.

Definition 2.8 For $n \in \mathbb{N}$, the descending k -binomial transformation of the bi-periodic Jacobsthal matrix polynomial ($e_n(a, b, x)$) is defined as

$$e_n(a, b, x) = \sum_{i=0}^n \binom{n}{i} k^{n-i} E_i(a, b, x).$$

Theorem 2.9 The recurrence relation of the descending k -binomial transformation of the bi-periodic Jacobsthal matrix polynomial $(e_n(a, b, x))$ is given as

$$e_{n+1}(a, b, x) = 3x\sqrt{ab}e_n(a, b, x) - (2abx^2 - 1)e_{n-1}(a, b, x)$$

Theorem 2.10 The Binet formula for the increasing and descending k -binomial transformations of the matrix polynomial are given as

$$(i) \quad e_n(a, b, x) = C(r_8^n - r_7^n) + \frac{\sqrt{bx}D_0(a, b, x)}{2}(r_8^n + r_7^n)$$

$$(ii) \quad p_n(a, b, x) = C(r_6^n - r_5^n) + \frac{\sqrt{bx}D_0(a, b, x)}{2}(r_6^n - r_5^n)$$

where r_5 and r_6 are the roots of the equation

$$r^2 - (abx^2 + 4)r + 4 = 0. \quad C = \frac{bx\sqrt{ax}D_0(a, b, x) - 2\sqrt{ax}D_1(a, b, x)}{2\sqrt{abx^2 + 4}}$$

and r_7 and r_8 are the roots of the characteristic equation

$$r^2 - 3x\sqrt{abr} + 2abx^2 - 1 = 0$$

Proof: Assume that $e_n = A(r_8^n - r_7^n) + B(r_8^n + r_7^n)$. The roots of the equation $r^2 - 3x\sqrt{abr} + 2abx^2 - 1 = 0$ are $r_7, r_8 = \frac{3x\sqrt{ab} \pm \sqrt{abx^2 + 4}}{2}$ with $r_7 + r_8 = 3x\sqrt{ab}$, $r_8 - r_7 = \sqrt{abx^2 + 4}$.

$$\text{For } n=0, \text{ we get } \Rightarrow B = \frac{e_0}{2} = \frac{\sum_{i=0}^0 \binom{0}{i} \sqrt{ax} a^{\frac{\xi(i)}{2}} b^{\frac{1-\xi(i)}{2}} D_i}{2} = \frac{\sqrt{x}\sqrt{b}D_0}{2}$$

$$\text{For } n=1, \text{ we get } \Rightarrow e_1 = A(r_8 - r_7) + B(r_8 + r_7)$$

$$e_1 = \sum_{i=0}^1 \binom{1}{i} \sqrt{ax} a^{\frac{\xi(i)}{2}} b^{\frac{1-\xi(i)}{2}} D_i = \sqrt{bx}D_0 + \sqrt{ax}D_1$$

$$\sqrt{bx}D_0 + \sqrt{ax}D_1 = B\sqrt{abx^2 + 4} + 3x\sqrt{ab} \frac{\sqrt{bx}D_0}{2}$$

$$B = \frac{2\sqrt{bx}D_0 + 2\sqrt{ax}D_1 - 3xb\sqrt{ax}D_0}{2\sqrt{abx^2 + 4}}$$

Similarly, the roots of the equation $r^2 - (abx^2 + 2)r + 1 = 0$ are

$$r_5, r_6 = \frac{(abx^2 + 2) \pm \sqrt{(abx^2 + 2)^2 - 4}}{2}$$

with $r_5 + r_6 = (abx^2 + 2)$ and $r_6 - r_5 = \sqrt{(abx^2 + 2)^2 - 4}$.

Let $p_n(a, b, x) = M(r_6^n - r_5^n) + N(r_6^n + r_5^n)$.

$$\text{For } n=0, \text{ we get } p_0 = M \cdot 0 + N \cdot 2 \Rightarrow N = \frac{p_0}{2} = \sum_{i=0}^0 \binom{0}{i} \sqrt{ax} a^{\frac{\xi(i)}{2}} b^{\frac{1-\xi(i)}{2}} D_i / 2$$

$$N = \frac{\sqrt{x}\sqrt{b}D_0}{2} \text{ elde edilir.}$$

$$\text{For } n=1, \text{ we get } p_1 = M(r_6 - r_5) + N(r_6 + r_5)$$

$$p_1 = \sum_{i=0}^1 \binom{1}{i} \sqrt{ax} a^{\frac{\xi(i)}{2}} b^{\frac{1-\xi(i)}{2}} D_i = \sqrt{bx}D_0 + \sqrt{ax}D_1$$

$$\sqrt{bx}D_0 + \sqrt{ax}D_1 = N\sqrt{(abx^2 + 2)^2 + 4} + (abx^2 + 2) \frac{\sqrt{bx}D_0}{2}$$

REFERENCES

- [1] Bala A., Verma V., A new generalization of bi-periodic Jacobsthal polynomials, *Journal of Physics*, 0531.012071, 2020.
- [2] Coşkun A., Taşkara N., Bi-periodic Fibonacci matrix polynomial and its binomial transforms, *arXiv*, 1705.05128v1, 2017.
- [3] Coskun A., Taskara N., A note on the bi-periodic Fibonacci and Lucas matrix sequences, *Applied Mathematics and Computation*, 320, 400-406, 2018.
- [4] Choo Y., Some identities on generalized bi-periodic Fibonacci sequences, *International Journal of Mathematical Analysis*, 13(6), 259–267, 2019.
- [5] Edso M., Yayenie O., A New Generalization of Fibonacci Sequence & Extended Binet's Formula, *Integers*, 9 (6), 639-654, 2009.
- [6] Horadam A. F., Jacobsthal representation numbers, *Fibonacci Quarterly*, 37(2), 40-45, 1996.
- [7] Koshy, T., Fibonacci and Lucas Numbers with Applications, *A Wiley-Interscience Publication*, ISBN: 978-0-471- 39969-8, 2001.
- [8] Uygun S., Owusu E., A New Generalization of Jacobsthal Numbers (Bi-Periodic Jacobsthal Sequences), *Journal of Mathematical Analysis*, (5),728-39, 2016.
- [9] Uygun S., Karatas H., Akıncı E., Relations on Bi-periodic Jacobsthal Sequence, *Transylvanian Journal of Mathematics and Mechanics*, 10 (2), 141-151, 2018.
- [10] Uygun S., Owusu U. A Matrix Representation of Bi-Periodic Jacobsthal Sequence,34(6), 1-12, 2019.
- [11] Uygun S., Owusu E., A Note on bi-periodic Jacobsthal Lucas Numbers, *Journal of Advances in Mathematics and Computer Science*, 34 (5), 1-13, 2019.

PHOTOGRAPHIC FRAME AS A DEVICE FOR THE ARCHITECTURAL CRITICISM

Graduate Student, Semih AKARSU

TOBB University of Economics and Technology,
ORCID: 0009-0004-7827-9299

Dr. Sibel ACAR

TOBB University of Economics and Technology,
ORCID: 0000-0001-7531-5005

ABSTRACT

This article explores the multifaceted qualities of photography and its role in architectural representation. It examines the concept of the photographic frame as a device that constitutes the photograph's meaning, and how it connects and separates with its boundaries. The article also discusses how the mechanism of the frame conveys meaning and develops a critical view through its separated context. By exploring these dimensions, this article aims to provide a comprehensive understanding of the complex interplay between the photographic frame and the interpretation of what the architectural photograph represents. This study suggests that architectural photographs can generate critique through their framing, which determines its visual narrative and interpretation.

Keywords: frame, architectural representation, criticism, photography

Introduction

Architecture and photography have long been intertwined in a symbiotic relationship. Photography is a powerful medium that offers many frames of architecture. Many photographers have been attracted to architecture as a subject due to the appeal of its various forms and their intricate relationship with their surroundings.

Architectural photography has many stages regarding its perception among architects and editors regarding its historical development. Architectural photography's use and popularity follow significant events like the invention of the half-tone printing technique, which revolutionized its existence. Architectural criticism, on the other hand, plays a vital role in shaping our understanding, evaluation, and discourse surrounding the built environment. It is imperative for the sake of architectural knowledge that the criticism exists.

This study proposes that architectural photographs, through their visual narrative and interpretive quality, can generate criticism. The frame of a photograph is the decisive element in constructing its meaning, as it is predetermined before the photograph is taken and presented within it. The photographic frame is essential in constituting knowledge within the photograph due to how it interprets reality and the nature of the photograph itself.

Photographic Representation of Architecture

Since the photographic camera's invention in 1839, architecture and photography had an intertwined relationship, where the acquaintance was born out of necessity. Early photographs often captured buildings due to their ability to hold still during long exposures. (Ackerman, 2001, p.96).

Initially, photographs were used for various purposes of documenting architecture. Sir John Robison, a well-known British scientist, stated in 1839 that the primary purpose of photography was to capture the views of architecture accurately. (Elwall, 2004, p.12). In 1847, when Eugene Emmanuel Viollet-le-Duc was tasked with the restoration of Notre Dame in Paris, he understood the significance of using photographs to document the existing state of the building. As a result, he commissioned many photographs to be taken to capture the current condition of the building and any restoration work that would be done (Ackerman, 2001, p. 112). In addition to enhancing architects' understanding of familiar historical styles, photographs have expanded the scope of their knowledge to encompass a wide range of historical traditions that were previously inaccessible. This is particularly true for architectural traditions which were not easily accessible firsthand (Elwall, 2004, p.12). Therefore photography, because of its capacity to record detail unlike any other means of representation, became a pivotal tool for the constitution and preservation of architectural knowledge. Photographs were often considered accurate documents, but they were not entirely objective. For instance, when the photographers of The Missions Héliographique, a project established by the French government in 1851 to photograph landmarks and monuments around France, it was realized that photographs were accurate but also subjective. The five photographers for the Mission delivered significantly different photographs of the monuments, each with their own "style" and "emphasis" (Elwall, 2004, p.15).

In the 1890s, the invention of the half-tone technique allowed for photographs to be printed with accompanying text on the same page. The dissemination of photographs increased the impact of new buildings and architectural ideas. Magazines such as *The Architectural Record* (1891), *Architectural Review* (1896), and *Country Life* (1897) played a significant role

in changing the way photographs were used in the field. This revolutionized the relationship between architecture and photography. The publication of architectural photographs in mass media has made architecture more accessible to a wider audience. Because it was not always suitable for a visitor to experience architecture in person, knowledge of architecture began to be disseminated primarily through photographs. (Acar, 2018, pp.34-35). New buildings were photographed to represent the architect's vision before any occupants moved in. Photographs became a mediator between the idealized vision of architecture and its actual manifestation. Even if a building underwent changes, the photographs captured its initial essence and communicated it to the viewer. (Acar, 2018 p.35). Once it was realized that the photographs survived a lot longer and disseminated in a way that a building could never, architects began to take advantage of photographs to convey their ideas.

During the 1930's companies like Siemens Elektrowärme and Philips, demanded "eye-catching" photographs of their products to be published, and so did the architectural journals. The publishers realized that it was imperative for their circulation figures that these photographs were "striking" (Elwall, 2004, p.146). "These considerations prompted journals to move away from the treatment of photographs as illustrated appendages to text, set out in an unsurprisingly rigid "window" format, to their presentation as focal points of the page and statements in their own right"(Elwall, 2004, p.146). Therefore, photographs emerged as their own means of conveying ideas, independent from the text, solely dependent on their "eye-catching" aspect. It was the frame that defined how the idea was presented and kept within its boundaries.

Frame Constructs

The frame is the constitutional part of the photograph, it is pre-determined prior to the act of capturing, and the photograph is presented within the frame. Frame simultaneously exists in the past and the future of the photograph, it is a bridge between the two different fractures of time. It is possible to discuss the picture frame as a predecessor to the photographic frame, because of the fact the presupposition of the separation exists in a similar way. As Alberti explains how he starts the drawing: "First I trace as large a quadrangle as I wish, with right angles, on the surface to be painted; in this place, it [the rectangular quadrangle] certainly functions for me as an open window through which the historia is observed..." (Alberti, 1755, p.20). Alberti employs the concept of the window as a rhetorical substitute for the rectangular frame of a painting. This visual metaphor allows the image of the window to be superimposed onto the painting, creating a reciprocal relationship between the two. The relationship between these images works in both ways: the window appears like a painting as it frames a perspective

of the outside world, while the painting looks like a window as it uses techniques of perspective to frame the depicted scene. (Friedberg, 2006, p.12). While photography has an advantage over painting in capturing a moment in time within the frame, both art forms rely on the principle of separation to create perspective. The process of converting the three-dimensional world into a two-dimensional medium requires separating the image with the frame.

The aspects of separation and connection of the frame can be reiterated in the architectonic sense. Georg Simmel discusses the notions of separation and connection, with the architectural elements of bridge and door. Simmel argues that when viewing the universe as a whole, in order to establish a connection, it is essential to first separate or differentiate the elements. It is illogical to try to connect elements that have not been initially distinguished or set apart (Simmel, 1994, p.5). According to Simmel, the door has the ability to operate the separation, when opened outside and inside are connected, acting as gateways, delineating the boundaries (Simmel, 1994, p.7). As Simmel defines the virtue of window:

It creates the connection between the inner and outer chronically and continually, as it were, by virtue of its transparency; but the one sided direction in which this connection runs, just like the limitation upon it to be a path merely for the eye, gives to the window only a part of the deeper and more fundamental significance of the door (Simmel, 1994, p.8).

While the door represents the connection and separation simultaneously, the connection of the window only exists with consideration of the placement of the observer. The presence of a window creates a boundary between the person looking through it and the outside world. This boundary sets up the condition for perception and establishes a separation between the observer and the observed. This separation is what led to the retreat of the self from the world, which is a characteristic of the modern era. By looking through a window, the person becomes an observer or a spectator, while the world outside becomes a spectacle for the person to observe. (Romanyshyn, 1989, p.43). Therefore, it could be suggested the window encapsulates a meaning, emphasizes “the sense of vision” of the spectator, and constitutes to be observed. “In addition to this separation between perceiver and world, the condition of the window also initiates an eclipse of the body. Looked at from behind a window the world is primarily something to be seen” (Romanyshyn, 1989, p.43). When we perceive the world as something to be seen, it is steadily transforming into a realm predominantly composed of light, much like how the *camera* constructs its vision. The architect of the window is the operator in this case, the decision-maker of the separation. Within the decisive placement of the window, through the cut, the architect allows the “historia” to be observed.

Through the understanding of the pieces that delegate the vision, it is possible to discover the knowledge within the frame. As Roland Barthes discusses the key particles of the photograph:

...to do, to undergo, to look. The Operator is the Photographer. The Spectator is ourselves, all of us who glance through collections of photographs in magazines and newspapers, in books, albums, archives... And the person or thing photographed is the target, the referent, a kind of little simulacrum, any eidolon emitted by the object, which I should like to call the Spectrum of the Photograph (Barthes, 1980, p.9).

Although the actors, where the vision is constituted are quite similar, the photograph differs very significantly from the observation of the window. The rhetorical substitute of the window resembles the camera. "The Photograph is flat, platitudinous in the true sense of the word, that is what I must acknowledge. It is a mistake to associate Photography, by reason of its technical origins, with the notion of a dark passage" (Barthes, 1980, p.106). It is camera Lucida that we should say for, from the eye's viewpoint:

...the essence of the image is to be altogether outside, without intimacy, and yet more inaccessible and mysterious than the thought of the innermost being; without signification, yet summoning up the depth of any possible meaning; unrevealed yet manifest, having that absence as presence which constitutes the lure and the fascination of the Sirens (Barthes, 1980, p.106).

The rhetorical meaning of the window has been discussed in order to further understand the meaning that is received with the vision. It is only possible to discuss the knowledge within the photograph with consideration of the placement of the observer and the observer's relation to the spectacle. Alberti observes his historia through his window, with regard to the predetermined placement of the window and his positioning behind it. Barthes's definition of the operator, the spectator, and the spectacle is important in this case. The spectacle is the result of the operator's intention of framing, the position of the observer, however, defines the vision and the knowledge that is constituted by it. A photograph, although not completely, follows a similar hierarchy of knowledge, the predetermined "cut" of the separation cannot be the only reasoning of knowledge. Susan Sontag discusses:

A new sense of the notion of information has been constructed around the photographic image. The photograph is a thin slice of space as well as time. In a world ruled by photographic images, all borders ("framing") seem arbitrary. Anything can be separated, can be made discontinuous, from anything else: all that is necessary is to frame the subject differently. (Conversely, anything can be made adjacent to anything else.) (Sontag, 1977, p.17).

It is impossible to pinpoint a definitive number of photographs that can be taken of a subject as the possibilities are limitless. Each photograph reveals a different connection through a unique perspective, achieved by "slicing the space". As Sontag claims, "the camera's rendering of reality must always hide more than it discloses" (1977, p.18). Which is more than apparent in the photographs of architecture. "A photograph is one of the views among a large number of possible views which could be taken. Accordingly, a building seen in a photograph is rendering. It is an interpretation" (Acar, 2018, p. 36). It is an interpretation of the operator.

Where the Criticism is a Possibility

When it comes to publishing an architecture, it can be a challenging task as it involves representing a complex reality with a few reproducible images. This can be limiting as the temporal experience of the building, which is a critical aspect of architecture, cannot be reproduced in images. These thoughts are well-expressed by critic and architect Pierre-Alain Croset. He also suggests that our understanding and critical consciousness of architecture often require a confrontation with the built object that is not possible through images alone. Therefore, understanding the specific quality of architecture requires a temporal experience of the built object. (1988, p. 201)

As Sontag claims, "A photograph is both a pseudo-presence and a token of absence." (1977, p.12) What is lacking in the photograph is significant, in terms of the architecture's representation. However, in many cases, the actual encounter with the building is not a possibility, where the photograph is what solely represents the building. The "windows" in magazines cannot reproduce the movement in architecture, which is critical for the actual understanding of the three-dimensional space "yet a magazine can evoke the temporal experience using, as a technique, narration" (Croset, 1988, p.202). Narration is the only technique that can fully represent a built architecture, capturing all the sensory perceptions that a person experiences within it. It plays a crucial role in architectural criticism and must not rely solely on "reduced representation" (Croset, 1988, p.202). However, this does not mean introducing textual narratives to magazines. Rather, what is necessary is a careful selection and organization of the visual material that helps the reader imagine the experience of being within the structure. (Croset, 1988, p.205). (Croset, 1988, p.202). It is not necessary to introduce textual narratives to magazines in order to provide a satisfying reader experience. Rather, what is necessary is a thoughtful and deliberate selection and organization of visual materials in a way that allows the reader to imagine an experience. Without the addition of textual elements, there is still the possibility of conveying a message through the representation presented. The

narration itself, through its selection, arrangement, and presentation, can provide its case for assessment. It's not just the role of the critic as a specialized professional that should be criticized, but also the way architectural magazines choose and edit the material they publish. Nowadays, magazines tend to focus on showcasing the "product" and rely on visual content provided by the architect. Critics are invited to provide quick commentary without visiting the building, which is a growing concern. (Croset, 1988, p. 207). Therefore, the architectural photographer and the way the process and framing take place become an important aspect of the process. The "critic" develops their saying through the frame which is constructed by the operator. "...one might say that the building becomes an object of critical reading only when the "intention" of such a reading exists" (Croset, 1988, p. 207). This is where it becomes relevant to discuss Barthes's discussion of the death of the author. According to Barthes, assigning an Author to a text restricts it, confining it to a definitive meaning, effectively closing off its potential for further exploration. This perspective aligns well with the goals of criticism, as it assumes the significant role of uncovering the Author (or its various manifestations: society, history, psyche, liberty) within the work. Once the Author is identified, the text is considered "explained," resulting in a triumph for the critic. (Barthes, 1977, 147). The objective of "reading" thus becomes subject to the elimination of the author, the operator in this case. The assessment of the architectural representation is only possible within the presented frame of the operator and the narration that has been developed, the intention of the observer must exist in order to "criticize". The placement of the observer to the spectrum, to the "context" could be constituted by the narration.

We are now beginning to let ourselves be fooled no longer by the arrogant antiphrastical recriminations of good society in favor of the very thing it sets aside, ignores, smothers, or destroys; we know that to give writing its future, it is necessary to overthrow the myth: the birth of the reader must be at the cost of the death of the Author." (Barthes, 1977, 148).

To further develop architectural knowledge, it is imperative that the critical standpoint exists. To develop such standing, one must be aware of the fact that the critical representational qualities of photography, which could connect and separate to its will, using the frame.

Conclusion

In regard to photography's nature, the concept of the photographic frame has been iterated in order to unveil the quality of representation and, most importantly, the knowledge that is conveyed with the frame. The representation of architectural spaces and the reproduction

of their temporal experience is a difficult task to achieve. The architectural photograph has the ability to accurately depict the details of architecture, however, certain qualities of the space are buried while doing so. As the photograph slices the space, although it highlights particular aspects of the architecture, it hides even more while doing so. Therefore, it is clear that the photograph is interpretive, but it does not mean that the knowledge within the photograph is completely flawed. Through the understanding of pieces that construct the photograph, it is possible to get a broader understanding of what it represents, which is critical for the understanding and, more importantly, for the development of architecture. In order to extend the knowledge of architecture, there has to be criticism within the discourse. Because of architecture's nature, the temporal experience is not always available to the critics, thus signifies the importance of photography. With photographs and their ever-evolving dissemination, the critical aspects of architecture are represented like never before. Therefore, the concept of architectural criticism with photographs gains importance. To constitute a clear knowledge of architecture, the elements that affect the representational aspects of photography have been studied.

References

- Acar, S. (2009). INTERSECTIONS: ARCHITECTURE AND PHOTOGRAPHY IN VICTORIAN BRITAIN.
- Acar, S. (2015). CAPTURING CONSTANTINOPLE: TRAVEL ALBUMS (1884-1910).
- Acar, S. (2018). Photography as a means of architectural (re)presentation and (re)production. *New Trends and Issues Proceedings on Humanities and Social Sciences*, Volume 5(Issue 6).
- Ackerman, J. (2003). The Photographic Picturesque. *Artibus et Historiae*, 24(48), 73. <https://doi.org/10.2307/1483732>
- Ackerman, J. S. (2001). *Origins, Imitation, Conventions*. Massachusetts Institute of Technology.
- Alberti, L. B. (1986). *The ten books of architecture*. New York Dover Publications. (Original work published 1755)
- Barthes, R. (1977). *Image, Music, Text* (S. Heath, Trans.). Fontana Press.
- Barthes, R. (1980). *Camera Lucida*. Hill and Wang.
- Burgin, V. (1982). *Thinking photography*. Palgrave Macmillan, [20]09.

- Çağlar, N., Bancı, S., Acar, S., Yılmaz, B., Ruhi-Sipahioğlu, I., & Abbas, G. M. (Eds.). (2022). *Materiart: Architectural Design, Research and Technology* (pp. 584–593). TOBB University of Economics and Technology.
- Colomina, B. (1987). *Le Corbusier and Photography*. *Assemblage*, 4, 6. <https://doi.org/10.2307/3171032>
- Crary, J. (2012). *Techniques of the observer : on vision and modernity in the nineteenth century*. MIT Press.
- Croset, P. A. (1988). *The Narration of Architecture* (B. Colomina & J. Ockmann, Eds.). Princeton Architectural Press and Revisions.
- Descartes, R. (1641). *Meditations On First Philosophy*. Oxford University Press.
- Elwall, R. (2004). *Building with light : the international history of architectural photography*. Merrell.
- Elwall, R. (2007). *NEW EYES FOR OLD: ARCHITECTURAL PHOTOGRAPHY. Twentieth Century Architecture, NO:8(BRITISH MODERN: ARCHITECTURE AND DESIGN IN THE 1930s)*.
- Elwall, R. (2012). “How to Like Everything”: *Townscape and Photography*. *The Journal of Architecture*, 17(5), 671–689. <https://doi.org/10.1080/13602365.2012.724852>
- Friedberg, A. (2006). *The Virtual Window*. Cambridge, Mass. [U.A.] MIT Press.
- Higgott, A., & Wray, T. (2014). *Camera constructs : photography, architecture and the modern city*. Ashgate.
- Lefèvre, W. (Ed.). (2007). *Inside the Camera Obscura - Optics and Art Under the Spell of the Projected Image*. Max Planck Institute for the History of Science.
- Newhall, B. (2012). *The history of photography : from 1839 to the present*. Museum Of Modern Art, Boston.
- Ockman, J., & Colomina, B. (Eds.). (1988). *Architectureproduction*. Princeton Architectural Press.
- Pallasmaa, J. (2012). *The eyes of the skin*. Chichester Wiley.
- Rattenbury, K. (Ed.). (2002). *This is not architecture : media constructions*. Routledge.
- Romanyshyn, R. (1989). *Technology as symptom and dream*. Routledge.
- Simmel, G. (1994). *Bridge and Door*. *Theory, Culture & Society*, 11(1), 5-10. <https://doi.org/10.1177/026327694011001002>
- Sontag, S. (1977). *On Photography*. New York Picador.
- Wilson, R. (2005). *At the limits of genre: Architectural photography and utopic criticism*. *The Journal of Architecture*, 10(3), 265–273. <https://doi.org/10.1080/13602360500162410>
- Zimmerman, C. (2014). *Photographic Architecture in the Twentieth Century*. U of Minnesota Press.
- Zimmerman, C. (2017). *Reading the (Photographic) Evidence*. *Journal of the Society of Architectural Historians*, 76(4).

LİMANLARDA ATIK ALIM TESİSİ PLANLAMASINDA KRİTERLERİN ÖNCELİKLENDİRİLMESİ: ÇEVRESEL VE MALİ FAKTÖRLERİN ANALİZİ

Gülem CANBOLAT

İstanbul Teknik Üniversitesi,

ORCID: 0009-0000-9915-6934

Dr. Öğr. Üyesi, Üstün ATAK

Bandırma Onyedli Eylül Üniversitesi,

ORCID: 0000-0002-1513-7371

Doç. Dr., Burak ZİNCİR

İstanbul Teknik Üniversitesi,

ORCID: 0000-0002-6719-4730

ÖZET

Bir limanda atık alım tesisi planlaması, çeşitli faktörlerin titizlikle değerlendirilmesini gerektiren karmaşık bir süreçtir. Bu çalışmada en önemli kriterleri belirlemek için Bulanık Analitik Hiyerarşi Süreci (B-AHS) yöntemini kullanarak 11 konu uzmanıyla gerçekleştirilen bir anket temel alınmıştır. Çalışmamızın sonuçları, karar verme sürecinde belirleyici rol oynayan iki ana faktörü vurgulamaktadır. İlk olarak, etkili atık yönetimi, atık geri kazanımı ve bertaraf uygulamalarıyla sağlanması gerektiği bulunmuştur. Bu, çevresel uyumlu ve sürdürülebilir atık işleme yöntemlerinin öncelikli olduğunu göstermektedir. İkinci olarak, finansal meseleler, özellikle atık kabul tesisi kurma maliyetinin önemli bir faktör olduğu belirlenmiştir. Uzmanlar, çevre dostu uygulamaların gerekliliğini kabul ederken, bu çabaların bütçe sınırlamalarıyla dengelemesi gerektiğini vurgulamaktadır. Alt kategorilere bakıldığında, atık geri kazanımı ve bertaraf yöntemlerinin birden fazla alanı ele alan kapsamlı bir strateji gerektirdiği görülmektedir. Tesis, farklı atık türlerini işlemek ve etkili bir şekilde yönetmek için tasarlanması gerekliliği açığa çıkmıştır. Ayrıca, atık ürünlerinden enerji üretme seçeneği büyük önem taşımaktadır. Sonuç olarak, bu çalışma, bir limanda atık alım tesisi oluştururken atık geri kazanımı ve bertaraf uygulamalarının önceliklendirilmesinin ve maliyetlerin kontrol edilmesinin kritik olduğunu vurgulamaktadır. Bu temel faktörlere odaklanarak, karar vericiler tesisin çevresel standartlara uygun olmasının yanı sıra etkili ve ekonomik bir şekilde çalışmasını sağlayabilir, ayrıca limanın ve çevresinin genel ekolojik bütünlüğüne katkıda bulunabilir.

Anahtar Kelimeler: Limanlar, Atık Yönetimi, Atık Alım Tesisi Planlaması, B-AHS

Giriş

Limanlarda atık alım tesislerinin planlanması, çeşitli faktörlerin dikkatlice göz önüne alınmasını gerektiren karmaşık bir süreçtir. Verimli bir atık alım tesisi kurulması, limanlarda etkili atık yönetimini sağlamak, çevresel düzenlemelere uygunluk sağlamak ve sürdürülebilir uygulamaları teşvik etmek açısından hayati öneme sahiptir. Ayrıca, finansal düşünceler de karar verme sürecinde önemli bir rol oynar, çünkü bu tesislerin kurulması ve işletilmesi maliyeti önemli olabilir. Bu nedenle, hem çevresel hem de finansal faktörleri ele alan kriterleri önceliklendirmek, limanlardaki atık alım tesislerinin başarılı planlanması ve uygulanmasını sağlamak için esastır.

Son yıllarda, çevreyle uyumlu ve sürdürülebilir atık işleme yöntemlerine vurgu yapılmaktadır. Etkili atık yönetimi, atık geri dönüşümü ve bertaraf uygulamaları, atık alım tesisi planlamasında temel kriterler olarak kabul edilir (Mierzwa-Hersztek vd., 2019). Bu uygulamalar, sadece limanın ve çevresinin genel ekolojik bütünlüğüne katkıda bulunmakla kalmaz, aynı zamanda atığı azaltma ve sürdürülebilirliği teşvik etme çabalarıyla da uyumludur. Atık geri dönüşümü ve bertaraf yöntemlerinin önceliklendirilmesi, farklı türdeki atıkları işlemek için tesisin tasarımını ve atık ürünlerinden enerji üretme seçeneğini içeren kapsamlı bir strateji gerektirir (Kim vd., 2014).

Ancak, çevresel düşünceler ne kadar önemli olursa olsun, finansal faktörler göz ardı edilemez. Atık alım tesisi kurma maliyeti, karar vericilerin dikkate alması gereken önemli bir faktördür (Kim et al., 2014). Çevre dostu uygulamaları bütçe kısıtlamalarıyla dengelemek, tesisin ekonomik sürdürülebilirliğini ve verimliliğini sağlamak için gereklidir. Bu nedenle, atık alım tesislerinin planlanmasındaki kriterlerin önceliklendirilmesinde finansal düşünceler de yer almalıdır, böylece kaynak tahsisi ve maliyet etkinliği optimize edilebilir (Ronda vd., 2014).

Atık alım tesislerinin planlanması konusunda bilinçli kararlar alabilmek için konuyla ilgili uzmanlardan bilgi toplamak esastır. Fuzzy Analytic Hierarchy Process (F-AHP) yöntemi, en önemli kriterleri belirlemek için kullanılabilir (Yıldız ve Aymelek, 2023). Bu yöntem, konuyla ilgili uzmanların görüşlerine dayalı olarak kriterlerin sistemli bir şekilde değerlendirilmesine ve önceliklendirilmesine olanak tanır (Yıldız vd., 2023). Konuyla ilgili uzmanlarla bir anket yaparak, karar verme sürecini yönlendirmek ve kriterlerin önceliklendirilmesinin atık alım tesislerinin planlanması konusundaki ihtiyaçlar ve hedeflerle uyumlu olduğundan emin olmak için değerli içgörüler elde edilebilir.

Sonuç olarak, limanlardaki atık alım tesislerinin planlanması, hem çevresel hem de finansal faktörlere yanıt veren kriterlerin dikkatlice önceliklendirilmesini gerektirir. Etkili atık yönetimi, atık geri dönüşümü ve bertaraf uygulamaları, çevreyle uyumlu ve sürdürülebilir atık işleme yöntemleri için temel öneme sahiptir (Abila ve Kantola, 2019). Ayrıca, bir atık alım tesisi kurmanın maliyeti göz önüne alınmalıdır, böylece tesisin ekonomik sürdürülebilirliği ve verimliliği sağlanabilir. Bu kriterleri önceliklendirerek, karar vericiler, bütçe kısıtlamalarını dengeleyerek limanın genel ekolojik bütünlüğüne katkıda bulunan bilinçli seçimler yapabilirler.

Bu çalışma, limanlardaki atık alım tesislerinin planlanması sürecine dair sistematik bir incelemeye odaklanarak, kapsamlı bir analiz sonucu elde edilen değerli görüşleri sunmayı amaçlamaktadır. Fuzzy Analitik Hiyerarşi Süreci (F-AHP) yöntemini kullanarak yapılan metodolojik bir yaklaşım ile bu araştırma, atık yönetimi konusundaki karar verme sürecini belirleyen ana kriterleri anlamak için 11 konu uzmanıyla gerçekleştirilen bir çalışmayı içermektedir. Bu araştırma bağlamında, iki temel faktör öne çıkmaktadır. Birincisi, çalışma, etkili atık yönetimi, geri dönüşüm ve bertaraf uygulamalarının kritik önemini vurgular. Bu vurgu, ekolojik ayak izini en aza indirmeyi amaçlayan küresel girişimlerle uyumlu olarak, çevreyle uyumlu ve sürdürülebilir atık işleme yöntemlerini benimseme aciliyetini gösterir. İkincisi, atık alım tesisi kurmanın finansal yönleri önemli bir endişe olarak ortaya çıkar. Çalışma, çevre dostu uygulamaları bütçe kısıtlamalarıyla dengelemenin önemini vurgular, böylece çevresel bilinci ön planda tutmanın yanı sıra maliyet-etkin çözümlerin sağlanması gerekliliğini ortaya koyar.

Alt kategorilerin daha yakından incelenmesi, liman tesislerinde atık yönetiminin karmaşıklığını ortaya koyar. Atık geri dönüşümü ve bertaraf yöntemlerinin, açıkça, bütünsel ve çok yönlü bir strateji gerektirdiği görülmektedir. Bu strateji, sadece çeşitli atık tiplerinin etkili bir şekilde işlenmesini değil, aynı zamanda atık ürünlerinden enerji üretimi gibi yenilikçi alanları keşfetmelidir. Bu durum, hem çevresel sürdürülebilirliği hem de ekonomik uygulanabilirliği hedefleyen kapsamlı bir planlamanın gerekliliğini vurgular. Bu bulgular doğrultusunda, bu çalışma, limanlardaki atık alım tesislerinin planlanmasında nuanslı bir yaklaşımı savunur. Atık geri dönüşümü ve bertaraf uygulamalarını çevresel standartlara sıkı sıkıya uymasıyla birlikte katı mali kontrolle önceliklendirerek, liman otoriteleri ve paydaşlar, çevresel hedeflerle uyumlu tesisler oluşturabilirler, böylece hem etkili hem de ekonomik olarak işleyebilirler. Bu çift odak, sadece küresel çevresel hedeflerle uyumlu olmakla kalmaz, aynı zamanda limanların ve çevresindeki alanların ekolojik bütünlüğüne önemli katkılarda bulunarak, ekonomik büyüme ile çevresel koruma arasında uyumlu bir denge sağlar.

Bu çalışmada, kullanılan metodolojiler, F-AHP analizinin detaylı bulguları ve limanlardaki atık alım tesislerinin planlanmasındaki öncelikli kriterlerin uygulanmasının sonuçlarına dair derinlemesine bir inceleme yapılmıştır. Bu kapsamlı keşif yoluyla, bu araştırma, liman yönetimi ve sürdürülebilir kalkınma konularında yer alan politika yapıcılar, çevreciler ve endüstri profesyonelleri için değerli görüşler ve pratik öneriler sunmayı amaçlamaktadır.

Kavramsal Çerçeve

Limanlarda çevre yönetimi, sürdürülebilir deniz limanı işletmeciliğinde kritik bir rol oynamaktadır. Limanlar, küresel lojistik deniz taşımacılığı zincirinin ana bileşenleri olduğundan, günlük operasyonel faaliyetlerini optimize etmek ve çevreye olan olumsuz etkilerini en aza indirmek giderek daha önemli hale gelmiştir (Ballini vd., 2021). Limanlarda çevre yönetimine odaklanma, çevresel düzenlemelere uyum sağlama, kirliliği azaltma ve sürdürülebilir uygulamaları teşvik etme ihtiyacından kaynaklanmaktadır (Castelló-Taliani vd., 2021). Limanlarda çevre yönetimini önceliklendirmenin ana nedenlerinden biri, yeşil uygulamaların kontrol ve izlenmesidir (Castelló-Taliani vd., 2021). Avrupa Deniz Limanları Organizasyonu (ESPO), çevreyle uyumlu önlemleri uygulamanın ve liman faaliyetlerinin

çevresel önceliklerle uyumlu olmasının önemini vurgular (Castelló-Taliani vd., 2021). Bu, emisyonları kontrol etme, atıkları yönetme ve doğal kaynakları koruma gibi unsurları içerir.

COVID-19 pandemisi, limanlarda çevre yönetiminin önemini daha da vurgulamıştır. Bu kriz, özellikle belirsizlik ve dalgalanmalar karşısında liman operasyonlarında risk yönetimi ve dayanıklılığın gerekliliğini ortaya koymuştur (Notteboom ve Haralambides, 2020). Çevre yönetimi uygulamaları, limanların değişen koşullara uyum sağlamasına ve çevre üzerindeki kesintilerin etkisini azaltmasına yardımcı olabilir. Son yıllarda, çevreyle uyumlu limanlar yaratmayı amaçlayan 'eko-liman' kavramı önem kazanmıştır (Wu, 2020). Avrupa Deniz Limanları Organizasyonu (ESPO), çevresel korumayı teşvik eden ve limanlardaki çevre yönetimini iyileştirmeyi amaçlayan EcoPorts gibi projeleri başlatmıştır (Wu, 2020). Bu girişimler, liman operasyonlarında çevresel sürdürülebilirliğin önemine dair farkındalığı vurgular.

Limanlarda çevre yönetimi, liman faaliyetlerinin hava, su, toprak ve sediment üzerindeki etkilerini kontrol etmeyi içerir (Puig vd., 2015). Bu, çevresel performansı artırmayı, maliyetleri azaltmayı ve limanların müşteriler ve toplum gözündeki imajını iyileştirmeyi amaçlayan bir dizi politika, program ve uygulamayı içerir (Braga ve Gomes, 2020). Etkili çevre yönetimi stratejilerini uygulayarak, limanlar kârlılıklarını, itibarlarını ve genel sürdürülebilirliklerini artırabilirler. Limanlarda çevre yönetiminin performansı üzerine yapılan araştırmalar ve değerlendirmeler devam etmekte olan bir konudur. Çalışmalar, Avrupa limanlarının çevresel performansını incelemiş, trendleri ve iyileştirme alanlarını belirlemiştir (Puig vd., 2020). Ayrıca, çevre yönetim sistemlerinin etkinliğini değerlendirmek için çevresel göstergelerin ve performans değerlendirme araçlarının geliştirilmesi de incelenmiştir (Puig vd., 2017). Bu çabalar, deniz limanlarında çevre yönetimi uygulamalarının sürekli olarak geliştirilmesine katkıda bulunur."

Limanlarda atık alımının önemi yadsınamaz, çünkü bu, sürdürülebilir ve çevre sorumluluğu taşıyan liman işletmelerini sağlamak adına kritik bir rol oynar. Limanlardaki atık alım tesisleri, gemilerden kaynaklanan çeşitli atıkların yönetimi ve bertarafı için elzemdir; bu atıklar arasında çöp, yağlı atık, kanalizasyon ve tehlikeli maddeler bulunmaktadır (Khondoker ve Hasan, 2020). Etkili atık alım tesislerinin kurulması birkaç nedenle hayati öneme sahiptir. Öncelikle, atık alım tesisleri limanların atık yönetimi konusundaki uluslararası ve ulusal düzenlemelere uygun olmalarına yardımcı olur. Uluslararası Denizcilik Örgütü (IMO), gemilerden kaynaklanan kirliliği önlemek ve gemilerden gelen atıkların uygun şekilde işlenmesini ve bertarafını teşvik etmek için MARPOL Sözleşmesi kapsamında düzenlemeler yapmıştır (Khondoker ve Hasan, 2020). Bu düzenlemeler, limanlardan gemilerden gelen atıkları alacak ve yönetecek yeterli atık alım tesislerini sağlamalarını gerektirir (Khondoker ve Hasan, 2020). Bu düzenlemelere uyulmasıyla, limanlar deniz ekosistemlerini koruma ve kirliliği önleme konusunda katkıda bulunurlar.

İkinci olarak, atık alım tesisleri deniz çevresinin korunmasına ve kirliliğin azaltılmasına katkıda bulunur. Eğer gemilerden kaynaklanan atıklar uygun şekilde yönetilmezse, deniz ekosistemleri üzerinde su kirliliği, habitat bozulması ve deniz canlılarına zarar gibi önemli olumsuz etkilere neden olabilir (Richardson vd., 2016). Atık alım tesislerinin sağlanmasıyla, limanlar

gemilerden gelen atıkların çevresel açıdan sorumlu bir şekilde toplanmasını, arıtılmasını ve bertaraf edilmesini sağlayarak, deniz çevresine olası zararı en aza indirirler (Richardson vd., 2016). Üçüncü olarak, atık alım tesisleri sürdürülebilir uygulamaları ve döngüsel ekonomiyi teşvik eder. Limanlar, atık azaltma, geri dönüşüm ve kaynak kullanımını yeniden kazanma gibi atık yönetimi stratejilerini uygulama fırsatına sahiptir (Satır ve Doğan-Sağlamtimur, 2018). Farklı türdeki atıkları ayırarak ve uygun şekilde yöneterek, limanlar malzemelerin geri dönüşümünü ve yeniden kullanımını kolaylaştırabilir, doğal kaynaklara olan bağımlılığı azaltabilir ve çöplere gönderilen atığı en aza indirebilirler (Medina-Mijangos vd., 2021). Bu, daha sürdürülebilir ve kaynak verimli bir liman endüstrisine doğru geçişte katkıda bulunur.

Ayrıca, limanlardaki atık alım tesisleri limanın genel imajını ve itibarını artırır. Çevresel sürdürülebilirliğe öncelik veren ve etkili atık yönetimi uygulamalarını sergileyen limanlar, taşımacılık şirketleri, müşteriler ve yerel toplum gibi paydaşlar tarafından daha olumlu bir şekilde değerlendirilirler (Argüello, 2020). Olumlu bir çevresel itibar, çevreye duyarlı işletmeleri çeker ve limanın ekonomik büyümesine ve rekabetçiliğine katkıda bulunabilir (Argüello, 2020). Sonuç olarak, limanlardaki atık alımı, sürdürülebilir ve çevre sorumluluğu taşıyan liman işletmelerini sağlamak açısından son derece önemlidir. Yeterli atık alım tesislerinin sağlanmasıyla, limanlar düzenlemelere uyabilir, deniz çevresini koruyabilir, sürdürülebilir uygulamaları teşvik edebilir ve genel imaj ve itibarlarını artırabilirler. Etkili atık alım tesislerinin kurulması, gemilerden kaynaklanan atıkların uygun şekilde yönetilmesine katkıda bulunarak, deniz ekosistemlerini koruma ve kirliliği azaltma konusuna katkı sağlar.

Materyal ve Metot

B-AHS, karar vericinin kesin kararlar yerine algılara dayalı değerlendirmeler sunabileceği durumlarda kullanılabilir. B-AHS yöntemi limancılık ile ilgili problemlerde sıkça kullanılan bir yöntemdir (Du vd., 2017). Bu problemler, sadece kullanıcıların liman hizmet seçimiyle ilgili sorunları değil, aynı zamanda yeşil liman kriterlerinin ve yeşil liman performans göstergelerinin değerlendirilmesini de içerir (Chiu vd., 2014; Lirn vd., 2013). Bu çalışmada, limanlardaki atık alım tesisi planlamasının çevre yönetimi literatüründe yaygın olarak tartışılan dört ana kategori ve alt kriterlerin ağırlıklarının belirlenmesi amacıyla bulanık analitik hiyerarşi süreci yöntemi kullanılmıştır. Veriler, Türkiye'de aktif olarak faaliyet gösteren liman yetkililerinin bakış açılarından elde edilmiştir.

Liman atık alım planlaması içindeki kategorilerin ve kriterlerin önemini incelemek amacıyla bir anket çalışması yapılmıştır. Anket, konu uzmanı katılımcılara uygulanmıştır; bu katılımcılar belirli kriterlerin göreceli önemini çiftler halinde karşılaştırmalarını gerçekleştirmiştir. Amaç, liman atık alım planlamasında en uygun prosedürleri belirlemektir. Her katılımcıdan, kriterlerin önemine veya alternatif sıralamalara ilişkin anlaşma zorunluluğu olmaksızın ayrı ve ayırt edilebilir değerlendirmeler yapması istenmiştir. Bu yöntemin amacı, katılımcıların izlenimlerini, çeşitli seçenekler arasında seçim yaptırarak yakalamaktır. Katılımcılar, bir faktörün diğerine göre algılanan önemini yansıtmak için ikili karşılaştırma ölçeğini kullanmışlardır (Tablo 1'e bakınız).

Tablo 1. Araştırmanın Dilbilgisel Ölçeği

| Açıklama | Saaty AHP Ölçeği (Net Değerler) |
|--|---------------------------------|
| Eşit tercih edilen | 1 |
| Orta derecede tercih edilen | 3 |
| Güçlü bir şekilde tercih edilen | 5 |
| Çok güçlü bir şekilde tercih edilen | 7 |
| Son derece tercih edilen | 9 |
| Eşit derecede orta derecede tercih edilen | 2 |
| Orta dereceden güçlü bir şekilde tercih edilen | 4 |
| Güçlüden çok güçlü bir şekilde tercih edilen | 6 |
| Çok güçlüden son derece tercih edilen | 8 |

Kaynaklar: Anagnostopoulos ve diğerleri (2007), Bakir ve Atalik (2021), Yildiz ve diğerleri (2023).

Bu çalışmada katılımcıları seçmek için amaçlı örnekleme yöntemi kullanılmıştır, yani katılımcılar, araştırmanın amacıyla ilgili belirlenmiş kriterlere dayalı olarak seçilmişlerdir. Amaçlı örnekleme yönteminin temel hedefi, deneyim, yetenek ve konuyla ilgili uzmanlıkla şekillenmiş zihinsel yetilere sahip uzmanları örnekleme dahil etmektir. Algılara dayalı olarak yapılan AHP çalışmalarında, değerlendirmelerin doğru ve geçerli sonuçlar vermesini sağlamak için en uygun uzmanları örnekleme dahil etmek hedeflenir. Bu bağlamda, bu çalışmada örneklemin seçimi için amaçlı örnekleme yöntemi en uygun örnekleme yöntemi olarak kabul edilmiştir. Potansiyel katılımcıların, konuyla ilgili yüksek düzeyde uzmanlığa ve deneyime sahip olmaları, ayrıca çalışmaya katılmaya hazır ve istekli olduklarını göstermeleri seçimi etkileyen ana faktörlerdir (Palinkas vd., 2015; Yildiz vd., 2023).

Nihai örneklem, sektördeki deneyimleri ve konudaki yetkinlikleri nedeniyle seçilen 11 kişiyi içermektedir. Katılımcıların seçiminde Türklim Veritabanı kullanılmış ve bu çalışmanın kapsamında değerlendirilen limanların en az %10'una ulaşılması hedeflenmiştir. Yanıtlayıcılar hakkında detaylı bilgiler Tablo 2'de yer almaktadır.

Tablo 2. Katılımcıların Profili

| Katılımcı | Kurum | Pozisyon/Meslek | Sektör Deneyimi | Eğitim |
|-----------|-------|------------------------------|-----------------|---------------|
| 1 | LİMAN | İşSağlığıveGüvenliği Uzmanı | 5YIL | YÜKSEK LİSANS |
| 2 | LİMAN | LİMAN OPERASYON ŞEFİ | 10YIL | YÜKSEK LİSANS |
| 3 | LİMAN | İşSağlığıveGüvenliği Uzmanı | 12YIL | YÜKSEK LİSANS |
| 4 | LİMAN | Sağlık-Emniyet-Çevre Uzmanı | 6 YIL | YÜKSEK LİSANS |
| 5 | LİMAN | KALİTE ŞEFİ | 8YIL | YÜKSEK LİSANS |
| 6 | LİMAN | İşSağlığıve Güvenliği Uzmanı | 10YIL | LİSANS |
| 7 | LİMAN | OPERASYON MUDURU | 15YIL | LİSANS |
| 8 | LİMAN | LİMAN İŞLETME MÜDÜRÜ | 4YIL | LİSANS |

| | | | | |
|----|-------|---|-------|---------------|
| 9 | LİMAN | LİMAN İŞLETME MÜDÜRÜ | 15YIL | DOKTORA |
| 10 | LİMAN | ENTEĞRE YÖNETİM VE İDARE İŞLER YÖNETİCİSİ | 10YIL | LİSANS |
| 11 | LİMAN | ÇEVRE YÜKSEK MH. | 20YIL | YÜKSEK LİSANS |

Analiz ve Bulgular

Veri toplama sürecinin ardından, anket sorularından elde edilen veriler dikkatlice incelenmiş ve katılımcıların perspektiflerine dayalı olarak beş farklı kriter matrisi oluşturulmuştur. Bu sayısal analiz, katılımcıların toplam yanıtları için kriter ağırlıklarını belirlemede bize yardımcı olmuştur. Matrislerin oluşturulmasında, ortalama yanıtların en yakın tam sayıları kullanılır. Sayısal analizin son aşamasında, Warton Rasgele İndeks (RI) ölçeğini kullanarak CR hesaplanır. Problemin 4 ana kategori ve her biri için 4 kriter içermesi nedeniyle RI değeri 0.90 olarak kabul edilmiştir. Katılımcıların yanıtlarının tutarlılık oranını hesapladığımızda, bunun yaklaşık 0.07 olduğu tespit edilmiştir, bu da 0.1'den daha küçük olduğu için tutarlı olduğu anlamına gelmektedir.

Tablo 3. Warton RI Ölçeği

| | | | | | | | | |
|----|---|---|------|-------------|------|------|------|------|
| n | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| RI | 0 | 0 | 0.58 | 0.90 | 1.12 | 1.24 | 1.32 | 1.41 |

Kaynak: Franek ve Kresta, (2016).

Sayısal analizin bir sonucu olarak öncelikle kriter ağırlık ve kriter sıralama sonuçları elde edilmiştir. Tablo 4, çalışmanın kriter ağırlığını ve sıralamasını sunar. Aşağıdaki tablo ise 11 katılımcının ağırlık ve sıralama sonuçlarını göstermektedir.

Tablo 4. Çalışmanın Kriter Ağırlık Sonuçları

| Ana Kriter Adı | Ana Kriter Skoru | Kod | Alt Kriter Adı | Grup Üyeleri İçinde Ağırlığı | | Genel Ağırlık | |
|-------------------|------------------|-----|---------------------------------------|------------------------------|------|---------------|------|
| | | | | Puan | Sıra | Puan | Sıra |
| MALİYET UNSURLARI | 0,19851 | Ü1 | Ekipman masrafı | 0,28871 | 2 | 0,05731 | 8 |
| | | Ü2 | Personel Masrafı | 0,16195 | 4 | 0,03215 | 13 |
| | | Ü3 | Bakım/onarım | 0,33369 | 1 | 0,06624 | 5 |
| | | Ü4 | Diğer (öngörülemeyen) | 0,21537 | 3 | 0,04275 | 11 |
| DEPOLAMA/TOPLAMA | 0,19804 | D1 | Deniz | 0,26192 | 2 | 0,05187 | 9 |
| | | D2 | Kara | 0,17457 | 3 | 0,03457 | 12 |
| | | D3 | Sabit hat | 0,14502 | 4 | 0,02872 | 14 |
| | | D4 | Karışık (Deniz+Kara, Sabit+Kara, vb.) | 0,41822 | 1 | 0,08282 | 3 |

| | | | | | | | |
|-----------------------|---------|----|--|---------|---|---------|----|
| TEMİZLİK SÜRECİ | 0,17501 | T1 | Birinci Safha | 0,35899 | 1 | 0,06283 | 6 |
| | | T2 | İkinci Safha | 0,15220 | 4 | 0,02664 | 16 |
| | | T3 | Üçüncü Safha | 0,15930 | 3 | 0,02788 | 15 |
| | | T4 | Karışık (1+2, 2+3, 1+3, 1+2+3) | 0,32924 | 2 | 0,05762 | 7 |
| GERİ KAZANIM/BERTARAF | 0,42834 | G1 | Enerji/yakıt elde etme | 0,30133 | 2 | 0,12907 | 2 |
| | | G2 | Tarımda kullanma | 0,15521 | 3 | 0,06648 | 4 |
| | | G3 | Arazi doldurma | 0,10421 | 4 | 0,04464 | 10 |
| | | G4 | Karışık (Tarım+arazi, Tarım+enerji, Enerji+Yakıt, vb.) | 0,43884 | 1 | 0,18797 | 1 |

Geri kazanım ve bertaraf stratejileri, genel ağırlık açısından en üst sıradadır. Bu sonuç, atıkların etkili bir şekilde yeniden kazanılması veya güvenli bir şekilde bertaraf edilmesinin, sürdürülebilirlik açısından kritik öneme sahip olduğunu göstermektedir. Farklı geri kazanım ve bertaraf yöntemlerinin birleştirilmesi, atıkların ekonomik ve çevresel açıdan en verimli şekilde değerlendirilmesini sağlar. Maliyetler, genel ağırlık açısından ikinci sıradadır. Özellikle bakım/onarım ve ekipman masrafı gibi maliyet faktörlerinin dikkate alınması, bütçe yönetimi açısından önemlidir. Depolama ve toplama stratejileri, genel ağırlık açısından üçüncü sıradadır. Farklı depolama yöntemlerinin birleştirilmesi, liman operasyonlarının düzenli ve etkili bir şekilde yönetilmesi için önemli bir unsurdur. Temizlik süreci, genel ağırlık açısından son sıradadır. Temizlik aşamalarının doğru bir şekilde planlanması ve uygulanması, limanın çevresel etkilerini minimize etmede önemli bir rol oynar. Bu kategoride birinci safha, temizlik sürecinin en kritik aşaması olarak belirlenmiştir.

Bu sıralama, genel olarak geri kazanım/bertaraf stratejilerinin ve maliyet unsurlarının, atık yönetimi sürecinde öncelikli olarak ele alınması gerektiğini göstermektedir. Bu iki ana kriter, limanların çevresel etkilerini en aza indirmek ve sürdürülebilirlik hedeflerini desteklemek için odaklanılması gereken temel alanları temsil eder. Temizlik ve depolama/toplama stratejileri de önemlidir ancak geri kazanım/bertaraf ve maliyet kadar öncelikli değildir. Bu sonuçlar, sürdürülebilir atık yönetimi stratejileri oluştururken hangi alanlara odaklanılması gerektiği konusunda değerli bir rehber sunmaktadır.

Araştırma sonuçlarına göre, atık yönetimi stratejilerinde en önemli kriterler geri kazanım/bertaraf ve maliyet unsurlarıdır. Geri kazanım ve bertaraf stratejileri, özellikle enerji ve yakıt elde etme ile farklı geri kazanım yöntemlerinin birleştirilmesi en yüksek önceliğe sahiptir. Maliyet unsurları arasında bakım/onarım masrafları en öncelikli maliyet unsuru olarak görülürken ekipman masrafları hemen ondan sonra gelen maliyet unsuru olarak dikkat çekmektedir. Depolama/toplama stratejilerinde ise farklı depolama yöntemlerinin entegrasyonu en yüksek önceliğe sahipken, denizde depolama ikinci sıradadır. Temizlik sürecinde ise birinci safha ve farklı temizlik aşamalarının entegrasyonu önem taşırken, maliyetlerde ise bakım/onarım en kritik faktördür. Sonuçlar, liman yöneticilerine sürdürülebilir atık yönetimi stratejileri oluştururken hangi alanlara odaklanmaları gerektiği konusunda önemli bir yol gösterici sunmaktadır.

Enerji kaynaklarının giderek azalması ve enerji fiyatlarındaki dalgalanmalar, atıkların enerji ve yakıt üretiminde kullanılmasını cazip kılmaktadır. Bu, hem ekonomik hem de çevresel açıdan avantaj sağlar. Farklı atık türlerinin entegre bir şekilde geri kazanılması, kaynakların etkin bir şekilde kullanılmasını sağlar. Bu da hem atıkların bertarafını sağlar hem de yeni ürünlerin üretiminde malzeme kaynağı olarak kullanılabilir. Denizdeki ekipmanın bakımı ve onarımı, hem çalışan güvenliği hem de çevresel uyumluluk açısından önemli bir rol oynar. Ayrıca, bakım gereksinimleri düzenli olarak değerlendirilmeli ve bu maliyetler bütçe planlamasında dikkate alınmalıdır. Limanlarda depolanan atıkların doğru yönetimi, çevresel kirliliği önlemek için önemlidir. Atıkların depolama alanları ve yöntemleri, hem çevresel etkileri minimize etmek hem de güvenli bir şekilde bertaraf etmek açısından önem taşır. Deniz ve liman çevresinin temizlenmesi, ekosistemlere zarar veren atıkların temizlenmesini sağlar. Deniz ve kıyı temizliği, doğal yaşamı koruma açısından kritiktir ve kamuoyu tarafından da genellikle büyük bir önem taşımaktadır.

Bu sıralamada geri kazanım/bertaraf stratejilerinin en üst sırada olması, atıkların ekonomik ve çevresel değerlendirilmesinin önemini yansıtır. Maliyetlerin ikinci sırada olması, bütçe yönetiminin ve sürdürülebilirliğin büyük ölçüde dikkate alındığını gösterirken, depolama/toplama stratejilerinin üçüncü sırada olması, atıkların düzenli yönetilmesinin önemini vurgular. Temizlik sürecinin son sırada olması, deniz çevresinin korunması konusunda henüz yeterli bilince ulaşamadığını göstermektedir. Bu sıralama, hem çevresel sürdürülebilirliği sağlamak hem de ekonomik olarak etkin atık yönetimi stratejileri geliştirmek için odaklanılması gereken alanları belirlemek açısından mantıklıdır.

Sonuç

Bu çalışma, limanlarda atık yönetimi stratejilerinin belirlenmesinde önemli olan kriterleri ve bu kriterlerin öncelik sıralamalarını belirlemeyi amaçlamıştır. Geri kazanım/bertaraf stratejileri, atık yönetimi sürecindeki en kritik alan olarak belirlenmiştir. Atıkların etkili bir şekilde yeniden kazanılması veya güvenli bir şekilde bertaraf edilmesi, liman operasyonlarının sürdürülebilirliği açısından kritik öneme sahiptir. Bu stratejiler, atıkların hem ekonomik hem de çevresel açıdan en verimli şekilde değerlendirilmesini sağlamak amacıyla enerji ve yakıt üretimi gibi farklı geri kazanım yöntemlerinin birleştirilmesini içermektedir.

Maliyet unsurları ikinci sırada yer alırken, özellikle bakım/onarım ve ekipman masrafları gibi faktörlerin bütçe yönetimi açısından dikkate alınması gerektiği vurgulanmıştır. Depolama ve toplama stratejileri üçüncü sırada yer almakta olup, atıkların düzenli ve güvenli bir şekilde yönetilmesi için farklı depolama yöntemlerinin entegrasyonunun önemli olduğunu göstermektedir. Her ne kadar temizlik süreci en az öneme sahip kategori olarak belirlense de. Katılımcılara göre, deniz ve liman çevresinin temizlenmesi, doğal yaşamın korunması ve kamuoyu beklentilerini karşılamak açısından büyük bir öneme sahiptir. Temizlik aşamalarının doğru bir şekilde planlanması ve uygulanması, limanın çevresel etkilerini minimize etmede kritik bir rol oynamaktadır.

Çalışmanın bulguları, gelecekteki araştırmacılara ve endüstri profesyonellerine rehberlik edecek önemli bir teorik çerçeve sunmaktadır. Ayrıca, belirlenen öncelikler ve stratejiler, atık

yönetimi literatürüne yeni bir bakış açısı sunarak bu alandaki teorik bilgiyi zenginleştirmiştir. Bu çalışmanın belirlediği stratejiler, liman yöneticilerine ve endüstri profesyonellerine, atık yönetimi süreçlerini optimize etme ve çevresel sürdürülebilirliği artırma konusunda somut bir yol haritası sunmaktadır. Uygulayıcılara, belirlenen stratejileri temel alarak atık yönetimi politikalarını güncelleme ve geliştirme fırsatı sunulmaktadır. Limancılık sektörü, küresel ticaretin önemli bir bileşeni olarak ekonomik büyümeye katkıda bulunurken, çevresel sürdürülebilirliği de dikkate alınmalıdır. Bu çalışmanın belirlediği atık yönetimi stratejileri, sektöre çevresel uyumluluk sağlama ve sosyal sorumluluklarını yerine getirme fırsatı sunmaktadır. Bu, hem endüstriyel hem de toplumsal düzeyde sürdürülebilirliğe katkı sağlayabilir.

Çalışmanın öncelikli kısıtı katılımcıların ve katılımcı limanların sınırlılığında doğmaktadır. Ülkemizde henüz limanlarda tam anlamıyla çalışan atık alım tesislerinin bulunmaması bu kısıtın oluşmasında etken olmuştur. Gelecekteki araştırmalarda, belirlenen stratejilerin farklı limanlarda nasıl uygulanabileceği ve bu uygulamaların çevresel etkileri üzerine detaylı saha çalışmaları yapılmalıdır. Ayrıca, farklı coğrafi bölgelerdeki limanlarda atık yönetimi stratejileri arasındaki farklılıkları inceleyen karşılaştırmalı çalışmalara da ihtiyaç vardır.

Kaynaklar

- Abila, B. ve Kantola, J. (2019). waste management: relevance to environmental sustainability. *International Journal of environment and waste management*, 23(4), 337. <https://doi.org/10.1504/ijewm.2019.099991>
- Anagnostopoulos, K. P., Gratziou, M. ve Vavatsikos, A. P. (2007). Using the fuzzy analytic hierarchy process for selecting wastewater facilities at prefecture level. *European Water*, 19/20, 15-24.
- Argüello, G. (2020). Environmentally sound management of ship wastes: challenges and opportunities for european ports. *Journal of Shipping and Trade*, 5(1). <https://doi.org/10.1186/s41072-020-00068-w>
- Bakır, M. ve Atalık, Ö. (2021). Application of fuzzy AHP and fuzzy MARCOS approach for the evaluation of e-service quality in the airline industry. *Decision Making: Applications in Management and Engineering*, 4(1), 127-152. <https://doi.org/10.31181/dmame2104127b>
- Ballini, F., Vakili, S., Schönborn, A., Ölçer, A. I., Canepa, M. ve Sciutto, D. (2021). Optimal decision making for emissions reduction measures for italian container terminals. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part M: Journal of Engineering for the Maritime Environment*, 236(1), 283-300. <https://doi.org/10.1177/14750902211027680>
- Braga, R. C. M. S. ve Gomes, F. V. (2020). Environmental licensing as an instrument for the environmental management of brazilian public ports. *Sustainability*, 12(6), 2357. <https://doi.org/10.3390/su12062357>

- Castelló-Taliani, E., Giralt-Escobar, S. ve Rosa, F. S. d. (2021). Environmental disclosure: study on efficiency and alignment with environmental priorities of spanish ports. *Sustainability*, 13(4), 1791. <https://doi.org/10.3390/su13041791>
- Chiu, R., Lin, L. ve Ting, S. (2014). Evaluation of green port factors and performance: a fuzzy ahp analysis. *Mathematical Problems in Engineering*, 2014, 1-12. <https://doi.org/10.1155/2014/802976>
- Du, J., Jiang, Y., Wang, K., Song, G., Wu, J., Song, L. ve Ma, Z. (2017). Evaluation of pilotage dispatching operation for dalian port in china based on fce-ahp method. *Journal of International Maritime Safety Environmental Affairs and Shipping*, 1(1), 11-18. <https://doi.org/10.1080/25725084.2017.1419786>
- Franeck, J. ve Kresta, A. (2014). Judgment scales and consistency measure in AHP. *Procedia Economics and Finance*, 12(1), 164-173. [https://doi.org/10.1016/S2212-5671\(14\)00332-3](https://doi.org/10.1016/S2212-5671(14)00332-3)
- Khondoker, M. R. H. ve Hasan, K. N. (2020). Waste management of a maritime port-the case of mongla port authority. *Journal of Naval Architecture and Marine Engineering*, 17(2), 219-230. <https://doi.org/10.3329/jname.v17i2.48925>
- Kim, Y. H., Lee, Y., Song, J. ve Lee, S. Y. (2014). The development of investment prioritization criteria for the mooring facilities's maintenance by the delphi study. *Journal of the Korea Academia-Industrial Cooperation Society*, 15(1), 515-524. <https://doi.org/10.5762/kais.2014.15.1.515>
- Lirn, T., Wu, Y. ve Chen, Y. (2013). green performance criteria for sustainable ports in asia. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, 43(5/6), 427-451. <https://doi.org/10.1108/ijpdlm-04-2012-0134>
- Medina-Mijangos, R., Zein, S., Guerrero-García-Rojas, H. ve Seguí-Amórtégui, L. (2021). The economic assessment of the environmental and social impacts generated by a light packaging and bulky waste sorting and treatment facility in spain: a circular economy example. *Environmental Sciences Europe*, 33(1). <https://doi.org/10.1186/s12302-021-00519-6>
- Mierzwa-Hersztek, M., Gondek, K. ve Kopeć, M. (2019). Degradation of polyethylene and biocomponent-derived polymer materials: an overview. *Journal of Polymers and the environment*, 27(3), 600-611. <https://doi.org/10.1007/s10924-019-01368-4>
- Notteboom, T. ve Haralambides, H. (2020). Port management and governance in a post-covid-19 era: quo vadis?. *Maritime Economics and Logistics*, 22(3), 329-352. <https://doi.org/10.1057/s41278-020-00162-7>
- Palinkas, L.A., Horwitz, S.M., Green, C.A., Wisdom, J.P., Duan, N. ve Hoagwood, K. (2015). Purposeful sampling for qualitative data collection and analysis in mixed method

- implementation research. *Administration and Policy in Mental Health and Mental Health Services Research*, 42(5), 533-544.
- Puig, M., Pla, A., Segui, X. ve Darbra, R. M. (2017). Tool for the identification and implementation of environmental indicators in ports (teip). *Ocean and Coastal Management*, 140, 34-45. <https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2017.02.017>
- Puig, M., Raptis, S., Wooldridge, C. ve Darbra, R. M. (2020). Performance trends of environmental management in european ports. *Marine Pollution Bulletin*, 160, 111686. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2020.111686>
- Puig, M., Wooldridge, C., Michail, A. ve Darbra, R. M. (2015). Current status and trends of the environmental performance in european ports. *Environmental Science and Policy*, 48, 57-66. <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2014.12.004>
- Richardson, K., Haynes, D., Talouli, A. ve Donoghue, M. J. (2016). Marine pollution originating from purse seine and longline fishing vessel operations in the western and central pacific ocean, 2003–2015. *Ambio*, 46(2), 190-200. <https://doi.org/10.1007/s13280-016-0811-8>
- Ronda, L., Ollo-López, A. ve Goñi-Legaz, S. (2016). Family-friendly practices, high-performance work practices and work–family balance. *Management Research the Journal of the Iberoamerican Academy of Management*, 14(1), 2-23. <https://doi.org/10.1108/mrjiam-02-2016-0633>
- Satır, T. ve Doğan-Sağlamtimur, N. (2018). The protection of marine aquatic life: green port (ecoport) model inspired by green port concept in selected ports from turkey, europe and the usa. *Periodicals of Engineering and Natural Sciences (PEN)*, 6(1), 120. <https://doi.org/10.21533/pen.v6i1.149>
- Wu, X., Zhang, L. ve Yang, H. (2020). Integration of eco-centric views of sustainability in port planning. *Sustainability*, 12(7), 2971. <https://doi.org/10.3390/su12072971>
- Yildiz, R.O., Yeni, K. ve Esmer, S. (2023). Prioritisation of TM functions and talent development practices in a specific service industry context. *International Journal of Human Resources Development and Management*, 23(1), 73-92.
- Yildiz, R.O. ve Aymelek, M. (2023). Striking the balance: The priority ranking of flexible work arrangements in freight forwarding companies. *Marine Science and Technology Bulletin*, 12(4), 428-444. <https://doi.org/10.33714/masteb.1345746>

OPTİK BEYAZLATICILAR VE KAĞIT ENDÜSTRİSİNDE KULLANIMI OPTICAL BRIGHTENERS AND USE IN THE PAPER INDUSTRY

Dr. Ufuk YILMAZ

Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, - 0000-0001-8240-1294

Prof. Dr. Ahmet TUTUŞ

Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, 0000-0003-2922-4916

Prof. Dr. Sinan SÖNMEZ

Marmara Üniversitesi, - 0000-0003-3126-9590

ÖZET

Optical brighteners are auxiliaries that are increasingly consumed in the detergent and soap industry and are widely used in the textile industry. These organic compounds, which were found 50 years ago, are not only used in the textile and detergent industry, but also in the paper, plastic and paint industry. Optical brightening agents (OBA's), fluorescent brightening agents (FBA's) or fluorescent whitening agents (FWA's) are extensively used in paper production to increase the amount of reflection of blue light. Today, it has become almost impossible to produce papers produced without optical brighteners, except for papers that are specially needed. These materials are especially used in writing papers to achieve a higher whiteness ratio and absorb UV light in the 290–400 nm range and emit visible blue light at 400–480 nm. This increases the brightness and whiteness of the paper. As these substances create a high contrast during printing, they reduce the need for ink/dye on the paper.

The aim of this study is to examine optical brighteners with an overview. In this study, optical brighteners, their applications in various industries, and their usage in the paper sector, along with their advantages and disadvantages in terms of product quality and human health, have been examined. During this investigation, national and international comparisons and standards have also been included in the study.

Anahtar Kelimeler : FBA's, FWA's, OBA's, Paper industry, Whiteness

1. INTRODUCTION

Paper, one of the most produced and consumed materials in the world, holds a significant strategic position in our country as well, as emphasized by Sayın and Malayoğlu (2001). With advancements in technology, there has been an increased demand for paper that is whiter, brighter, and visually appealing. This demand has led paper manufacturers to use chemical substances such as optical brighteners to enhance the whiteness and brightness of papers.

Natural paper fibers tend to absorb more light in the blue region of the visible spectrum due to the presence of natural pigments, resulting in an undesirable yellowish tone. However, when synthetic fibers are used, this effect is less pronounced. The whiteness of these underlying layers can be improved by the action of products called optical brighteners, fluorescent whitening agents (FWAs), or fluorescent brightening agents, which enhance the whiteness level or color of the material (Ruhela and Gajbhiye, 2020). These materials are particularly employed in writing papers to achieve a higher whiteness ratio and to absorb UV light in the 290–400 nm range, subsequently emitting visible blue light at 400–480 nm (Smith, 2020).

2. APPLICATIONS

Optical brighteners are used in the following industries:

- **Textile and Garment Industry:** Optical brighteners are used in textile products such as cotton, silk, wool, and synthetic fabrics to enhance whiteness and brightness, giving fabrics a more appealing look.
- **Paper Industry:** Optical brighteners, especially in the production of paper and cardboard, are employed to make papers appear whiter and have a more attractive appearance.
- **Detergents and Cleaning Products:** Some detergents and cleaning products contain optical brighteners to whiten clothes and surfaces.
- **Cosmetic Products:** Certain cosmetic products, particularly teeth-whitening products and skincare items, may contain optical brighteners to create a whitening effect.
- **Printing and Packaging Industry:** Optical brighteners can be used in magazines, advertising posters, packaging materials, and other printed products to achieve a whiter and brighter appearance.
- **Household and Toilet Papers:** These types of papers may contain optical brighteners to appear whiter and more attractive (URL-1).

The usage rates of optical brighteners are approximately 40% in the detergent and cleaning industry, 30% in the paper industry, and about 20% in the textile sector. Figure 1 below shows the effect of applying optical brighteners.



Figure 1. Effect of optical brighteners (URL-3)

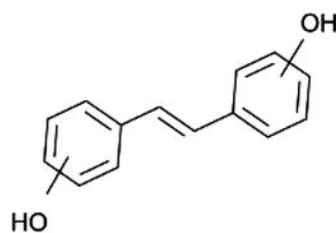
2.1. Materials Used as Optical Brighteners

Optical brighteners can have various chemical structures and can be used for different purposes in different industries. The use of these substances is regulated and controlled in some cases due to their environmental and human health impacts. There are approximately 400 optical brighteners in the color index, but around 90 of them are produced commercially.

Basic optical brighteners are obtained by derivatizing fundamental structures such as:

- *Triazine-stilbenes*
- *Coumarins*
- *Imidazolines*
- *Diazoles*
- *Triazoles*
- *Biphenyl stilbenes* (Özata, 2014).

Stilbens: Among these compounds, stilbenes, which are primarily based on stilbene, are the most widely used in Diyarbakır and Turkey. Stilbene types containing the dichlorotriazine group should have anilines, morpholines, and/or methanolic radicals in place of chlorines. (Şener and Göl, 1990).



Stilbenes

Figure 2. Stilbens (Rudra et al. 2022)

Coumarins : Coumarins are a class of phenolic compounds that can be found in plants and can be of natural or synthetic origin, formed by the fusion of benzene and α -pyrone rings (Arslan and Bingül, 2021). Coumarin was first isolated by Vogel from the seeds of the Fabaceae family's Tonka bean (Semen Tonca), which grows in South America, in 1822 (Çamur, 2005). While coumarins are generally colorless, some derivatives of them exhibit coloration and intense fluorescent properties (Alghool, 2010).

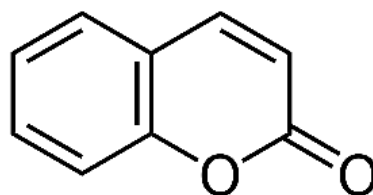


Figure 3. Coumarins

İmidazolin; Imidazoline is a heterocyclic class officially derived from imidazoles by reducing one of the two double bonds. Three isomers are known: 2-imidazolines, 3-imidazolines, and 4-imidazolines. While 2- and 3-imidazolines contain an imine center, 4-imidazolines contain an alkene group. (URL-2).

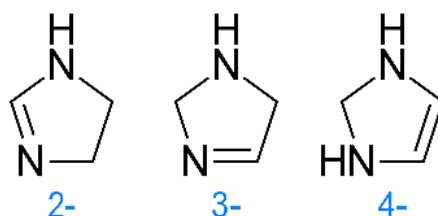


Figure 4. İmidazolin (URL-2)

Diazols; The primary reason for the use of diazo compounds as optical brighteners is their ability to visually enhance whiteness and brightness, particularly by reflecting or absorbing blue and violet light. This enhances the aesthetic quality of consumer products and often makes them appear more attractive.

Triazols; Triazoles are a significant compound used as optical brighteners in various industries, as polymer additives, and as active ingredients in pharmaceuticals. Consequently, this group is a highly noteworthy segment, and numerous studies have been conducted on this subject (Smith, 2020).

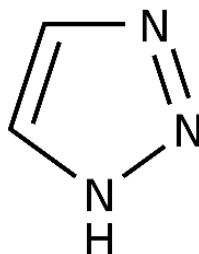


Figure 5. Triazololler (URL-4)

Bifenil stilbens; Optical brighteners can be applied to materials by adding them to cellulose pulp during white paper production or during the washing process of textile products. These compounds absorb light at specific wavelengths and create a visually white effect at longer wavelengths.

In addition to these substances, chromophores are color-bearing agents used to enhance the effectiveness of optical brighteners. These substances help increase the whiteness effect, contributing to a whiter appearance.

2.1. Use of Optical Brighteners in the Paper Industry

Optical brighteners are chemical compounds widely used in the paper industry. They are employed to make paper and documents appear whiter and brighter. Below are some details regarding the use of optical brighteners in the paper industry:

1. **Whiteness and Brightness Enhancement:** Optical brighteners are used to increase the whiteness and brightness of paper. This makes paper products more aesthetically pleasing and visually appealing.
2. **Blue Light Emission:** When applied to the surface of paper, optical brighteners, particularly in the presence of ultraviolet (UV) light in blue and violet colors, absorb and re-emit this light. This results in paper appearing whiter because the human eye is more responsive to blue and violet tones, effectively concealing any yellow or creamy appearance.
3. **Optical Darkening:** Optical brighteners can enhance contrast by making text or prints on paper more distinct. This improves readability and print quality.

4. **Paper Quality:** Optical brighteners can improve the quality of paper products and are used to produce higher-quality materials.
5. **Consumer Demand:** The use of optical brighteners is also linked to consumer demand for whiter and brighter paper products. Therefore, optical brighteners are commonly used for advertising materials, magazines, books, and other printed products.

As optical brighteners are chemical compounds, they need to be processed carefully and in accordance with appropriate guidelines before being used in the paper industry. Additionally, compliance with environmental regulations and efforts to minimize environmental impacts are crucial. Hence, the use of these compounds is subject to environmental regulations and continuous monitoring. Some commercially available optical brighteners are shown in Figure 6 below.



Figure 6. Some Optical brighteners (Wypych and Wypych, 2016)

2.2. Environmental Effects of Optical Brighteners

Optical brightening agents (OBAs), also known as fluorescent whitening agents (FWAs), are chemical compounds used to make materials appear brighter and whiter in various industries, including textiles, paper, and detergents. However, the use of optical brighteners can have environmental effects, including:

- **Water Pollution:** Optical brighteners are water-soluble chemicals and can enter water bodies through industrial wastewater discharges or the use of products containing OBAs. Once in the water, they can accumulate and persist, potentially causing water pollution.
- **Toxicity to Aquatic Life:** Some optical brighteners can be toxic to aquatic organisms. Fish, algae, and other aquatic life may be adversely affected when exposed to high concentrations of these compounds (Smith, 2020).

- **Impact on Ecosystems:** Optical brighteners can disrupt aquatic ecosystems by altering species balances. Their presence in water bodies can create unfavorable conditions for certain organisms, potentially leading to ecological imbalances.
- **Long-Term Persistence:** Optical brighteners can persist in the environment for extended periods, meaning their effects may be long-lasting.
- **Bioaccumulation:** Some optical brighteners have the potential to bioaccumulate in the tissues of aquatic organisms. This can result in higher concentrations of these compounds in animals at the top of the food chain and pose a potential risk to humans who consume contaminated seafood.
- **Altering Predator Behavior:** The fluorescence emitted by optical brighteners can interfere with the behavior of predators that rely on UV light to locate their prey. This disruption can affect natural predator-prey interactions.

The environmental impact of optical brighteners underscores the importance of responsible use, proper disposal, and adherence to environmental regulations in industries where these compounds are employed.

To mitigate the environmental effects of optical brighteners, various measures can be taken, including:

- **Regulations and Monitoring:** Governments can regulate the use and discharge of optical brighteners to limit their environmental impact. Monitoring of water quality in industrial areas is essential to ensure compliance with these regulations.
- **Safer Alternatives:** Research and development efforts are ongoing to identify and develop safer and more environmentally friendly alternatives to traditional optical brighteners.
- **Wastewater Treatment:** Industrial facilities can implement advanced wastewater treatment processes to remove optical brighteners from wastewater before discharging it into water bodies.
- **Consumer Education:** Educating consumers about the environmental effects of products containing optical brighteners can promote responsible use and disposal.

It's important to note that not all optical brighteners have the same environmental impact, and some may be less harmful than others. Specific effects can vary depending on the chemical composition of the optical brightener and the environmental conditions in which it is used. To effectively address these concerns, a comprehensive understanding of the environmental fate and effects of specific optical brighteners is necessary.

3. CONCLUSION

The environmental concerns mentioned above serve as significant motivation for the more sustainable use of optical brighteners in the paper industry and other sectors, aiming to reduce their environmental impact. The development and use of alternative, more environmentally friendly optical brighteners should also be a part of research and development efforts.

In conclusion, the importance of optical brighteners in the paper industry cannot be ignored, but this importance comes with environmental responsibility. More sustainable production methods, safer chemical compounds, and waste management practices are steps taken to minimize the environmental impact of optical brighteners. Therefore, research and innovation in this field should be consistently encouraged.

4. REFERENCES

- Sayın Z., E., E., Malayoglu, U. (2001). "Kağıt-Karton Sanayiinde Kullanılan Endüstriyel Hammaddeler ve Özellikleri", 4. Endüstriyel Hammaddeler Sempozyumu, pp. 250-257, İzmir.
- Ruhela, D., Gajbhaye, A. (2020). "Application of Various Optical Brightening Agents (Oba's/Fwa's) for Value Addition of Indian Textiles: a Review", International Journal of Creative Research Thoughts (IJCRT), vol 8, issue 7, pp. 4288-4298
URL-1 <https://prezi.com/jobwrd5cb919/optik-beyazlatma/?frame=4b3f46c7819238f11ef7b35f8cc198ab1d844c1b>
- Özata D. (2014). "Bazı Yeni Benzoksazol Bileşiklerinin Sentezi", Istanbul University Institute Of Science And Science, Master Thesis, İSTANBUL
https://www.researchgate.net/publication/339171852_Natural_Polyphenols_Chemical_Classification_Definition_of_Classes_Subcategories_and_Structures
- Diñçer E. Z. (2019). "Kumarin Türevleri Kullanılarak Civa (Iı) Ve Demir (Iıı) İyonlarına Duyarlı Yeni Optik Sensör Geliştirilmesi", Karamanoğlu Mehmetbey University Institute Of Science And Science, Master Thesis, Karaman.
- Rudra P., Abhijit S., Surajit H. J., Hussain S. A., Majumdar S., (2022). "Design and synthesis of bis-coumarinyl methanes from 4-hydroxy-coumarin and aldehydes catalysed by Amberlyst 15 via dual C–C coupling: introducing coumarin based thin film organic nano-materials for memory devices", Research on Chemical Intermediates, 48. 1-23, 10.1007/s11164-022-04841-3.

Arslan Z., Bingül M. (2021). "Kumarin ve izokumarin türevlerinin anti-enflamatuar aktivite profillerinin araştırılması", Journal of ATA-CHEM, Vol: 1, Issue: 1, pp. 38-51.

Çamur, M., 2005, Bazı 4-Hidroksifenilasetikasit Türevi Ftalosiyanın Metal Komplekslerinin Sentezi ve Yapılarının Spektroskopik Yöntemlerle Aydınlatılması. Yüksek Lisans Tezi, Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Alghool, S., 2010, Metal complexes of azo coumarin derivatives: synthesis, spectroscopic, thermal and antimicrobial studies, Journal of Coordination Chemistry, 63 (18), 33223333.

Şener M. E., Göl İ. (1990). "Optik Beyazlatıcıların Tekstilde Kullanımı" Tekstil ve Makina, Vol: 4, issue: 22,

URL- 2 <https://en.wikipedia.org/wiki/Imidazoline>

Smith, J. (2020). Optical Brighteners and Their Environmental Impact. Environmental Science Journal, 45(2), 123-135.

Gökbulut Y., Serin S. (2018). "OPTİK BEYAZLATICI SENTEZİ, KARAKTERİZASYONU VE OPTİK BEYAZLATICI OLARAK KULLANILABİLİRLİĞİNİN İNCELENMESİ", Çukurova University Journal of Science and Engineering Sciences, Vol. 2018/36-6

URL-3 <https://alchetron.com/Optical-brightener>

Wypych A., Wypych G. (2015). "Optical brighteners Uvitex OB", Databook of UV Stabilizers, ChemTec Publishing, Pages 407-427, ISBN 9781895198881, <https://doi.org/10.1016/B978-1-895198-88-1.50023-3>.

URL-4 <https://tr.wikipedia.org/wiki/Kategori:Triazololler>

LİFLİ BİTKİLERLE KABLO ÜRETİMİ: ÇEVRE DOSTU VE SÜRDÜRÜLEBİLİR BİR YAKLAŞIM

Hatice Kübra FALCIOĞLU

Borsan Ar-Ge Merkezi, - orcid.org/0000-0001-8202-3510

Özge TUTKUN

Borsan Ar-Ge Merkezi, - orcid.org/0009-0007-6535-3420

Aleyna İrem KARA

Borsan Ar-Ge Merkezi, - orcid.org/0009-0006-8395-234X

Elif ÇAĞLAR

Borsan Ar-Ge Merkezi, - orcid.org/0009-0005-3286-6479

Gökhan ÇOKLAR

Borsan Ar-Ge Merkezi, - orcid.org/0009-0005-1098-7659

ÖZET

Endüstride polimer temelli hammadde kullanılmasının temel sebebi ürünlerin esnekliğe ve uzun kullanım ömrüne sahip olmasının istenmesidir. Günümüzde polimerik malzemelerin kullanımındaki artış, bu malzemelerin doğada geç çözünmelerini ve atık miktarını artırmaktadır. Aynı zamanda yanma sonucunda zehirli gazların açığa salınımı ile olumsuz çevresel etkenler ortaya çıkmaktadır. Geleneksel plastik ve polimer malzemelerin kullanımı ile yüksek enerji tüketimi ve sera gazı emisyonlarında artış gözlenmiştir. Bu durum çevre bilincinin kazanılması ile yenilebilir kaynaklara olan ilginin yönelimini başlatmıştır. Endüstriyel ürünlerin tasarım ve üretim süreçlerinde polimerik malzemeler kullanılmaktadır. Polimerik malzemelerin kullanıldığı sektörlerin başında elektrik elektronik endüstrisi gelmektedir. Elektronik cihazların muhafaza edilmesi, izolasyonu ve bağlantı elemanlarının üretiminde polimerik malzemelere sıkça rastlanmaktadır. Elektrik bağlantı elemanlarından olan kablolar polimerik malzemelerin en çok kullanıldığı sektörlerden biridir. Kılıflama, izolasyon ve dolgu çekme işlemleri kablo üretim proseslerindedir. Bu proseslerde hammadde olarak yüksek miktarda polimerik malzemeler tercih edilmektedir. Alternatif ürün arayışı sonucunda doğada yüksek dayanıma sahip, elde edilmek istenen malzeme formunu sağlayabilen, üretim proseslerine uygun ve enerji tasarrufu sağlayan lifli bitkilere yönelim başlamıştır. Doğal liflerin düşük yoğunluğu, kolay bulunabilirliği ve maliyet uygunluğu gibi avantajların yanı sıra yapısal ve mekanik özelliklerinin yüksek olması üretimde tercih edilmelerini sağlayabilmektedir.

Endüstriyel kablo üretiminde kenevir ve kenevir temelli malzemelerin kullanımı oldukça fazladır. Geniş literatür çalışmaları sonucunda Manila keneviri olarak bilinen abaka lifli bitkisinin kenevire kıyasla kablo kullanımında öne çıkabilecek yüksek dayanım ve mukavemete sahip olmasına rağmen sektör tarafından yeterli ilgiyi görmediği düşünülmektedir.

Bu çalışmada, polimerik malzemelere kıyasla abaka, kenevir, sisal ve jüt gibi lifli bitkilerin endüstriyel kablo uygulamalarında karşılaştırmalı performans ve dayanıklılık özelliklerinin

değerlendirilmesi ele alınmıştır. Yapılan incelemeler sonucunda abaka bitkisinin yüksek dayanım ve kullanılabilirlik sağlayabileceği ön görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Sürdürülebilirlik, Lifli Bitkiler, Yenilenebilir Kablo, Yeşil Üretim.

1.GİRİŞ

Son yıllarda, petrol bazlı malzemelerin çevresel etkisini azaltmak amacı ile geri dönüşümlü, biyolojik olarak parçalanabilir ve yenilenebilir yeşil üretim malzemelerin kullanımı büyük ilgi görmektedir (Alix, 2014). Artan çevre bilinci ve ekonomik teşvikler doğal elyaf takviyeli termoplastik veya termoset kompozitler birçok araştırmacının dikkatini çekmektedir (Saenghirunwattana, 2014). Doğal liflerin endüstriyel uygulamalarda kullanılmasının avantajları; hafif olmaları, düşük maliyetler, toksik olmamaları, biyolojik olarak parçalanabilirlikleri ve yüksek spesifik dayanıklılık özellikleri göstermeleridir. Bu özellikler, doğal elyaf takviyeli kompozitleri elektronik, tekstil, otomotiv ve uçak endüstrileri uygulamalarına hazır hale getirir. Potansiyel endüstriyel uygulamaya ilişkin olarak, elyafın mukavemeti en önemli özelliklerden biridir. Doğal lifler arasında abaka, kenevir, sisal ve jüt iyi bir mukavemet sergilemektedir. Bu nedenle elyaf takviyeli kompozitlerin imalatı için uygundur (Liu, 2013).

Doğal lifler son yıllarda kompozitlerde takviye edici olarak geniş ölçüde kullanılmıştır. Üstün mekanik ve fiziksel özelliklere sahip, selüloz içeriği ve kristalliği yüksektir. Bu nedenle bu lifler endüstrinin ilgisini çekmektedir (Madsen, 2013). Doğal liflerin kompozit uygulamalarda kullanımı sırasında istenilen özellikler; yüksek özgül dayanım, işleme sırasında esneklik, düşük ağırlık, düşük maliyet, korozyona ve yoğunluğa karşı dirençtir (Rana, 2003). Doğal liflerle elde edilen takviyeli termoset ve termoplastik kompozitlerin üstün mekanik ve termal özelliklerinin lifli bitkilerin kimyasal bileşen içeriğinden kaynaklandığı düşünülmektedir. Çizelge 1’de abaka, kenevir, jüt ve sisal lifli bitkilerin içeriğinde bulunan kimyasal bileşikler verilmiştir (Sahu, 2017). Bunlarla birlikte doğal liflerin yüksek nem emilimi, yüksek anizotropi, geleneksel reçinelerle düşük uyumluluk, cam ve karbon fiberlerden daha az homojen olma gibi dezavantajları da bulunmaktadır (Jawaid, 2011). Özellikle nem emilimi yüksek hemiselüloz içeriğine sahip liflerdeki fazla miktarda hidroksil grubundan kaynaklıdır. Bu durum genel malzemenin neme eğilimli davranış göstermesi ve şişerek liflerin mekanik özelliklerinin azalmasına sebep olmaktadır. Doğal lifler daha az hidrofilik hale getirilerek birçok polimerik malzemelerde takviye edici faz olarak kullanımı sağlanarak endüstriyel uygulamalarda gözde bir hale gelecektir (Delicano, 2018).

Çizelge 1. Lifli Bitkilerin Kimyasal Bileşenleri

| Kimyasal bileşik | Selüloz (%) | Hemiselüloz (%) | Lignin (%) | Pektin (%) | Nem içeriği (%) |
|-------------------------|--------------------|------------------------|-------------------|-------------------|------------------------|
| Abaka | 61-64 | 21 | 12 | 0,8 | 10-11 |
| Kenevir | 70,2-74,4 | 17,9-22,4 | 3,7-5,7 | 0,9 | 1,8 |
| Sisal | 67-78 | 10-14,2 | 8-11 | 10 | 4 |
| Jüt | 61-71,5 | 13,6-20,4 | 12-13 | 0,2 | 1,5 |

Kablo uygulamalarında kullanılan genel termoplastik malzemeler PVC (polivinil klorür), PE (polietilen) ve PP (polipropilen)'dir. Lifli bitkilerin bu tür termoplastik malzemelerle uyumlu ve bütünleşik formülasyonları ile dayanıklı, doğada kolay çözünen, uzun ömürlü ve sürdürülebilir ürünler üretilmesi yenilikçi uygulamalara ışık tutabilmektedir.

1.1 Lifli Bitkilerin Kullanım Alanları

Bitkilerden doğal olarak elde edilen liflerin, kompozit yapıda takviye malzemesi olarak yararlanma konsepti, dünya tarihinde pek çok medeniyet tarafından başarı ile kullanılmış olup yeni bir kavram sayılmamaktadır. Belirli malzemelerin sertliğini, dayanıklılığını ve darbe direncini artırmak için hangi bitki lifinin kullanılacağına dair tarihte ve literatürde bir çok örnek çalışma bulunmaktadır. Ancak son on yıl içinde farklı türde doğal liflerin polimer matrislerinde takviye ajanı olarak gelişmiş kullanımı konusunda dünya genelinde ilgi ve odaklanma gerçekleşmiştir.

Doğal lifli kompozitlerin uygulama alanları başlıca şöyle sıralanabilir:

- a. Kağıt (Para, sigara kağıdı, klasörler, kitaplar, zarf ve kartlar)
- b. Torba, çanta
- c. Deniz ekipmanları (Balık ağları, halatlar, güverte kaplamaları, sicimler, bağlayıcılar)
- d. Otomotiv (Bagaj kapağı, iç ve dış döşeme aksamları, tapon ve kaportalar)
- e. Havacılık (Uçak aksamları ve kaplamaları)
- f. Elektrik (İletim kabloları)
- g. Gıda gereçleri (Çay poşeti, filtre kağıdı, kahve kağıdı, et kılıfları)
- h. Tekstil (Birincil kumaş, tekstil ipi ve tıbbi tekstil malzemeleri)
- i. Kişisel kullanım ürünleri (Çocuk bezleri ve peçeteler)
- j. Tıbbi (Yüz maskeleri, önlükler, hastane çarşafı)
- k. Araç- gereç (Kırtasiye malzemeleri)
- l. Dekorasyon (Masa örtüleri, halılar, paspaslar)
- m. İnşaat (Çatı kiremitleri, yer karoları, beton ve asfalt uygulamaları)
- n. El sanatları (Zanaat tipinde kumaşlar) (Vijayalakshmi, 2014).

Bu endüstriyel alanlarda kullanılan lif kaynaklı kompozitler, yüksek dayanım özellikleri ve uygulanma kolaylığı sayesinde ürünlere olumlu özellikler kazandırmaktadır. Kablo kılıflamada kullanılan kompozit malzemelerde kullanılması ile lifli bitkiler; yüksek izolasyon özelliği, daha az toksisite, mekanik dayanıklılık, hafiflik, sürdürülebilir kaynak ihtiyacı ve çevreye uyumluluk sağlamaktadır.

2. UYGULAMALAR

2.1 Lifli Bitki Takviyeli Kompozit Uygulamaları

Kompozit malzemeler iki veya daha fazla farklı malzemenin fiziksel ve kimyasal özelliklerinin birleştirilerek oluşturduğu malzeme türüdür. Her bileşene ait özelliklerin bileşimi ile daha iyi özellikli kombinasyonların elde edildiği çok fazlı malzemelerdir. Kompozitler; metal, seramik ve polimerlerin yanında yeni bir malzeme grubu olarak sınıflandırılmaktadır. Kompozit

malzemeler genellikle matris ve takviye (saçınmış faz) olarak adlandırılan fazlardan oluşmaktadır (Callister, 2013).

Fiber kompozitler, takviye malzemesi olarak uzun ve ince liflerin kullanıldığı bir kompozit malzeme sınıfını temsil etmektedir. Bu lifler genellikle cam elyaf, karbon fiber veya doğal lifler gibi malzemelerden elde edilebilmektedir. Bitkilerden elde edilen liflerin kompozit bir yapıda takviyeli bir malzeme olarak kullanılması uzun yıllardır başarılı ve ilgi çeken çalışmalardır. Lifleri içeren kompozit malzemeler genellikle matris malzemesine yerleştirilir ve ardından birleştirilerek istenilen şekil ve formlara dönüştürülebilir. Fiber kompozitler, yüksek mukavemet-takviye oranına sahip olduklarından hafif ve dayanıklı malzemeler olarak bilinmektedir.

Literatürde lif takviyeli karma kompozit malzemeler için çeşitli analizler ve sonuçları mevcuttur. Gerek termoplastik çeşidine göre gerekse uygulama yöntemlerine göre farklı çalışmalar yapılmıştır.

Termoplastik polimerlerin en çok kullanılan çeşidi PVC'dir. Düşük maliyeti, yüksek kimyasal direnci ve iyi elektriksel yalıtımı nedeniyle geniş bir uygulama alanına sahiptir. Bu kullanım yoğunluğunun getirdiği en büyük dezavantajlar, çevre kirliliği ve yangın sırasında toksik gaz salınımıdır. Lifli bitkiler ile takviyeli PVC kompozit malzemeler üretilmesi fikri ile yapılan deneysel çalışmalar sonucunda atık miktarlarının azaltılması ve geri dönüşüme katkı sağlanması amaçlanmaktadır.

Geleneksel kablolar dış kılıf, izolasyon, zırh, dolgu, iletken ve fitilden meydana gelmektedir. Dış kılıf, dolgu ve izolasyon uygulamaları için kullanılan hammaddeler genellikle PVC temellidir (www.ersekablo.com.tr). Doğal liflerden elde edilen PVC katkılı kompozit malzemeler kablo endüstrisinde kullanılabilir ve daha yüksek dayanımlı ürünler elde edilerek temiz çevre uygulamalarına katkı sağlanması hedeflenmektedir. Çizelge 2'de mevcut kullanılan PVC'nin gerilme direnci ve young modülü değerleri verilmiştir. Çizelge 3'de lif takviyesi ile matrislenmiş PVC malzemelerin analiz sonuçları verilmiştir. Doğal lif takviyeli PVC kompozitlerde bükülme mukavemeti testinde önde gelen abaka ve sisal değerleri gözlenmiştir (Vijayalakshmi, 2014).

Çizelge 2. PVC'nin Mekanik Özellikleri

| Materyal | Yoğunluk (g/cm ³) | Gerilme Direnci (MPa) | Young Modülü (GPa) |
|----------|-------------------------------|-----------------------|--------------------|
| PVC | 1,1-1,35 | 26 | 3,4 |

Çizelge 3. Doğal Liflerin Mekanik Özellikleri

| Materyal | Yoğunluk (g/cm ³) | Gerilme Direnci (MPa) | Young Modülü (GPa) | Uzama (%) | Nem kavrama (%) |
|----------------|-------------------------------|-----------------------|--------------------|-----------|-----------------|
| Abaka | 1,5 | 980 | 41 | 3-10 | 5,81 |
| Kenevir | 1,48 | 550-990 | 30-60 | 2-4 | 12 |
| Sisal | 1,33-1,45 | 600-700 | 17-22 | 4,3 | 11 |
| Jüt | 1,46 | 400-800 | 20-25 | 1,8 | 13,75 |

Kablo üretiminde nihai ürüne ulaşıldıktan sonra bir takım kalite kontrol testleri yapılmaktadır. En temel testlerden biri gerilme direnci ölçümleri, deformasyon, çekme-kopma testleri, UV dayanımları ve eğilme bükülme testleridir. Çizelge 4 mevcut literatürde yapılan bir çalışmadan alıntılanmış olup, PVC ve PVC matrisine takviye edilmiş lifli bitkilerden elde edilen kompozit malzemelerin karşılaştırılmasıdır. Abaka lifinin mevcut PVC kompozitten daha yüksek gerilme direnci gösterdiği gözlemlenmiştir (Yavaşvi, 2020).

Çizelge 4. PVC ve Lifli Bitkilerle takviye edilmiş PVC kompozitlerinin karşılaştırılması

| Materyal | Deformasyon (mm) | Gerilme direnci (MPa) | Bükülme mukavemeti (MPa) |
|----------------|------------------|-----------------------|--------------------------|
| PVC | 1,5 | 980 | 41 |
| Abaka ve PVC | 1,48 | 550-990 | 30-60 |
| Kenevir ve PVC | 1,33-1,45 | 600-700 | 17-22 |
| Sisal ve PVC | 1,46 | 400-800 | 20-25 |

3.SONUÇLAR VE DEĞERLENDİRME

Kablo uygulamalarında kullanılan termoset ve termoplastik temelli malzemeler petrol bazlıdır. Çevresel etkileri göz önüne alındığında ciddi bir geri dönüşüm sorunuyla karşılaşmaktadır. Lignoselülozik olan lifli bitkiler kompozit malzeme matrislerinde kullanılarak oldukça iyileştirici mekanik özellikler sergilediği, özellikle abaka bitkisinin öncü değerler gösterdiği birçok çalışma ile desteklenmektedir. Doğal lif takviyeli kompozitlerin yapı kaynaklı direnç/yanma performansı gibi daha çözülmemiş çalışmaları mevcuttur. Araştırmacılar yangın geciktirici ve farklı dolgu maddeleri ile polimer matris kullanarak yeni hibrit kompozitler üzerinde çalışmalara devam etmektedir. Lif takviyeli kompozit malzemelerin endüstriyel ürünlerde takviye edici olarak kullanılması; ürünlerin biyolojik olarak çözümlenmesini, uzun ömürlü olmalarını, herhangi bir çevresel etki olmaksızın kullanılarak karbon emisyonlarının

azaltılmasına olanak tanımaktadır. Bu durum uluslararası temiz çevre hareketine katkı ve sürdürülebilirlik ilkesine karşı bilinçlenmeyi beraberinde getirmektedir.

KAYNAKÇA

- Alix, S. C. (2014). Pressure impact of autoclave treatment on water sorption and pectin composition of flax cellulosic-fibres. . *Carbohydrate polymers*, , 102, 21-29.
- Callister, W. D. (2013). *Malzeme bilimi ve mühendisliği*. . Nobel.
- Delicano, J. A. (2018). A review on abaca fiber reinforced composites. . *Composite Interfaces*,, 25(12), 1039-1066.
- Jawaid, M. H. (2011). Cellulosic/synthetic fibre reinforced polymer hybrid composites: A review. . *Carbohydrate polymers*, , 86(1), 1-18.
- Liu, K. T. (2013). Dependence of tensile properties of abaca fiber fragments and its unidirectional composites on the fragment height in the fiber stem. . *Compos. Part A: Appl. Sci. Manuf.*, 45, 14–22.
- Madsen, B. &. (2013). Wood versus plant fibers: similarities and differences in composite applications. . *Advances in Materials Science and Engineering*, 2013.
- Rana, A. K. (2003). Short jute fiber reinforced polypropylene composites: effect of compatibiliser, impact modifier and fiber loading. . *Composites Science and Technology*,, 63(6), 801-806.
- Saenghirunwattana, P. N. (2014). Mechanical properties of soy protein based green composites reinforced with surface modified cornhusk fiber. *Ind. Crops Prod.* , 60, 144–150.
- Sahu, P. &. (2017). Sisal (*Agave sisalana*) fibre and its polymer-based composites: a review on current developments. . *Journal of Reinforced Plastics and Composites*, , 36(24), 1759-1.
- Vijayalakshmi, K. N. (2014). Abaca fibre. *Transactions on Engineering and Sciences*,, 2(9), 16-19.
- www.ersekablo.com.tr. (tarih yok).
https://www.ersekablo.com.tr/Assets/Documents/Kablosan-Turkey_Kablo-Tanimi-ve-Yapisal-ozellikleri.pdf adresinden alındı
- Yashasvi, D. N. (2020). Simulation study on mechanical properties of a sustainable alternative material for electric cable cover. *In IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, (Vol. 872, No. 1, p. 012016). IOP Publishing.

COMPARISON OF FINITE ELEMENT AND FINITE VOLUME METHODS FOR TURBULENT WATER FLOW IN PIPES

Buse Nur ALYAZ

Izmir Katip Celebi University, - 0000-0001-6058-7067

Prof. Dr. Mehmet SORGUN

Izmir Katip Celebi University, - 0000-0003-2323-2499

ABSTRACT

Choosing an appropriate pump for energy systems is critical to improving energy efficiency. Since the pump's function requires overcoming internal and frictional resistance inside the fluid, accurate prediction of pressure losses is crucial in pump selection. The required pressure, volumetric flow rate, fluid viscosity, and frictional forces are all important elements affecting energy input. In the field of fluid dynamics, the use of Computational Fluid Dynamics (CFD) is essential. CFD, which is based on the Navier-Stokes equations, gives numerical approximations for fluid dynamics by include mass, momentum, and energy conservation equations. To solve these equations, numerical techniques such as finite differences, finite volumes, and finite elements are used. CFD is widely used in industry and research, assisting in a variety of settings. Furthermore, the Finite Element Method (FEM) and Finite Volume Method (FVM) are essential numerical methods for solving complicated fluid flow problems. These approaches are widely used in engineering, wide range of phenomena from fluid mechanics to heat transfer, allowing for the optimization of system designs and improving knowledge of fluid dynamics. The pressure losses in rough pipes with turbulent water flow were investigated in this work. The experimental data from turbulent flows in pipes with diameters of 40mm and 50mm were compared to FEM and FVM models using ANSYS Workbench. The results demonstrated that FEM calculations closely matched experimental data, showing the method's ability to estimate pressure losses is better. And also the result were obtained from the models are in the range of $\pm 20\%$.

Keywords: turbulent flow, turbulent water flow, pressure loss, ANSYS workbench, CFD, finite volume method, finite element method

1. INTRODUCTION

Computational Fluid Dynamics (CFD) is an interdisciplinary field of study that simulates and analyzes fluid flow events using numerical methods. Its roots may be traced back to the early twentieth century, but it gained popularity with the introduction of powerful computers. CFD has a wide range of applications, including aerospace, automotive engineering, energy production, marine and offshore engineering, and climate science and it reliably predicts fluid flow, heat transfer, mass transfer, chemical reactions, and related phenomena [1]. CFD approaches have been evolved in time through trial and error, refinement, and several validation and assessment procedures [2]. CFD is based on the Navier-Stokes equations, which explain the basic characteristics of fluid flow such as velocity, pressure, and temperature. These equations are supplemented by energy and mass conservation equations. CFD, which gives numerical approximation to the equations that govern fluid motion, has been widely utilized in both industry and research since it first appeared in the middle of the past century due to its vast range of applications [1]. To discretize and solve these equations, numerical techniques like as finite differences, finite volumes, and finite elements are used, allowing engineers and scientists to obtain insights into complicated fluid behavior, optimize designs, and increase the efficiency of many different systems.

To simulate the gas-liquid flow in pipes, Ghorai and Nigam [3] used two-phase cfd simulations with the commercial CFD program FLUENT. They compared simulated and experimental results and discovered that the shear stress distribution and flow profile features could be predicted with an average inaccuracy of 10%. A comparison of experimental and calculated profiles revealed good agreement.

In 2003, O'Callaghan et al [4] published an article comparing finite volume and finite element methods with theoretical estimates of blood flow. They used Adina for finite element method and Fluent for finite volume method. The results reveal that the finite volume and finite element methods are qualitatively comparable but quantitatively different from the theoretical results, while the finite volume method produced better approximations.

In 2007, Th. Frank et al. used ANSYS CFX simulation to represent multiphase flow in the Eulerian framework for the description of mono and polydisperse bubbly flows. The models in the study account for interphase momentum transfer caused by controlling drag and non-drag factors [5].

Sebastian Geller et al. [6] used the lattice-Boltzmann (LBM), finite volume (FVM) and finite element (FEM) methods in their study in 2004, in which they aimed to compare three different methods for laminar flows. The comparison was made in straight channel flow, circular channel flow and flows with obstacles. All three methods simulated laminar flow correctly, but some differences were observed between the methods. Conclusions: LBM is generally faster than other methods but may be less accurate in high Reynolds number fluids; FEM has often been more accurate than other methods and is more suitable for complex geometries; FVM is more suitable for more complex flow problems.

Molina-Aiz et al. [7] compared the finite element and finite volume approaches for simulating natural ventilation in greenhouses in 2009. They compared the CFD results to experimental

data using ANSYS Fluent for the finite volume approach and ANSYS Flotran for the finite element method. The agreement between the two approaches was greater for temperatures than for velocities in the majority of cases studied. In most of the situations studied, they also offer comparable qualitative descriptions of the airflow.

Balakin et al [8] investigated the deposition of hydrate particles in a pipeline with turbulent water flow using experimental and computational methods. They created a three-dimensional transient Eulerian CFD model and compared its results to experimental data. It was found that the results were in good agreement.

Woowon Jeong and Jaehoon Seong [9] aimed to contribute to the discussion on the efficiency of finite element and finite volume approaches that use the same total number of mesh elements and geometries. They analyzed the relevancy of the findings as well as the flow patterns of three commercial codes: Ansys CFX, Fluent, and ADINA. Their findings revealed that, as compared to finite volume CFD codes, finite element CFD codes were more impacted by mesh type and quality.

Kaushal et al. [10] studied Mixture and Eulerian two-phase models, which are CFD methods to simulate pipeline flow of high concentrations of fine particles. The modeling results of both models for the pressure drop in water flow were found to be in good agreement with experimental data. According to the results of the study, the Mixture model for slurry flow cannot accurately predict pressure drops and the amount of error increases rapidly with sludge concentration. However, the Eulerian model gave fairly accurate predictions for both pressure drop and concentration profiles at all flow concentrations and flow rates.

In a study they conducted in 2021, Pham T.Q.D. and Sanghun Cho [11] aimed to numerically simulate the DCC-induced water hammering effect in previously designed steam pipes. The numerical model prepared for the water hammer was realized using the computational fluid dynamics (CFD) analyzer modified from interFoam in the open-source software OpenFOAM v.6. In the steam pipe they used, the temperature drop due to the water hammer is consistent with the current experimental result. A lower pressure was achieved in the region where the phase change of steam to water was observed. This caused a negative pressure gradient that moved the water backwards, causing the water hammer. The water hammer was further investigated by varying the water temperature and flow rate in a different steam pipe and they found that a higher water flow rate (i.e., larger Froude number) reduced the pressure shock of the steam pipe.

Anwer F. Faraj et al. [12] used computational fluid dynamics (CFD) to investigate the effect of varying the Dean number and coil spacing on the coil friction factor and wall shear stress in turbulent pipe flow using various model configurations. They used commercial code ANSYS Fluent for modeling. In turbulent flows, the results showed that the Dean number had a greater effect on reducing the coil friction factor than the increase in coil spacing.

2. THEORY

Equations of motion are mathematical equations that explain how the position, velocity, and acceleration of an object vary over time. Through fluid dynamics, these equations are critical for modelling fluid motion through pipes and channels. They are founded on the concepts of mass, momentum, and energy conservation. Within a closed system, the continuity equation assures mass conservation. The conservation of momentum equation illustrates how the velocity of a fluid varies as a result of influences such as pressure and viscosity. Energy conservation takes kinetic and potential energy changes into account. For mass and momentum conservation, the continuity equation and Navier-Stokes equations are essential. Though linked, energy conservation is frequently handled independently through its own equation.

$$\frac{dt}{d\rho} + \nabla \cdot (\rho \mathbf{v}) = 0 \quad (1)$$

Where

- ρ is the fluid density,
- t is time,
- \mathbf{v} is the fluid velocity vector,
- $\nabla \cdot$ denotes the divergence operator.

The Navier-Stokes equations, which describe the motion of viscous fluids, are a fundamental formulation of the conservation of momentum.

$$\frac{\partial \mathbf{v}}{\partial t} + \mathbf{v} \nabla \mathbf{v} = -\frac{1}{\rho} \nabla p + \nu \nabla^2 \mathbf{v} \quad (2)$$

Where

- p is the pressure,
- ν is the kinematic viscosity of the fluid.

The open form of the Navier-Stokes equations in cylindrical coordinates for turbulent flow regime is presented as follows

In r -direction

$$\rho \left(\frac{\partial V_r}{\partial t} + V_r \frac{\partial V_r}{\partial r} + \frac{V_\theta}{r} \frac{\partial V_r}{\partial \theta} + V_z \frac{\partial V_r}{\partial z} - \frac{V_\theta^2}{r} \right) = -\frac{\partial P}{\partial r} - \left[\frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} (r \tau_{rr}) + \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial \theta} \tau_{\theta r} + \frac{\partial}{\partial z} \tau_{zr} - \frac{\tau_{\theta\theta}}{r} \right] + \rho g_r - \frac{\rho}{r} \frac{\partial}{\partial r} (\overline{r v_r' v_r'}) - \frac{\rho}{r} \frac{\partial}{\partial \theta} (\overline{v_r' v_\theta'}) - \rho \frac{\partial}{\partial z} (\overline{v_r' v_z'}) + \rho \frac{\partial}{\partial r} \left(\frac{\overline{v_\theta' v_\theta'}}{r} \right) \quad (3)$$

θ -direction

$$\rho \left(\frac{\partial V_\theta}{\partial t} + V_r \frac{\partial V_\theta}{\partial r} + \frac{V_\theta}{r} \frac{\partial V_\theta}{\partial \theta} + V_z \frac{\partial V_\theta}{\partial z} + \frac{V_\theta V_r}{r} \right) = -\frac{1}{r} \frac{\partial P}{\partial \theta} - \left[\frac{1}{r^2} \frac{\partial}{\partial r} (r^2 \tau_{r\theta}) + \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial \theta} \tau_{\theta\theta} + \frac{\partial}{\partial z} \tau_{z\theta} - \frac{\tau_{\theta r} - \tau_{r\theta}}{r} \right] + \rho g_\theta - \frac{\rho}{r} \frac{\partial}{\partial \theta} (\overline{v_\theta' v_\theta'}) - \rho \frac{\partial}{\partial r} (\overline{v_r' v_\theta'}) - \rho \frac{\partial}{\partial z} (\overline{v_\theta' v_z'}) - 2\rho \frac{\partial}{\partial r} \left(\frac{\overline{v_\theta' v_r'}}{r} \right) \quad (4)$$

z-direction

$$\rho \left(\frac{\partial v_z}{\partial t} + V_r \frac{\partial v_z}{\partial r} + \frac{v_\theta}{r} \frac{\partial v_z}{\partial \theta} + V_z \frac{\partial v_z}{\partial z} \right) = -\frac{\partial P}{\partial z} - \left[\frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} (r \tau_{rz}) + \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial \theta} \tau_{\theta z} + \frac{\partial}{\partial z} \tau_{zz} \right] + \rho g_z - \rho \frac{\partial}{\partial z} (\overline{v'_z v'_z}) - \frac{\rho}{r} \frac{\partial}{\partial r} (r \overline{v'_r v'_z}) - \frac{\rho}{r} \frac{\partial}{\partial \theta} (\overline{v'_\theta v'_z})$$

(5)

This equation takes advection (convection), pressure forces, and viscous diffusion and turbulence component into account, making it an essential tool for understanding turbulent fluid motion in hydraulic systems. The Navier-Stokes equations are fundamental in fluid dynamics and have significant applications in engineering, including aerospace, civil engineering, and hydraulics, since they give a mathematical framework for modeling and simulating fluid behavior and flow patterns. However, solving these equations analytically may be difficult, and numerical approaches, such as computational fluid dynamics (CFD), are frequently utilized to derive answers for engineering applications.

In this study, two well-known numerical approaches were used to address the numerical solution of the complicated fluid flow problems given by the Navier-Stokes equations: the Finite Element Method (FEM) and the Finite Volume Method (FVM). These numerical approaches are critical for discretizing the governing equations and obtaining numerical solutions.

The Finite Element Method (FEM) is a numerical approach used in engineering and science to analyze complex problems. FEM is used to solve a wide range of problems including fluid mechanics, heat transport, structural analysis, and more. This method breaks down the region under consideration (for example, a structure or a piece of a fluid) into smaller subregions known as finite elements. Each finite element is represented mathematically by equations, which are then combined to produce the overall system. In hydraulic engineering, FEM is effective for evaluating a number of phenomena such as fluid flow through pipelines, channels, or reservoirs. Engineers may use it for describing and predicting the behavior of fluids under various situations, such as pressure, velocity, and turbulence. FEM offers accurate simulations of fluid flows and assists in the design and optimization of hydraulic systems by dividing space into finite elements.

Another numerical approach used to solve complicated issues in engineering and science is the Finite Volume Method (FVM). It, like FEM, is widely used in a variety of applications, including fluid dynamics, heat transport, and others. FVM divides the computational domain into control volumes, which are then subjected to conservation rules (e.g., mass, momentum, and energy). It focuses on quantity flows across control volume boundaries. FVM permits the computation of flow variables at discrete points within the domain by discretizing the governing equations. FVM is used in hydraulic engineering to simulate fluid flow in open channels, rivers, and reservoirs. Engineers may use it to study water distribution, sediment movement, and water quality in both natural and constructed water systems. FVM gives useful insights into hydraulic phenomena by discretizing the domain into control volumes and taking conservation principles into account, assisting in the design and management of water resources.

3. EXPERIMENTAL STUDY

In this study, the pressure gradient of water in rough pipes with different diameters at room temperature was investigated both with finite element and finite volume methods and compared with experimental results. The data is given below in tabular form.

Table 1. Data used during the study

| Specifications | Values |
|-------------------------------------|------------------|
| Pipe Diameter (mm) | 40, 50 |
| Flow Speed Rate (m/s) | 0.92 – 6.31 |
| Relative Roughness (ϵ/D) | 0.00149, 0.00141 |



Figure 1. Izmir Katip Celebi University Hydraulics Laboratory (IKCU-CE) Flow Loop including galvanized pipes (a. 40 mm, b. 50 mm, c. 80 mm, d. 90 mm)

4. CFD

CFD software is designed based on numerical methods that can solve fluid-related problems. Commercial CFD software have improved user interfaces for inputting issue parameters and analyzing outcomes to make their solution skills more accessible. As a result, all of these software packages are made up of three main components [13]:

4.1. Pre-Processing

This is the initial stage in modeling and assessing a flow model.

Geometry Definiton: During pre-processing, engineers create or import the geometry of the physical system, establishing its shape and size (for example, an airplane wing or a pipe).pipe.

Mesh Generation: The model geometry is divided into pieces called meshes and calculations are made in these meshes. Mesh number and the size of the mesh affects the accuracy of the result.

Boundary Conditions&Initial Conditions: Users define the simulation’s boundary conditions. It is necessary to define how the fluid interacts with walls, inlets, outlets, and other limits. Boundary conditions are critical for correctly simulating real-world circumstances. The pre-processor also sets initial conditions such as fluid velocity and pressure at the start of the simulation.

4.2. CFD Solver

The CFD solver uses the pre-processor’s provided mesh, boundary, and initial conditions to numerically solve fluid flow equations, including mass and momentum conservation (Navier-Stokes) and, in some cases, energy conservation for heat transfer. It advances through time stages for transient situations, establishing pressure-velocity constancy in incompressible flow utilizing coupling approaches. Turbulence parameters are calculated when turbulence modeling is utilized. The solver updates grid cell values and boundary conditions iteratively until convergence is reached.

4.3. Post-Processing

The CFD solver, which can be found in software such as ANSYS (e.g., FLUENT, CFX), performs flow computations and generates results. These outcomes are represented visually (e.g., contour plots, velocity vectors) and give numerical data (e.g., pressure, temperature). Through analysis and validation, engineers may better understand and optimize fluid models.

In this work, ANSYS CFX and FLUENT were used. To discretize the domain, the CFX solver employs finite elements (cell vertex numerics), which are comparable to those used in mechanical analysis. The FLUENT solver, on the other hand, works with finite volumes (cell-centered numerics) [13].

In the pre-processing part, pipe geometries were created and then the data was entered. The appropriate mesh size was found with the Mesh Independence test.

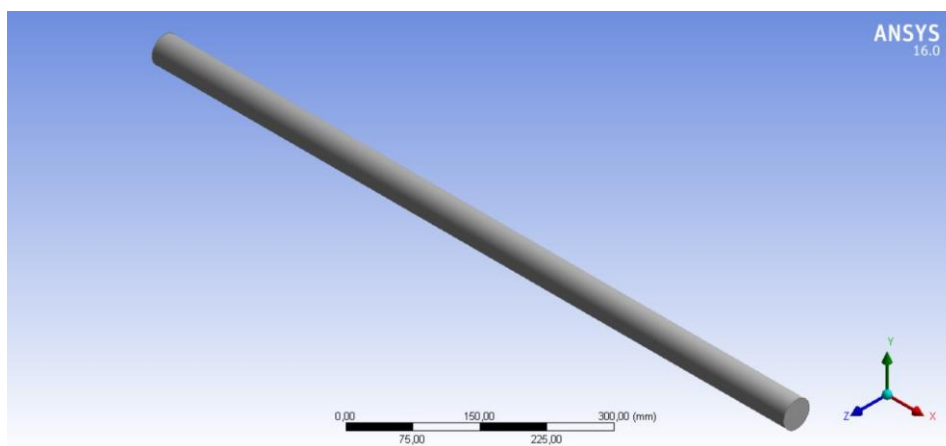


Figure 2. Geometry of a pipe with 4mm diameter and 1m length, ANSYS Workbench.

Within the scope of the Mesh Independence test, many different mesh sizes were tried for finite element and finite volume and the optimum mesh sizes were found (Figure 3. And 4.).

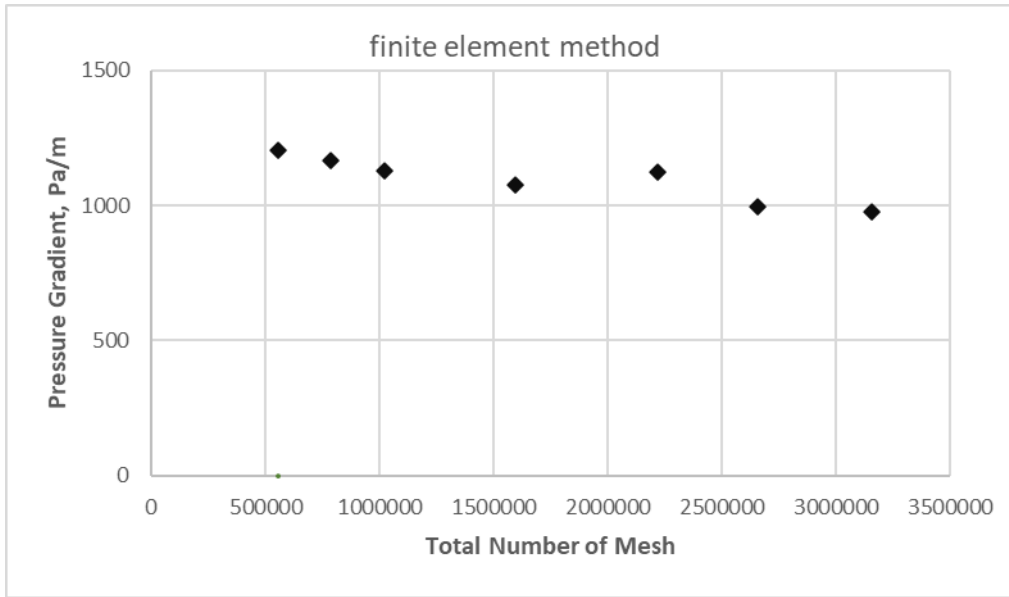


Figure 3. Mesh Independence Test for FEM

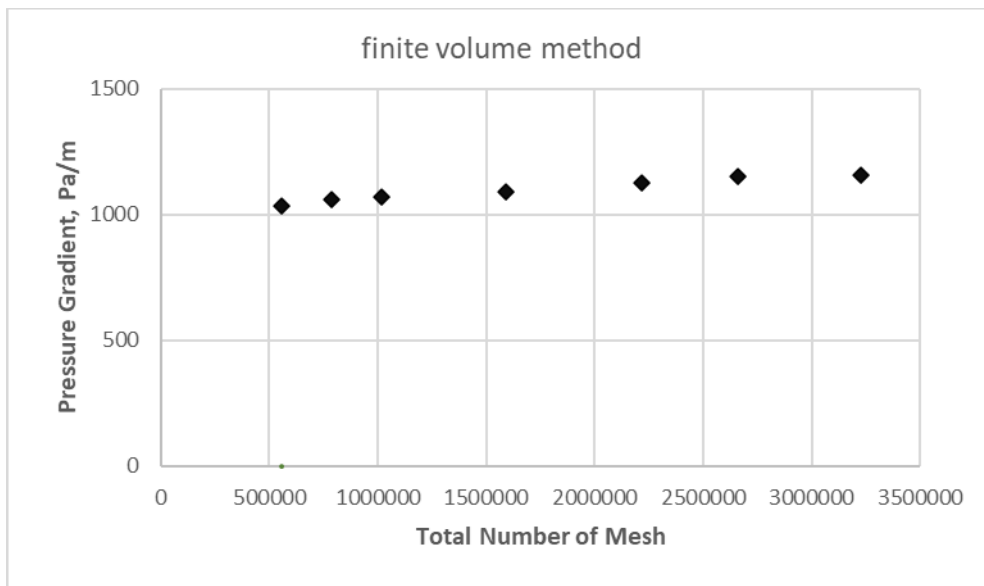


Figure 4. Mesh Independence Test for FVM

As seen from the figures above, the optimum mesh number for FEM is 2217336 which corresponds to 0.0017 as mesh size and for FVM is 2657283 which corresponds to 0.0016 as mesh size.

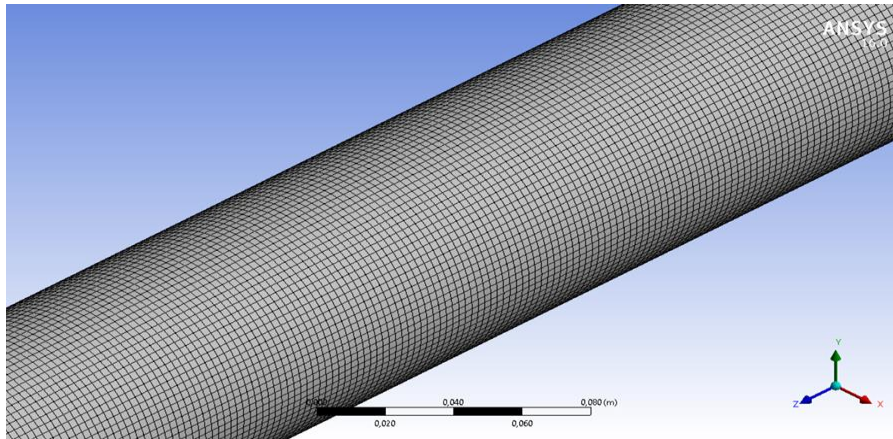


Figure 5. 40mm diameter pipe with 0.0017 mesh size, ANSYS Workbench.

After the geometry and mesh size adjustments are complete, the model was run and the results were obtained.

5. RESULTS

In this study, two different mathematical methods were used to calculate pressure drop and then compared with experimental results. And also the accuracy of the models was examined.

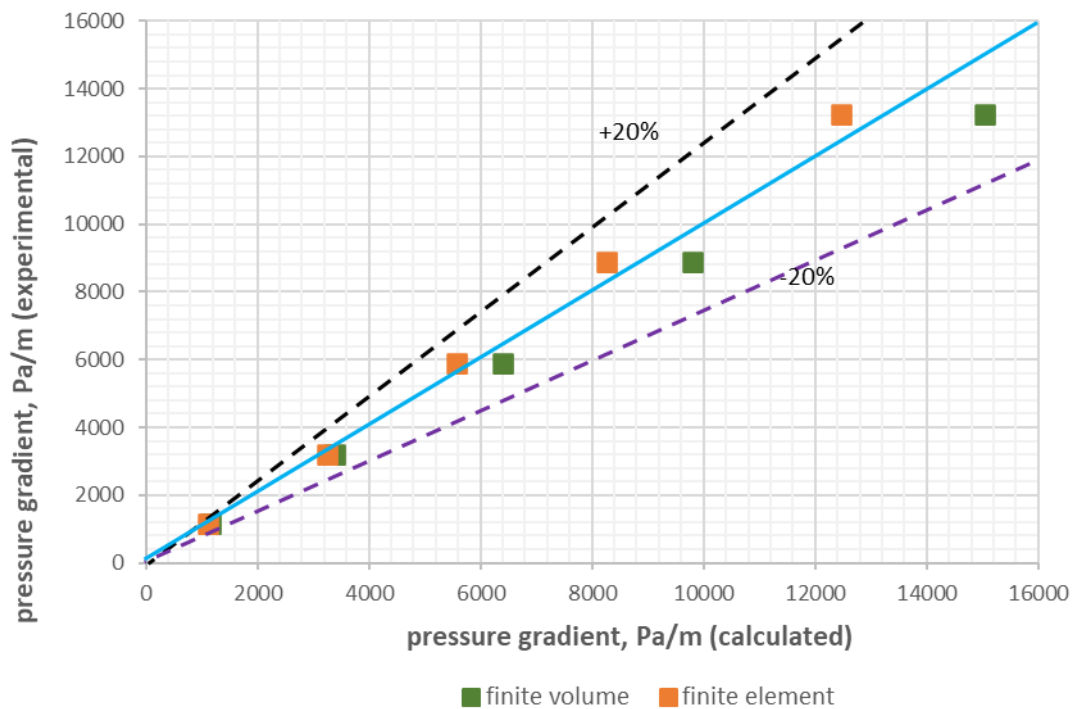


Figure 6. Results of pipe with 40mm diameter

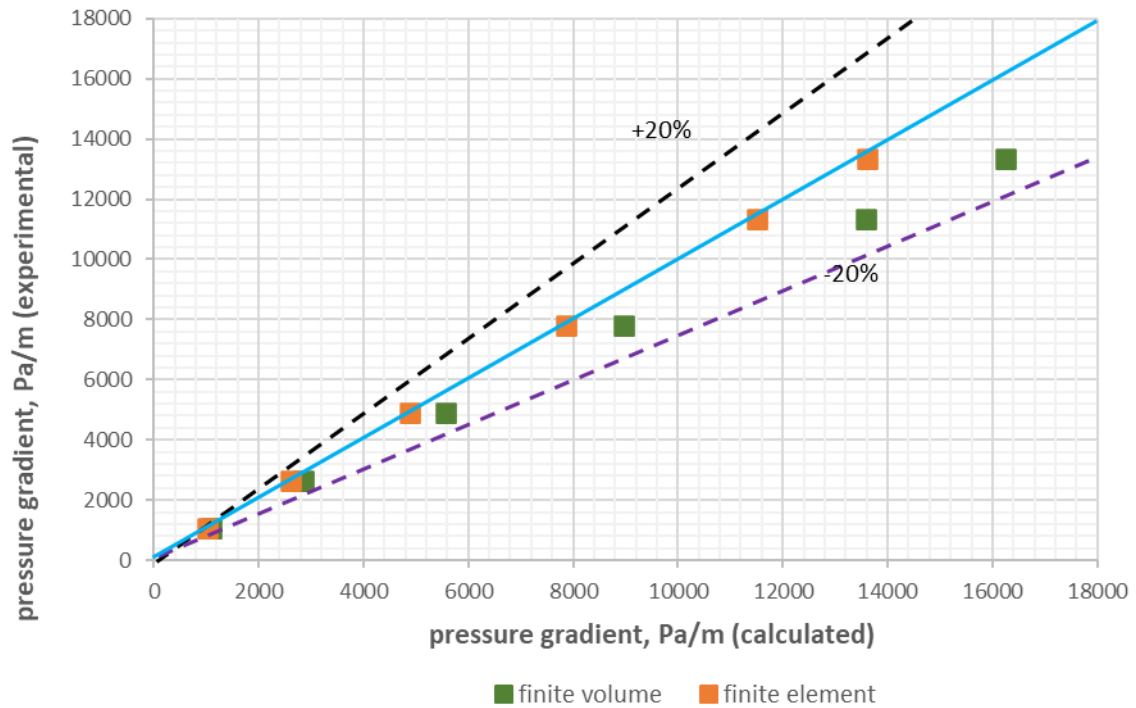


Figure 7. Results of pipe with 50mm diameter

As seen in the figures above, results are in the range of $\pm 20\%$. In the Figure 8. the change of pressure gradient with Reynolds number and the pressure gradient results of experiment and numerical models in a 40 mm diameter pipe at 20 °C are shown.

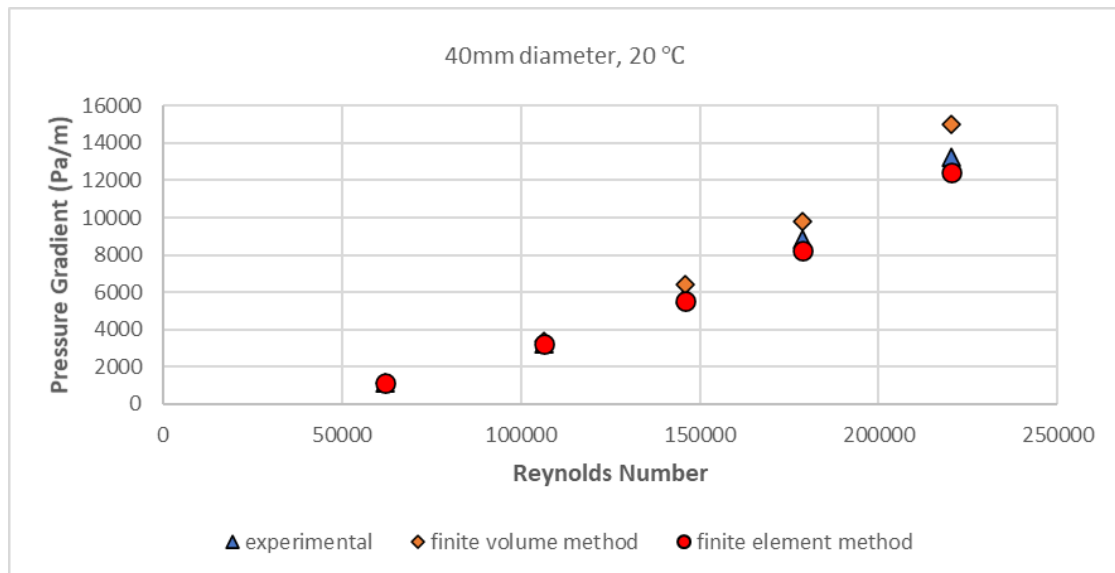


Figure 8. Results of the pipe with 40mm diameter

As shown in the figure, the pressure gradient increases as the Reynolds number increases and also as the flow increases, greater pressure gradients occur farther away from the wall.

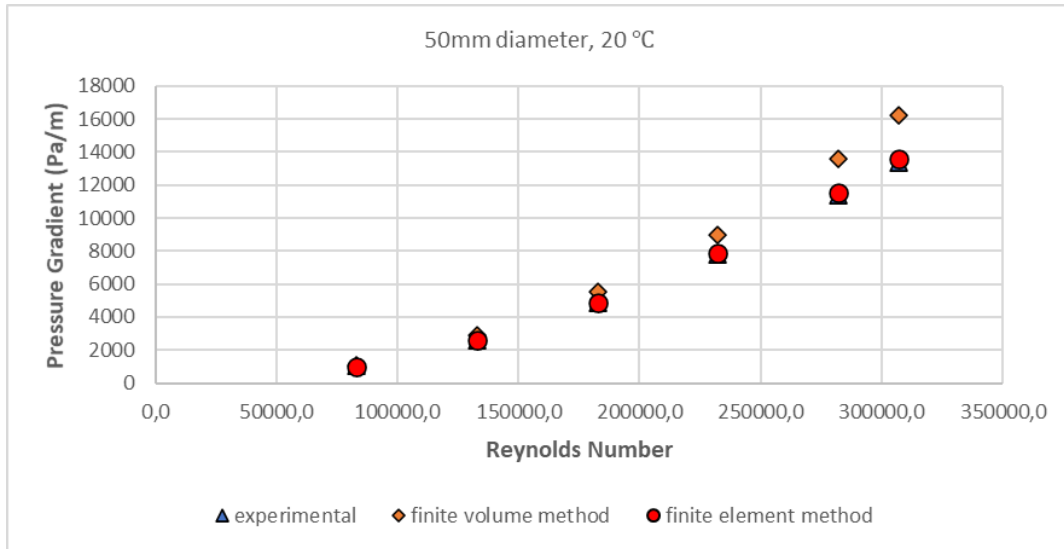


Figure 9. Results of the pipe with 50mm diameter

As the figure 8, figure 9 shows the pressure gradient results of experiment and numerical models in a 50 mm diameter pipe at 20 °C. In these two graphs, it can be seen that the finite volume and finite element methods give results are in a good agreement with experimental results. Among the two models, the finite element method gave more accurate results.

6. CONCLUSIONS

CFD models for pipes with 40mm and 50mm diameters were developed in this study to numerically investigate turbulent water flow in rough pipes. The results obtained using Finite Element and Finite Volume methods with the help of ANSYS Workbench were compared with the experimental results. As a result of the comparisons, it was seen that both numerical models were in good agreement with the experimental results. It was observed that the model created using the finite element method obtained results much closer to the experimental results. Using Computational Fluid Dynamics, it has been shown that the pressure gradient in rough pipes can be accurately predicted. The results showed that FEM calculations closely matched actual data, demonstrating the method's superior ability to estimate pressure losses. Furthermore, the results derived from the models are in the $\pm 20\%$ range.

Experiments performed under laboratory conditions take time and it is possible to make incorrect measurements. The precision of measurements depends on the equipment used and the person making the measurement. If an incorrect measurement is made, there is the possibility of starting the experiments from the beginning, and this is a very costly and time-consuming process. Considering these, the CFD modeling method, which has high sensitivity, the duration of the measurements depends on the desired parameters and model, and is inexpensive compared to experiments, can be preferred over experimental procedures as it gives results very close to the experimental results. In this way, the pump in the system can be designed in the best way and improvements can be made in a shorter time and with more precise results. As a result of these improvements, energy savings can be maximized.

7. REFERENCES

- [1] Zawawi, M. H., Saleha, A., Salwa, A., Hassan, N. H., Zahari, N. M., Ramli, M. Z., & Muda, Z. C. (2018, November). A review: Fundamentals of computational fluid dynamics (CFD). In *AIP conference proceedings* (Vol. 2030, No. 1). AIP Publishing.
- [2] Khalil, E. E. (2021). CFD history and applications.
- [3] Ghorai, S., & Nigam, K. D. P. (2006). CFD modeling of flow profiles and interfacial phenomena in two-phase flow in pipes. *Chemical Engineering and Processing: Process Intensification*, 45(1), 55-65.
- [4] O'Callaghan, S., Walsh, M., & McGloughlin, T. (2003, June). Comparison of finite volume, finite element and theoretical predictions of blood flow through an idealised femoral artery. In *2003 summer bioengineering conference* (pp. 417-418).
- [5] Frank, T., Lifante, C., Prasser, H. M., & Menter, F. (2010). Simulation of turbulent and thermal mixing in T-junctions using URANS and scale-resolving turbulence models in ANSYS CFX. *Nuclear Engineering and Design*, 240(9), 2313-2328.
- [6] Geller, S., Krafczyk, M., Tölke, J., Turek, S., & Hron, J. (2006). Benchmark computations based on lattice-Boltzmann, finite element and finite volume methods for laminar flows. *Computers & fluids*, 35(8-9), 888-897.
- [7] Molina-Aiz, F. D., Fatnassi, H., Boulard, T., Roy, J. C., & Valera, D. L. (2010). Comparison of finite element and finite volume methods for simulation of natural ventilation in greenhouses. *Computers and electronics in agriculture*, 72(2), 69-86.
- [8] Balakin, B. V., Hoffmann, A. C., & Kosinski, P. J. C. E. S. (2011). Experimental study and computational fluid dynamics modeling of deposition of hydrate particles in a pipeline with turbulent water flow. *Chemical Engineering Science*, 66(4), 755-765.
- [9] Jeong, W., & Seong, J. (2014). Comparison of effects on technical variances of computational fluid dynamics (CFD) software based on finite element and finite volume methods. *International Journal of Mechanical Sciences*, 78, 19-26.
- [10] Kaushal, D. R., Thinglas, T., Tomita, Y., Kuchii, S., & Tsukamoto, H. (2012). CFD modeling for pipeline flow of fine particles at high concentration. *International Journal of Multiphase Flow*, 43, 85-100.
- [11] Pham, T. Q. D., & Choi, S. (2021). Numerical analysis of direct contact condensation-induced water hammering effect using OpenFOAM in realistic steam pipes. *International Journal of Heat and Mass Transfer*, 171, 121099.
- [12] Faraj, A. F., Azzawi, I. D., & Yahya, S. G. (2020). *Pitch variations study on helically coiled pipe in turbulent flow region using CFD*. *International Journal of Heat and Technology*, 38(4), 775-784.
- [13] Kumar A., *CFD Modeling of Gas-Liquid-Solid Fluidized Bed*, Thesis of Bachelor of Technology (Chemical Engineering), National Institute of Technology, Department of Chemical Engineering, Orrissa, 2008.

ALÜMİNYUM 2024 VE 7075 ALAŞIMLARININ GENEL KOROZYONUNA YÜZEY İŞLEMLERİ VE ORGANİK İNHİBİTÖRLERİN ETKİSİNİN ELEKTROKİMYASAL YÖNTEMLERLE İNCELENMESİ

³Şahin YILMAZ

Sivas Bilim ve Teknoloji Üniversitesi, Havacılık ve Uzay Bilimleri Fakültesi, Sivas / Türkiye
ORCID ID: 0000-0003-4941-248X

ÖZET

Bu çalışmada, penisilin grubu antibiyotik olan Largopen ve topikal antifungal bir ilaç olan Oceral'in alüminyum 2024 ve alüminyum 7075 alaşımları üzerindeki inhibisyon etkisi, kuyu suyu ortamında araştırılmıştır. Buna ek olarak alaşımların gösterdiği korozyon davranışına, yüzey işlemlerinin (ısıtıl işlem ve kumlama) etkisi de incelenmiştir. Çalışmada, yüzey işlemlerinin ve her iki organik inhibitörün korozyona etkisini belirlemek için potansiyodinamik polarizasyon (PD) ve elektrokimyasal empedans spektroskopisi (EIS) teknikleri kullanılarak elde edilen korozyon parametreleri kullanılmıştır. Sonuçlar, uygulanan tüm yüzey işlemlerinin, işlemsiz numunelere kıyasla korozyon direncinde iyileşme sağladığını göstermiştir. Ayrıca çalışmada kullanılan organik inhibitörlerin de işlemler ve işlemsiz numunelerin korozyon hızında, belirgin bir azalma sağladığı tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Alüminyum, inhibitör, kumlama, ısıtıl işlem, potansiyodinamik polarizasyon, empedans spektroskopisi.

INVESTIGATION OF THE EFFECT OF SURFACE TREATMENTS AND ORGANIC INHIBITORS ON GENERAL CORROSION OF ALUMINUM 2024 AND 7075 ALLOYS USING ELECTROCHEMICAL METHODS

ABSTRACT

In this study, the inhibitory effect of the penicillin group antibiotic Largopen and the topical antifungal drug Oceral on aluminum 2024 and aluminum 7075 alloys in well water environments has been investigated. Additionally, the influence of surface treatments (heat treatment and sanding) on the corrosion behavior of the alloys has been examined. Corrosion parameters obtained using potentiodynamic polarization (PD) and electrochemical impedance spectroscopy (EIS) techniques are utilized to determine the impact of surface treatments and both organic inhibitors on corrosion. The results have shown that all applied surface treatments have improved corrosion resistance compared to untreated samples. Furthermore, the organic inhibitors used in the study have been found to significantly decrease the corrosion rate of both treated and untreated samples.

Keywords: Aluminum, inhibitor, sanding, heat treatment, potentiodynamic polarization, impedance spectroscopy.

³ Bu çalışma Sivas Bilim ve Teknoloji Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü birinci yazara ait "Yüksek Lisans Tezi"nden üretilmiştir.

1. GİRİŞ

Havacılık endüstrisi gelişimini büyük bir hızla sürdürürken, emniyet ve maliyet faktörlerini de ön planda tutmayı hedeflemektedir. En zorlu hava şartlarına dayanabilecek üstün özelliklere sahip malzemeler geliştirilmesi ve bu malzemelerin uzun ömürlü olması amacıyla her geçen gün yeni çalışmalar yapılmaktadır. Alüminyum alaşımları, yüksek mukavemet, korozyon dayanımı, termal iletkenlik ve hafiflik gibi üstün özelliklere sahiptir. Bu özellikleri sayesinde başta uçak sanayi olmak üzere genel mühendislik uygulamalarında, askeri donanım ve teçhizat da, yüksek sertlik ve işlenebilirlik gerektiren parçalarda, kamyon tekerleklerinde, perçinlerde, savunma sanayi ve otomotiv gibi sektörlerde yaygın bir şekilde uygulama alanı bulmuştur. Havacılık ve uzay sanayisinde hafiflik, yüksek mukavemet/yoğunluk oranı ve korozyona karşı gösterdiği dayanım özelliklerinin yanı sıra yaşlandırma ısıl işlemi ile daha da mukavemetlendirilmiş olan alüminyum 2024 ve 7075 alaşımları tercih edilmektedir. Bu alaşımlar sahip oldukları üstün özellikler sayesinde, atmosferik ortamda, tuzlu suda veya farklı reaktif kimyasallara karşı etkin korozyon dayanımı sergiler. Aynı zamanda alüminyum alaşımlarının atmosfer ile teması sonucunda yüzeyinde meydana gelen ince oksit tabakasının kararlı yapıda olması da korozyona karşı direnç göstermesini sağlamaktadır. Ancak kuvvetli asidik ya da bazik ortamlarda yüzeyde meydana gelen oksit tabakasının çözünmesi ile malzeme korozyona uğrar. Korozyondan kaynaklanan ekonomik kayıpların önüne geçilmesinde inhibitör kullanımı günümüzde kullanılan en yaygın uygulamaların başında gelmektedir [1-4].

Metal ve alaşımların korozyon dayanımını artırmak için, inhibitör olarak organik, inorganik ve sentetik polimerler üzerine çok sayıda çalışma vardır [5-10]. İnhibitör kullanımının gerekliliğinin yanı sıra insan sağlığı ve çevreye olan zararlı etkilerini de en aza indirebilecek yeni arayışlar sürmektedir. İnsan sağlığı ve çevre söz konusu olduğunda geleneksel inhibitörlerin yerini ilaçların alabileceği konusunda çok sayıda çalışma da mevcuttur [11-16].

Bu çalışma, alüminyum 2024 ve alüminyum 7075 alaşımlarının elektrokimyasal korozyon davranışları üzerine, inhibitör olarak, penisilin grubu antibiyotik olan Largopen ve topikal antifungal bir ilaç olan Oceral'in etkisini araştırmak amacıyla yapılmıştır. Ayrıca alaşımların gösterdiği korozyon davranışına, ısıl işlem ve kumlama işlemlerinin etkisi de araştırılmıştır.

2. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

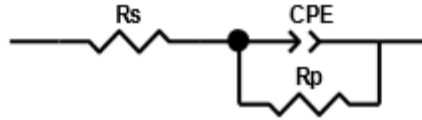
İlgili çalışmanın yapılması esnasında elektrokimyasal korozyon teknikleri kullanılmış olup bu tekniklere aşağıda detaylı olarak yer verilmiştir.

2.1. Açık Devre Potansiyeli (OCP) Testi

Açık devre potansiyeli GAMRY INSTRUMENTS Interface 5000 arayüzüne sahip potansiyostat cihazı ve Gamry Echem Analyst programı ile 1800 saniye boyunca 0,4 mV/s tarama hızında ve 5 saniye periyotlarla ölçüm yapacak şekilde set edildi. Alınan veriler ve açık devre potansiyeli-zaman grafiği kaydedildi. Çalışma esnasında ölçülen bütün potansiyeller Ag/AgCl elektrotuna göre ölçülmüştür. Ag/AgCl elektrot potansiyeli standart hidrojen elektrotuna (SHE) göre +0,199 V'tur.

2.2. Elektrokimyasal Empedans Spektroskopisi (EIS) Testi

Açık devre potansiyelinin ölçümünden hemen sonra numunelerin EIS testine geçildi. EIS ölçümleri GAMRY INSTRUMENTS Interface 5000 ara yüzüne sahip potansiyostat cihazı ve Gamry Echem Analyst programı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Testler üç elektrotlu elektroliz devresinde kuyu suyu çözeltisi içerisinde ve oda sıcaklığında gerçekleştirilmiştir. EIS deneyleri 1MHz den 1Hz kadar olan frekans aralığında 10mV genlik uygulanarak yapılmıştır. Görsel 1.' de metal/çözelti ara yüzeyini fit etmek amacıyla kullanılan eşdeğer devre modeli sunulmuştur. Burada 'R_s' çözelti direncini, 'R_p' polarizasyon direncini, CPE ise sabit faz elemanını temsil etmektedir.



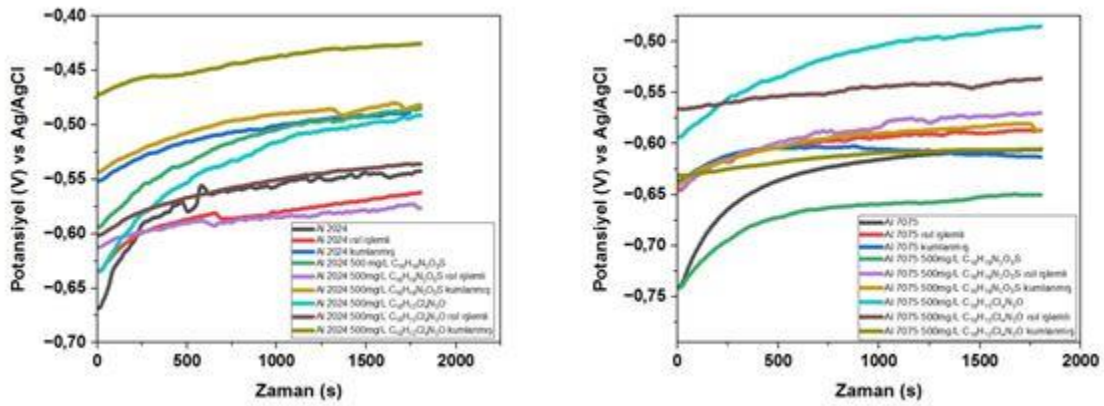
Görsel 1. Metal/çözelti Ara Yüzeyinin Fit Edilmesinde Kullanılan Eşdeğer Devre.

2.3. Potansiyodinamik Polarizasyon (PD) testi

Polarizasyon eğrileri GAMRY INSTRUMENTS Interface 5000 ara yüzüne sahip potansiyostat cihazı ve Gamry Echem Analyst programı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Testler için üç elektrotlu elektroliz devresinde kuyu suyu çözeltisi içerisinde oda sıcaklığında gerçekleştirilmiştir. Potansiyodinamik polarizasyon eğrileri açık devre potansiyeli ile +/-1,5 V potansiyel aralığında ve 0,4mV/s tarama hızı kullanılarak yapılmıştır.

3. SONUÇLAR ve DEĞERLENDİRME

3.1. Açık devre potansiyelinin (OCP) değişimi



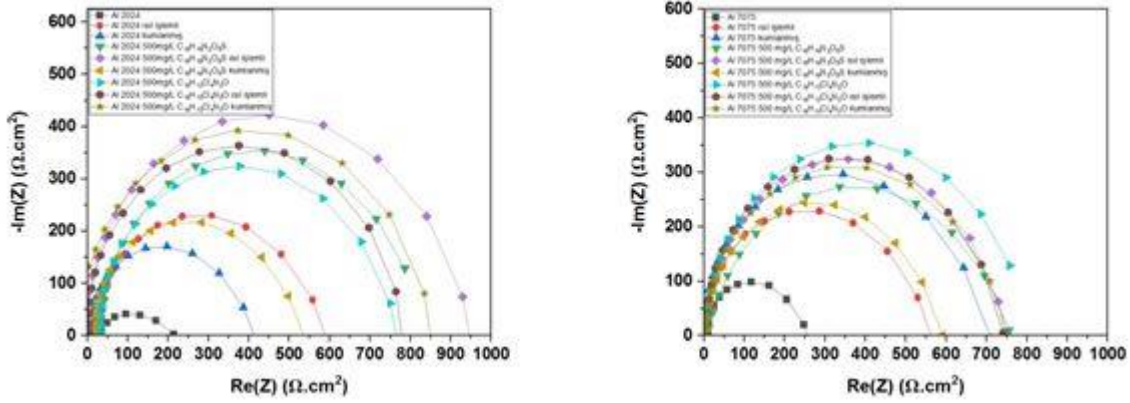
Görsel 2. Al 2024 ve 7075 Alaşımlarına Ait Açık Devre Potansiyeli (OCP) Eğrileri.

Alüminyum 2024 ve 7075 alaşımlarının eşit konsantrasyondaki iki farklı inhibitör ortamında ve uygulanan yüzey işlemleri sonucunda zamanla değişen E_{ocp} değerleri Görsel 2.'de verilmiştir. Genel itibariyle yüzey işlemleri ve inhibitör katkısının, elektrotun açık devre potansiyelini daha soy değerlere kaydıracağı ve 1600-1800 s'den itibaren yaklaşık olarak sabit değerde kaldığı gözlemlenmektedir.

3.2. Elektrokimyasal empedans spektroskopisi (EIS)

Kuyu suyu ortamındaki Al 2024 ve 7075 alaşımlarına yüzey işlemleri ve inhibitör katkısıyla yapılan EIS testi sonucunda elde edilen Nyquist diyagramı Görsel 3.'de verilmiştir. EIS yöntemine göre %IE değeri Eşitlik 1. denklemi ile hesaplanmıştır. Denklemdaki ' R_p ' inhibitörlü ortamdaki korozyon direnci, ' R_{p0} ' ise inhibitörsüz ortamdaki korozyon direncini temsil etmektedir. EIS testi sonucu elde edilen korozyon parametreleri Çizelge 1.'de verilmiştir.

$$IE = \left[1 - \frac{1/R_p}{1/R_{p0}} \right] \times 100 \quad (1)$$



Görsel 3. Al 2024 ve 7075 Alaşımlarına Ait Elektrokimyasal Empedans Spektroskopisi (EIS) Eğrileri.

3.3. Potansiyodinamik polarizasyon (PD) testi

PD testleri sonunda elde edilen eğriler Görsel 4.'de ve analiz edilen korozyon parametreleri Çizelge 2.'de verilmiştir. R_p polarizasyon direncini ifade etmekte olup Eşitlik 2.'deki gibi hesaplanır. i_{corr} ise korozyon akımını ifade etmektedir ve Eşitlik 5. yardımıyla hesaplanmıştır. Eşitlikte gösterilen β_a ve β_c sabitleri sırasıyla anodik ve katodik tafel sabitleridir.

$$R_p = \frac{\Delta E}{\Delta i} \quad (2)$$

$$i_{corr} = \frac{B}{R_p} \quad (3)$$

$$B = \frac{\beta_a \cdot \beta_c}{2.303 (\beta_a + \beta_c)} \quad (4)$$

$$i_{corr} = \frac{1}{2.303 R_p} \cdot \frac{(\beta_a \cdot \beta_c)}{(\beta_a + \beta_c)} \quad (5)$$

Eşitlik 6. 'daki denklem kullanılarak, inhibitörün ne düzeyde etkinlik gösterdiği (%IE) hesaplanmıştır. Bu denklemdaki ' i_0 ' inhibitörsüz ortamda, ' i ' ise inhibitörlü ortamda bulunan korozyon akım yoğunluğunu ifade etmektedir.

Korozyon hızı (R), tafel sabitleri (β_a , β_c) ve polarizasyon direnci (R_p) kullanılarak Eşitlik 7.'deki gibi hesaplanır. Al 2024 ve 7075 alaşımlarının Eşitlik 7'deki yoğunluğu (d) 2,7 gr/cm³'tür.

Elde edilen korozyon hızları mpy ve $\mu\text{m}/\text{yıl}$ cinsinden hesaplanarak Çizelge 3.'de verilmiştir.

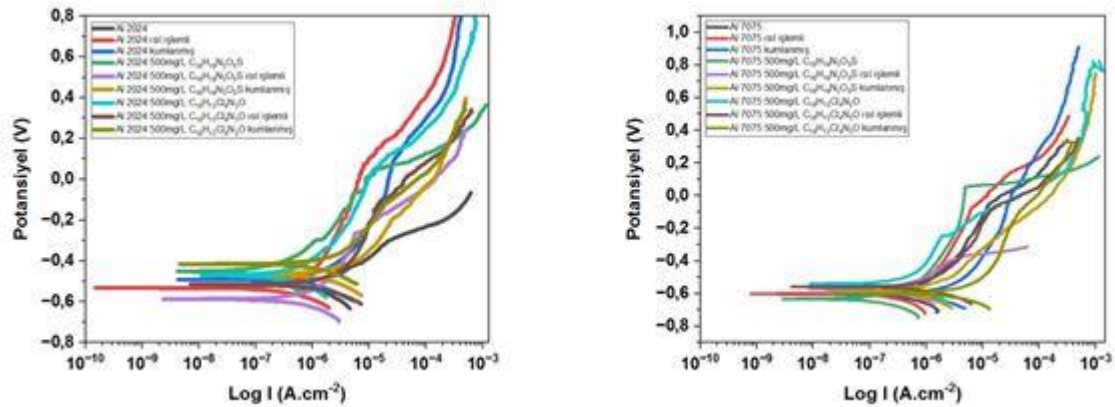
$$IE = \left[\frac{i_0 - i}{i_0} \right] \times 100 \quad (6)$$

$$R = \frac{0,129 \cdot i_{corr} \cdot EW}{d} \quad (7)$$

$$EW = \frac{1}{\sum \frac{f_i n_i}{M}} \quad (8)$$

Al 2024 alaşımı için kullanılan eşdeğer ağırlık (EW) içeriğinde bulunan % 0,5 Fe, % 0,5 Si, % 4 Cu, % 0,1 Cr, % 1,5 Mn, % 1,5 Mg, % 0,25 Zn ve % 91,75 Al elementlerinin molekül ağırlıkları (M), kütlece yüzde miktarları (f_i) ve değerlik elektron sayıları (n_i) kullanılarak Eşitlik 8.'deki gibi hesaplanır ve 9,38 g/mol bulunur.

Al 7075 alaşımı için ise kütlece yüzde miktarları % 0,5 Fe, % 0,4 Si, % 1,5 Cu, % 0,2 Cr, % 0,3 Mn, % 2,5 Mg, % 5,5 Zn, % 0,2 Ti ve % 88,9 Al olarak alınır ve Eşitlik 8.'deki gibi hesaplanarak 10,782 g/mol bulunur.



Görsel 4. Al 2024 ve 7075 Alaşımlarına Ait Potansiyodinamik Polarizasyon (TP) Eğrileri.

Çizelge 1. Al 2024 Alaşımının İnhibitörsüz ve İnhibitörlü Ortamlarda Korozyon Akımı, İnhibitor Etkinliği ve Polarizasyon Direnci Değerleri.

| Alaşım Türü | Uygulanan İşlem | İnhibitörsüz | | | Amoksisilin | | | Oksikonazol | | |
|-------------|-----------------|-----------------|---------------|----|-----------------|---------------|-------|-----------------|---------------|-------|
| | | \dot{I}_{cor} | $R_p(\Omega)$ | IE | \dot{I}_{cor} | $R_p(\Omega)$ | %IE | \dot{I}_{cor} | $R_p(\Omega)$ | %IE |
| Al 2024 | İŞLEMSİZ | 0,156 | 210 | - | 0,015 | 786 | 73,28 | 0,031 | 770 | 72,72 |
| | ISIL İŞLEM | 0,021 | 582 | - | 0,006 | 949 | 77,87 | 0,016 | 782 | 73,14 |
| | KUMLAMA | 0,079 | 418 | - | 0,018 | 540 | 61,1 | 0,008 | 851 | 75,32 |
| Al 7075 | İŞLEMSİZ | 0,204 | 251 | - | 0,012 | 755 | 66,7 | 0,032 | 756 | 66,7 |
| | ISIL İŞLEM | 0,015 | 552 | - | 0,020 | 729 | 65,5 | 0,049 | 740 | 66,1 |
| | KUMLAMA | 0,052 | 703 | - | 0,021 | 590 | 57,4 | 0,033 | 749 | 66,4 |

Çizelge 2. Al 2024 Alaşımının Kuyu Suyu Ortamında Organik İnhibitör İçeren Çözeltilerde Potansiyodinamik Polarizasyon Yöntemi ile Elde Edilen Korozyon Karakteristikleri.

| ALAŞIM TÜRÜ | İNHİBİTÖR | İŞLEM | E_{corr} V/Ag/AgCl | $-\beta_c$ (mV/dec) | β_a (mV/dec) | i_{corr} $\mu A/cm^2$ | % IE | R_p |
|-------------|--------------|------------|-------------------------|------------------------|-----------------------|----------------------------|---------|-------|
| Al 2024 | İnhibitörsüz | İşlemsiz | -0,506 | 31,1 | 16 | 0,156 | - | 29,4 |
| | | Isıl işlem | -0,532 | 22,4 | 23 | 0,021 | - | 234,6 |
| | | Kumlama | -0,488 | 29,2 | 28,3 | 0,079 | - | 78,9 |
| | Amoksisilin | İşlemsiz | -0,445 | 31,3 | 27,6 | 0,015 | 90,3 | 424,5 |
| | | Isıl işlem | -0,583 | 41,7 | 48,1 | 0,006 | 96,1 | 1616 |
| | | Kumlama | -0,461 | 15,7 | 13,4 | 0,018 | 88,4 | 174,3 |
| | Oksikonazol | İşlemsiz | -0,467 | 32,2 | 33,5 | 0,031 | 80,1 | 229,9 |
| | | Isıl işlem | -0,525 | 12,9 | 29,6 | 0,016 | 89,7 | 243,8 |
| | | Kumlama | -0,413 | 32,2 | 33,2 | 0,008 | 94,8 | 887,2 |
| Al 7075 | İnhibitörsüz | İşlemsiz | -0,598 | 72 | 85,4 | 0,204 | - | 83,1 |
| | | Isıl işlem | -0,596 | 118,1 | 98,4 | 0,015 | - | 1553 |
| | | Kumlama | -0,602 | 20,9 | 20,5 | 0,052 | - | 86,4 |
| | Amoksisilin | İşlemsiz | -0,635 | 140,8 | 169,9 | 0,012 | 94,1 | 2785 |
| | | Isıl işlem | -0,570 | 73,4 | 77,5 | 0,020 | 90,1 | 818,4 |
| | | Kumlama | -0,593 | 34,2 | 45,4 | 0,021 | 89,7 | 403,3 |
| | Oksikonazol | İşlemsiz | -0,551 | 45 | 131,1 | 0,032 | 84,3 | 454,5 |
| | | Isıl işlem | -0,558 | 24,1 | 45,1 | 0,049 | 75,9 | 139,1 |
| | | Kumlama | -0,600 | 6,79 | 9,44 | 0,033 | 83,8 | 51,9 |

Çizelge 3. Al 2024 ve 7075 alaşımlarının kuyu suyu ortamında organik inhibitör içeren çözeltilerde potansiyodinamik polarizasyon yöntemi ile elde edilen korozyon hızları.

| ALAŞIM TÜRÜ | İNHİBİTÖR | İŞLEM | EW | i_{corr} $\mu A/cm^2$ | R_{corr} (mpy) | R_{corr} ($\mu m/yıl$) |
|-------------|--------------|------------|--------|----------------------------|---------------------|-------------------------------|
| Al 2024 | İnhibitörsüz | İşlemsiz | 9,38 | 0,156 | 0,06991 | 1,7128 |
| | | Isıl işlem | 9,38 | 0,021 | 0,00941 | 0,2305 |
| | | Kumlama | 9,38 | 0,079 | 0,03540 | 0,8674 |
| | Amoksisilin | İşlemsiz | 9,38 | 0,015 | 0,00672 | 0,1646 |
| | | Isıl işlem | 9,38 | 0,006 | 0,00268 | 0,0658 |
| | | Kumlama | 9,38 | 0,018 | 0,00806 | 0,1976 |
| | Oksikonazol | İşlemsiz | 9,38 | 0,031 | 0,01389 | 0,3403 |
| | | Isıl işlem | 9,38 | 0,016 | 0,00717 | 0,1756 |
| | | Kumlama | 9,38 | 0,008 | 0,00358 | 0,0878 |
| Al 7075 | İnhibitörsüz | İşlemsiz | 10,783 | 0,204 | 0,10509 | 2,5749 |
| | | Isıl işlem | 10,783 | 0,015 | 0,00772 | 0,1893 |
| | | Kumlama | 10,783 | 0,052 | 0,02678 | 0,6563 |
| | Amoksisilin | İşlemsiz | 10,783 | 0,012 | 0,00618 | 0,1514 |
| | | Isıl işlem | 10,783 | 0,020 | 0,01030 | 0,2524 |
| | | Kumlama | 10,783 | 0,021 | 0,01081 | 0,2650 |
| | Oksikonazol | İşlemsiz | 10,783 | 0,032 | 0,01648 | 0,4039 |
| | | Isıl işlem | 10,783 | 0,049 | 0,02524 | 0,6184 |
| | | Kumlama | 10,783 | 0,033 | 0,01700 | 0,4165 |

4. GENEL DEĞERLENDİRME ve SONUÇLAR

- Çizelge 3. incelendiğinde Al 2024 alaşımının kuyu suyu ortamında inhibitörsüz ve işlemsiz halde korozyon hızı 1,7128 $\mu m/yıl$ iken ısıtılma işlem ve kumlama sonucunda bu değerler sırasıyla 0,2305 $\mu m/yıl$ ve 0,8674 $\mu m/yıl$ değerlerini almıştır. Alaşıma uygulanan yüzey işlemleri açık şekilde korozyon hızını düşürmüştür.
- Al 2024 alaşımı için Largopen (etkin maddesi amoksisilin) inhibitörü ilavesi ile birlikte elektrota ısıtılma işlem uygulandığında korozyon hızı 0,0658 $\mu m/yıl$ olarak hesaplanmıştır.

Bu değer alaşımın en iyi korozyon dayanımı sergilediği durumu göstermektedir. Çizelge 2 incelendiğinde PD testi sonucu en yüksek % IE değeri % 96,1 ile ısıtılmış, amoksisilin inhibitörü katkılı numuneye aittir. Kumlama işlemi sonucunda ölçülen korozyon hızı 0,1976 $\mu\text{m}/\text{yıl}$, % IE değeri ise % 88,4 olmuştur.

- Al 2024 alaşımı için Oceral (etkin maddesi oksikonazol) inhibitörü ilavesi ile ölçülen korozyon hızları işlemsiz, ısıtılmış ve kumlanmış numuneler için sırasıyla 0,3403 $\mu\text{m}/\text{yıl}$; 0,1756 $\mu\text{m}/\text{yıl}$ ve 0,0878 $\mu\text{m}/\text{yıl}$ olarak hesaplanmıştır. Çizelge 2 incelendiğinde PD testi sonucu hesaplanan % IE değerleri % 80,1; % 89,7 ve % 94,8 olarak elde edilmiştir. Bu değerler yapılan EIS testi sonuçları ile de uyumludur.
- Al 7075 alaşımı için korozyon parametreleri incelendiğinde, Çizelge 3.'e göre inhibitör katkısı olmaksızın ölçülen korozyon hızı 2,5749 $\mu\text{m}/\text{yıl}$ iken alaşıma uygulanan ısıtılmış ve kumlama sonucu bu değer sırasıyla 0,1893 $\mu\text{m}/\text{yıl}$ ve 0,6563 $\mu\text{m}/\text{yıl}$ değerlerine düşmüştür.
- Al 7075 alaşımı için amoksisilin inhibitörü ilavesi ile ölçülen korozyon hızları işlemsiz, ısıtılmış ve kumlanmış numuneler için sırasıyla 0,1514 $\mu\text{m}/\text{yıl}$; 0,2524 $\mu\text{m}/\text{yıl}$ ve 0,2650 $\mu\text{m}/\text{yıl}$ olarak hesaplanmıştır. PD testi sonucu hesaplanan % IE değerleri % 94,1; % 90,1 ve %89,7 olarak elde edilmiştir. Numuneye uygulanan yüzey işlemleri türü, korozyon hızı ve inhibisyon etkinlikleri üzerinde kayda değer bir etki yaratmamıştır.
- Al 7075 alaşımı için oksikonazol inhibitörü ilavesi ile ölçülen korozyon hızları işlemsiz, ısıtılmış ve kumlanmış numuneler için sırasıyla 0,4039 $\mu\text{m}/\text{yıl}$; 0,6184 $\mu\text{m}/\text{yıl}$ ve 0,4165 $\mu\text{m}/\text{yıl}$ olarak hesaplanmıştır. PD testi sonucu hesaplanan % IE değerleri ise sırasıyla % 84,3; % 75,9 ve % 83,8 olarak elde edilmiştir. Bu değerler yapılan EIS testi sonuçları ile de uyumludur.

KAYNAKÇA

1. Wallace, W., Hoepfner, D.W. ve Kandachar, P.V., Agard Corrosion Handbook Volume1 Aircraft Corrosion: Causes And Case Histories, AGARD, (1985).
2. Kızılbey, M., 7075 Alüminyum Alaşımı ve Hata Analizi, Yüksek Lisans Tezi, Osmangazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 2000.
3. Van H., Kent R., Aluminum, American Society For Metals, Vol.II, 1968.
4. Yüksel, E.E, 7075 Alüminyum Alaşımında Basamaklı Yaşlandırma ile Özellikleri Kontrol İmkânları, Yüksek Lisans Tezi, İTÜ FBE, 1991.
5. J. Orlikowski, A. Jazdzewska, R. Mazur, K. Darowicki, Determination of pitting corrosion stage of stainless steel by galvanodynamic impedance spectroscopy, Electrochim. Acta. 253 (2017) 403–412. doi:10.1016/j.electacta.2017.09.047.
6. El Haleem, S.M.A., El Wanees, S.A., El Aal, E.E.A., Farouk, A., 2013. Factors affecting the corrosion behaviour of aluminium in acid solutions. I. Nitrogen and/or sulphur-containing organic compounds as corrosion inhibitors for Al in HCl solutions. Corrosion Science, 68, 1-13.
7. Zheludkevich, M.L., Serra, R., Montemor, M.F., Yasakau, K.A., Miranda Salvado, I.M. and Ferreira, M.G.S. (2005) Nanostructured Sol-Gel Coatings Doped with Cerium Nitrate as Pre-Treatments for AA2024-T3: Corrosion Protection Performance. Electrochimica Acta, 51, 208-217.
8. Serpil Şafak, Berrin Duran, Aysel Yurt, Gülşen Türkoğlu, ‘‘Schiff bases as corrosion inhibitor for aluminium in HCl solution,’’ Corrosion Science, vol.54, pp.251-259, 2012. M. Elayyachy, A.El Idrissi
9. Branzoi, V., Golgovici, F., Branzoi, F., 2003. Aluminium corrosion in hydrochloric acid solutions and the effect of some organic inhibitors. Materials Chemistry and Physics, 78, 122-131.

10. Esin Alp ‘‘ Farklı ortamlarda alüminyum korozyonuna saponin türevinin inhibitör etkisi’’ Yüksek lisans tezi, Nisan 2014, Çorum, Türkiye, 2014.
11. Obot, I. B., Obi-Egbedi, N. O., & Umoren, S. A. (2009). Antifungal drugs as corrosion inhibitors for aluminium in 0.1 M HCl. *Corrosion Science*, 51(8), 1868-1875.
12. Hazazi, O. A., & Abdallah, M. (2013). Prazole compounds as inhibitors for corrosion of aluminum in hydrochloric acid. *Int. J. Electrochem. Sci*, 8, 8138-8152.
13. Gökhan GECE, Semra BİLGİÇ ‘‘Disentangling The Relationship Between Inhibition Effect and Structure of Two Drugs: A Theoretical Study’’ 2018
14. Abdallah, M. (2004). Antibacterial drugs as corrosion inhibitors for corrosion of aluminium in hydrochloric solution. *Corrosion Science*, 46(8), 1981-1996.
15. S.Zor, E.Yıldız, ‘‘Klorürlü Çözeltilerde Sülfatiazolün Alüminyum Korozyonuna Etkisi’’ BAÜ Fen Bil. Enst. Dergisi Cilt 14(2) 93-101 (2012).
16. Fouda, A.S., Al-Sarawy, A.A., Ahmed, F.Sh., El-Abbasy, H.M., 2009. Corrosion inhibition of aluminum 6063 using some pharmaceutical compounds. *Corrosion Science*, 51, 485–492.

APPLICATION OF A MULTI-CRITERIA DECISION-MAKING METHOD FOR WIND FARM SITE SELECTION IN WESTERN AUSTRALIA

MSc, Emil RZAYEV

Istanbul Technical University, - 0009-0008-1197-6734

Assoc. Prof., Ayhan Mentés

Istanbul Technical University, -0000-0003-1177-3212

SUMMARY

The global shift towards sustainable energy alternatives has brought offshore wind power into the spotlight. Western Australia, with its abundant wind resources and extensive coastline, offers significant potential for harnessing offshore wind energy. However, a comprehensive study that utilizes decision-making techniques to identify optimal sites in this region is currently lacking.

This research aims to fill this gap by evaluating potential offshore wind power installation sites in Western Australia using two established Multi-Criteria Decision-Making (MCDM) techniques: the Analytical Hierarchy Process (AHP) and the Complex Proportional Evaluation (COPRAS). Various factors, including environmental impact, technological feasibility, economic viability, and social impacts, are taken into consideration during the regional assessment and ranking process.

By employing AHP and COPRAS, this research provides a thorough evaluation of potential locations, taking all relevant criteria into account. It offers valuable insights for potential future offshore wind farms in Western Australia, enabling effective and well-informed decision-making.

Keywords: Offshore Wind Energy; Western Australia; Analytic Hierarchy Process; Complex Proportional Assessment; Site selection; Renewable energy.

1. Introduction

The utilization of fossil fuels in marine environments generates greenhouse gases as a by-product. Considering mounting concerns regarding their environmental repercussions, stakeholders within the maritime industry are actively exploring novel approaches and avenues [1].

Many methods exist to mitigate carbon emissions within the maritime sector [2]. The International Maritime Organization (IMO) unveiled a preliminary plan for decarbonizing ships in 2018 in accordance with the Paris Agreement on climate change and worldwide emission reduction targets [3]. Renewable energy sources are gaining increasing traction due to their minimal impact on the environment and human health. Wind turbines, which harness wind as a renewable energy source, are experiencing rapid proliferation worldwide, both on land and at sea. Offshore wind energy has attracted a lot of interest as a practical option, especially in places with extensive coasts.

Western Australia emerges as a promising candidate for offshore wind farm initiatives owing to its extensive coastline and ample wind resources. If the water depths meet the necessary

criteria, the location exhibits favorable wind speeds, and it possesses the capability to connect to an established electricity grid or is situated in a region conducive to generating energy products for the global market, such as hydrogen and ammonia, then it is deemed suitable for the establishment of an offshore wind farm.

The primary objective of this article is to investigate the potential of wind farms in Western Australia and determine the optimal location based on an effective set of criteria. To achieve this, the research employs two well-known decision analysis methodologies, namely the Analytical Hierarchy Process (AHP) and Complex Proportional Analysis (COPRAS). The study's strength comes in its comprehensive approach to evaluating the chosen areas. The environmental effect and social ramifications of these fields are considered alongside their technological feasibility and economic viability.

Both the AHP and COPRAS approaches contribute to this all-encompassing strategy by providing a framework for making decisions that consider both quantitative and qualitative data. The AHP approach is used to assign relative importance to each criterion and sub-criterion in this research. After the values have been assigned, COPRAS is used to compare them and determine where offshore wind power will be most effective. The study also considers the feedback of four industry experts to further bolster the reliability and authenticity of the results. Their insightful knowledge and experience greatly strengthen the study's AHP framework pairwise comparisons.

There are several phases to the research process. First, the most important criteria for choosing a location for an offshore wind farm are identified by a comprehensive literature analysis and the opinions of experts. The AHP analysis relies on this information, which is then structured into a hierarchy that distinguishes between primary and secondary criteria. AHP is used to determine the relative importance of each criterion by calculating priority vectors and consistency ratios through pairwise comparison matrices. This allows for a systematic and quantitative assessment of the criteria. On the other hand, COPRAS is utilized to evaluate and compare the performance of the regions across multiple criteria. It facilitates the calculation of composite weighted scores for each location, taking into account the relative weights assigned to the criteria determined through AHP. By utilizing COPRAS, a comprehensive assessment of the overall suitability of each location for offshore wind energy development is obtained.

This research stands out by offering an original approach to the selection of offshore wind farm sites in Western Australia through the utilization of a hybrid methodology combining AHP and COPRAS techniques. By capitalizing on the strengths of these two approaches and incorporating expert perspectives, the study provides a comprehensive, methodical, and rigorous framework for site selection.

The inclusion of expert opinions in the decision-making process adds a novel dimension to the offshore wind site selection arena, enhancing the practical application of the study's findings. The decision-making framework developed in this research has significant implications for the renewable energy industry, ensuring that technical competence, environmental concerns, social effects, and economic variables are all considered in the final choice.

The research sheds light on the potential limitations and recommends avenues for further study, contributing to the existing body of knowledge. It emphasizes the importance of continuous research in this field, particularly given the rapid advancements in technology and legislative frameworks within the renewable energy sector.

With a focus on offshore wind energy in Western Australia, this paper makes a substantial contribution to the ongoing discussion on renewable energy sources. By identifying the most

suitable locations for offshore wind energy development, the research contributes to the global transition towards cleaner energy sources.

Moreover, the research highlights the wide-ranging impacts of selecting an appropriate area for offshore wind energy development. It emphasizes the significant social and economic benefits, including job creation and local economic growth. By choosing a location with favorable wind conditions, energy output can be maximized, and resources can be utilized more efficiently.

However, the study acknowledges the existence of legislative obstacles, community opposition, and logistical challenges that must be addressed for the successful implementation of offshore wind energy production in Western Australia.

2. Wind Energy Potential in World

The kinetic energy of the wind is converted into electrical energy to create power. The rotor blades of contemporary wind turbines are turned by the wind to produce rotational energy. Through a shaft, this rotational energy is sent to the generator, which then produces electricity. Wind power has experienced rapid growth since the year 2000 thanks to improved technology, supportive policies, and declining costs. Over the past two decades, onshore and offshore wind power installations have increased from 7.5 GW in 1997 to an estimated 733 GW in 2018. There will be 699 GW of onshore wind power in 2020, up from 178 GW in 2010, while the offshore wind power capacity will have grown from 3.1 GW in 2010 to 34.4 GW in 2020. The amount of electricity generated by wind increased by 5.2% between 2009 and 2019, reaching 1,412 TWh.

Both onshore and offshore wind have immense potential for expansion and improvement on a global scale. Capacity factors have increased because of technological development, leading to lower prices. Between 2010 and 2020, the global weighted average LCOE for onshore wind dropped from USD 0.09/kWh to USD 0.039/kWh, a drop of 56%. Over the same time frame, the LCOE for offshore wind farms that were just built decreased by 48%. The power output of wind turbines has grown over time. In 1985, the standard capacity rating for turbines was 0.05 MW, and the rotor diameter was 15 meters. These days, new wind power projects might be anywhere from 3 to 4 MW on land to 8 to 12 MW at sea. The size of the turbine and the length of the blades affect how much power can be extracted from the wind. The output grows at a rate proportional to the cube of the wind speed and the rotor's diameter. For every doubling of wind speed, there is an eightfold increase in wind energy potential.

It has been more than a century since the inception of the first wind turbines. The exploration of generating electricity from wind energy commenced with the invention of the electric generator in the 1830s. The roots of modern wind power are often attributed to Denmark, where the first horizontal-axis wind turbines were constructed in 1891, and a 22.8-meter wind turbine became operational in 1897. It is worth noting that the initial innovations in wind power occurred in the United Kingdom and the United States in 1887 and 1888, respectively. The 1980s marked the dawn of the contemporary wind power industry. As per the most recent data from IRENA, wind energy accounted for 6% of all renewable energy generation in 2016. While many regions around the world experience high wind speeds, the optimal locations for harnessing wind energy are often situated at a distance. Offshore wind energy presents a promising frontier for future development. A 3GW offshore wind project has recently been proposed in Western Australia. It is estimated by the project's sponsors that this may provide 11 TWh of electricity yearly, avoiding the release of around 6,000,000 tons of carbon dioxide. According to CSIRO forecasts, costs will decrease and continue to decrease if the worldwide deployment of offshore wind rises in accordance with net zero emissions objectives [4].

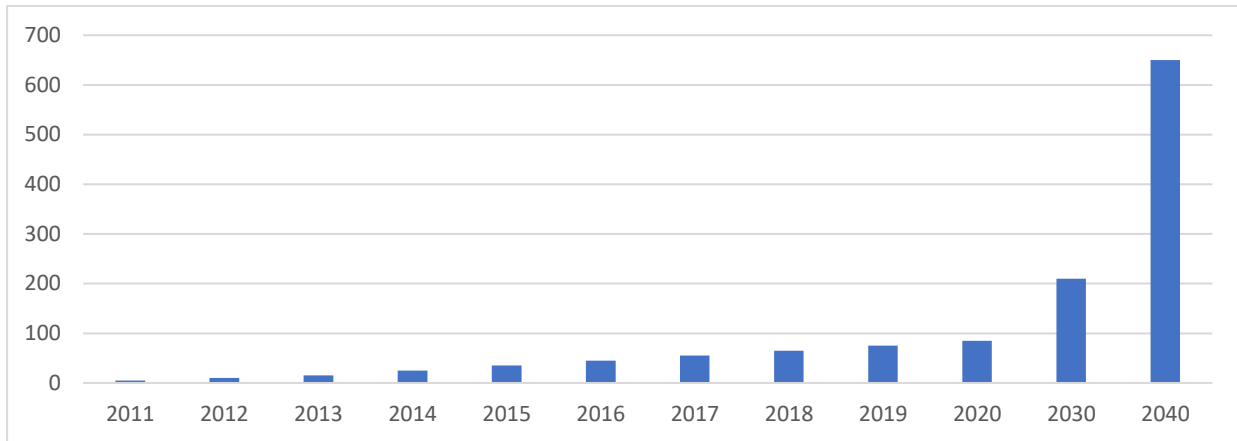


Figure 1. Neighbouring Countries' Adoption of Wind Energy Technology in the Transition to a Lower-Carbon Energy Future

The worldwide offshore wind market has grown rapidly in recent years, thanks to significant technological breakthroughs and cost reductions, making offshore wind an increasingly viable choice for large-scale energy production [5, 6]. In terms of technology and generating capacity, Europe has long been the worldwide leader in offshore wind; however, the Asia-Pacific area has lately raced ahead, with China leading the world in new installed capacity in 2019. Along with China, Australia's region neighbours Vietnam, Taiwan, Japan, and South Korea are increasingly embracing wind energy technology as the worldwide transition to a lower-carbon energy future accelerates (Figure 1).

Offshore wind energy production in Australia is gaining a lot of interest since there are several promising sites throughout the country. If the water depths are sufficient, the location has high wind speeds, and it is either able to be connected to an electricity grid or is in an area suitable for the generation of energy products for the international market such as hydrogen and ammonia, then it is considered appropriate for an offshore wind farm.

Although offshore wind energy development in Australia is only getting started, it has the potential to play a significant role in helping the country meet its renewable energy targets and foster the growth of clean technology businesses. Roaring Forties is a powerful and persistent wind resource in the offshore environment of Australia, spanning from Perth in Western Australia to the south-eastern region of Victoria, and can generate more electricity at a more consistent rate than most other renewable energy sources.

Australia has some of the world's top offshore wind resources. Australia has the potential to generate up to 5,000 GW of electricity from offshore wind using a combination of fixed and floating equipment, as reported by the Global Wind Energy Council. That is 100 times less than the capacity of Australia's two largest electrical networks combined. Most Australians live in the southern part of the nation, which is also where most of the country's population, industry, mining, and offshore wind resources are located. International offshore wind businesses anticipate significant growth potential in Australia. Offshore wind is an efficient and affordable generating method; therefore, it might be a part of Australia's plan to diversify its energy mix.

Feasibility studies suggest that the waters off the coast of Western Australia offer an excellent opportunity to develop high-capacity offshore wind power close to key demand centres due to the presence of a strong and consistent wind resource that is capable of producing more electricity at a more consistent rate than most other renewable energy sources. "Midwestern Waters Wind Farm" main page, each turbine may generate 15 to 25 MW of power, which will be transferred through cables on or below the seafloor to land north of Kalbarri and subsequently to a load center or electrical connection point.

3. Multiple Criteria Decision-Making Techniques

Decision-making focuses on eliciting preferences and choices in multivariate settings but ignores difficulties of goal definition, alternative generation, and result evaluation. Multi-Attribute Decision Making (MADM) and Multi-Criteria Decision Analysis (MCDA) are two terminologies used to describe such approaches. is used in various fields and industries where complex decisions need to be made considering multiple criteria or factors. There are three distinct categories of existing MCDA methods [7, 8, 9].

Utilizing the strengths of MCDM techniques holds great significance in the decision-making process, making the incorporation of hybrid approaches a common practice in scholarly works. For the specific selection matter at hand in this study, AHP and COPRAS were thoughtfully selected due to their exceptional suitability. When several objectives or criteria must be satisfied, these techniques are favored for rating viable solutions in order of effectiveness. In addition, both AHP and COPRAS can spot inaccurate assessments and offer ballpark estimates of their degree of error. By combining them, one can take into account more information and make more well-informed choices about the scenario at hand. COPRAS evaluates the merits of an option in terms of ideal and negative ideal values, whereas AHP takes a more in-depth look at how alternatives and criteria interact with one another. As a result, decision-makers can take into account more factors.

3.1 AHP Method

The Analytic Hierarchy Process (AHP) is a mathematical and psychological technique developed by Thomas L. Saaty in the 1970s to structure and evaluate intricate decision-making processes. Since its inception, the methodology has undergone continuous refinement and enhancement.

The AHP method requires decision-makers to compare and rank criteria and alternatives based on their relative importance. However, assigning precise numerical values to express these relative intensities can be challenging. They provide a standardized scale or set of guidelines that enable decision-makers to quantify and express their preferences in a consistent manner (Table 1).

Table 1. Relative Value Intensity Definitions in AHP [10]

| Relative Intensity | Definition | Explanation |
|--------------------|---------------------------|--|
| 1 | Equally valuable | Two elements are of equal value |
| 3 | Slightly more value | Experience favors one element slightly more than another. |
| 5 | Essential or strong value | One element is preferred over another through experience. |
| 7 | Very strong value | Strong preference is given to one element, and its domination is seen in action. |
| 9 | Extreme value | Evidence of the greatest grade of confirmation that favors one over another. |
| 2, 4, 6, 8 | Intermediate values | When compromise is needed |

The mathematical background of the AHP method involves two key concepts: pairwise comparison matrices and the eigenvector method. According to Equation 1, the elements of a $n \times n$ matrix A , where $a_{ij} = (i, j=1,2,\dots,n)$ reflect the pair-wise comparisons, and summarize the results of the pairwise comparison over n criteria. The relevance of the i^{th} criterion concerning

the j^{th} criterion is shown by the entry a_{ij} in the matrix. The matrix's reciprocal properties can be noticed.

In AHP, many decision-makers perform side-by-side comparisons, and all of the possibilities may be weighed using the geometric mean (as indicated in Equation 2, where k is the number of decision-makers). After that, using the concept of eigenvectors [10], the weights vector is computed in two steps. After matrix A has been normalized using Equation 3, the criterion weight vector w_j may be built with Equation 4.

$$A = \begin{pmatrix} a_{11} & \dots & a_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{n1} & \dots & a_{nn} \end{pmatrix}, \quad a_{ii} = 1, \quad a_{ji} = \frac{1}{a_{ij}}, \quad a_{ij} \neq 0 \quad (1)$$

$$a_{ij} = (\prod_{l=1}^k a_{ijl})^{1/k}, \quad l = 1, 2, \dots, k; \quad i, j = 1, 2, \dots, n; \quad i \neq j \quad (2)$$

$$a_{ij} = \frac{a_{ij}}{\sum_{i=1}^n a_{ij}} \quad (3)$$

$$w_i = \frac{\sum_{i=1}^n a_{ij}}{n} \quad (4)$$

The total of the elements in the weight vector, which shows how the various evaluation criteria are weighted, is 1. Since comparisons rely on subjective evaluations, their comparability needs to be checked [11]. This may be computed with the help of a consistency index (CI) (Equation), where \max is an eigenvalue of the matrix A . While some degree of variation is to be expected, a decision-maker should never see anything higher than $CI=0$. Hence, the consistency ratio (CR) can be computed using Equation 6, with RI representing the random consistency index obtained from a randomly generated pair-wise comparison matrix (refer to Table 2). Comparisons can proceed if CR is below 0.1. If the degree of judging inconsistency is reasonable, then the efficiency of all alternatives on a criteria O_{ij} is normalized to eliminate the influence of various units of measure for each criterion. Using Equation 7, we can calculate the O_{ij} values normalized to criteria for a set of m alternatives. When everything is said and done, the eigenvector is multiplied by the matrix of normalized efficiency results to get the aggregated AHP priority score [12].

Table 2. Random Index (RI) for n-ordered matrix

| | | | | | | | | | | | | | | | |
|----|---|---|------|-----|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| N | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 |
| RI | 0 | 0 | 0.58 | 0.9 | 1.12 | 1.24 | 1.32 | 1.41 | 1.45 | 1.49 | 1.51 | 1.54 | 1.56 | 1.57 | 1.59 |

3.2 COPRAS Method

The COPRAS approach, created by Zavadskas and Turskis [13], is a multi-criteria decision-making (MCDM) strategy that can help decision-makers make more informed and sound choices when faced with complex, multi-dimensional issues. Site selection for wind energy is a classic example of a decision-making dilemma involving several elements, such as environmental impact, community support, and financial viability. COPRAS includes the following steps:

To reduce the inhomogeneity of criteria, we first normalized the decision matrix by applying Equation (5) to all layers.

$$\overline{X}_{ij} = \frac{X_{ij} - X_j^{\min}}{X_j^{\max} - X_j^{\min}} \quad (5)$$

where X_{ij} is the normalized quantity of the i^{th} alternative (pixel) performance of the j^{th} criterion (layer), X_{ij} is the i^{th} alternative performance of the j^{th} criterion. Since watersheds are independent of each other, the criteria are normalized for each watershed.

$$d_{ij} = w_j \times \overline{X_{ij}} \quad (6)$$

Calculate the upper and lower indices for the alternatives: In this stage, Equations (7) and (8) are employed to calculate the sums of beneficial criteria (favoring higher values) and non-beneficial criteria (favoring lower values) separately.

$$D_j^+ = \sum_{j=1}^n y_{+ij} \quad j = 1, 2, \dots, n \quad (7)$$

$$D_j^- = \sum_{j=1}^n y_{-ij} \quad j = k + 1, k + 2, \dots, n \quad (8)$$

Determine the relative importance of each alternative: The following formula is employed to calculate the relative importance score for each alternative;

$$C_i = S_j^+ + \frac{S_{-min} \sum_{i=1}^m S_j^-}{S_j^- \sum_{i=1}^m \frac{S_{-min}}{S_j^-}} \quad (9)$$

4. Multi-Stage Risk Assessment Methodology

The proposed approach adopts multi-criteria decision-making (MCDM) techniques, including Analytic Hierarchy Process (AHP) and COMplex PROportional ASsessment (COPRAS), to conduct an objective evaluation of the outcomes and ascertain the wind energy potential in Western Australia. Criteria prioritization calculations with AHP play an important role in determining the focus areas that need the most attention within the scope of the project. On the other hand, COPRAS facilitates comparison among various alternatives and identifies the optimal solution, thereby simplifying the identification of the most favorable regions for harnessing wind power in Western Australia. This systematic and consistent management of the process ensures the attainment of the best possible outcomes. The proposed technique consists of a comprehensive five-step process (Figure 2).

Step 1: Project Framing: In this initial step (1.1), the objective is to precisely define the problem at hand, which involves assessing the wind energy potential in Western Australia and determining appropriate locations for wind farm development. Furthermore, the project scope is outlined, encompassing specific areas of interest, technological limitations, and cost factors (1.2). Lastly, the aims and objectives of the comprehensive evaluation are explicitly stated (1.3).

Step 2: Brainstorming: The second step involves a comprehensive brainstorming phase. Firstly, all pertinent data required for the decision-making process is gathered, including wind speeds, geographical information, and existing wind energy infrastructure (2.1). Additionally, insights and opinions from wind energy experts are sought to aid in identifying alternatives and criteria (2.2). Subsequently, potential wind energy sites (alternatives) and criteria for evaluating these sites are determined (2.3).

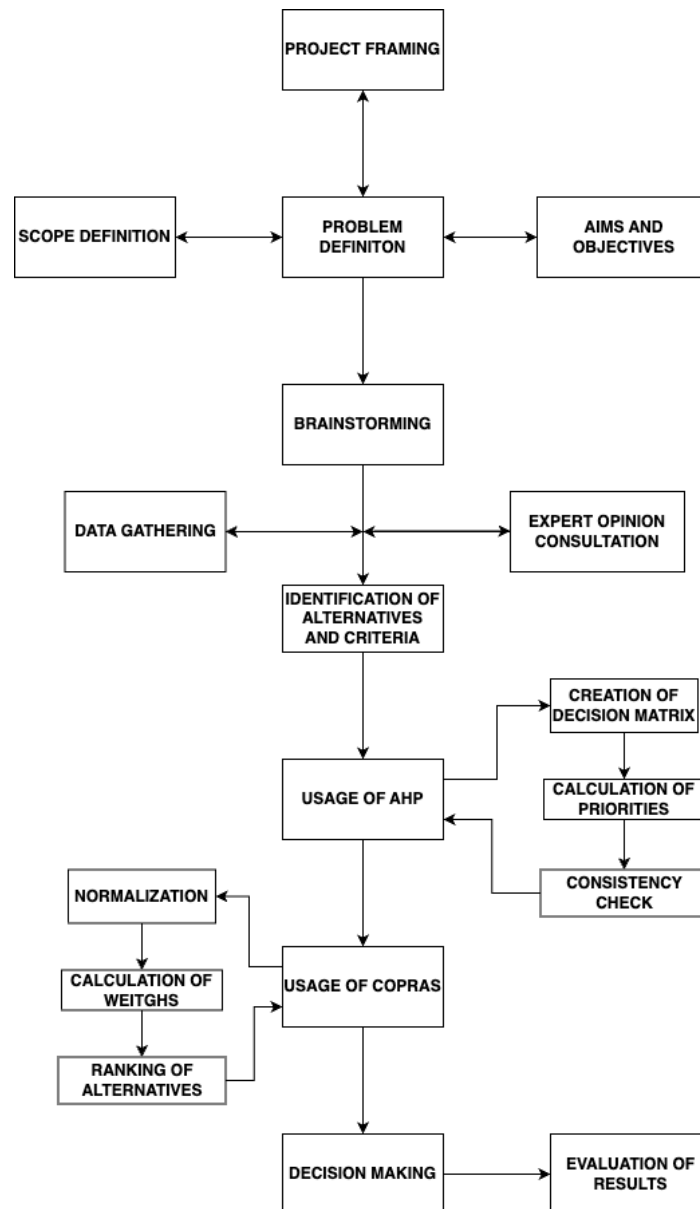


Figure 2. Workflow of the Site Selection Process for Offshore Wind Energy Projects

Step 3: Utilization of Analytic Hierarchy Process (AHP): During the AHP stage, each identified alternative is thoroughly assessed by the predefined criteria, leading to the creation of a decision matrix (3.1). The AHP method is then applied to calculate the weightings assigned to each criterion (3.2). Furthermore, a consistency check is conducted to ensure the reliability of the assessment (3.3).

Step 4: Utilization of COMplex PROportional ASsessment (COPRAS): In the subsequent COPRAS stage, the decision matrix is normalized to achieve a uniform scale (4.1). The weightings derived from the AHP stage are then utilized to calculate the total weight for each alternative (4.2). Consequently, the alternatives are ranked based on their respective total weights (4.3).

Step 5: Decision Making: Finally, in the fifth and final step, the results from the previous stages are carefully evaluated and rational decision making results in inferences.

5. Optimal Site Selection for Offshore Wind Turbines in Western Australia

Offshore wind turbines contribute to clean energy production by using strong and continuous winds in coastal areas. Australia, with its extensive coastline, has great potential for offshore wind power projects. These projects provide higher energy efficiency and more stable electricity generation as they use offshore wind sources compared to onshore ones. They are also far from residential areas in coastal regions, minimizing impacts such as visual and noise pollution. Offshore wind power projects in Australia have gained importance due to the increasing demand for clean energy generation and the acceleration of efforts to combat climate change. Contributing to the country's energy transition, these projects are taking steps towards a sustainable energy future by reducing dependence on fossil fuels. Offshore wind energy is an important contributor to Australia's efforts to diversify its energy portfolio and transition to a cleaner energy system. When fully realized, Australia can become a world leader in the offshore wind energy sector and play an important role in achieving sustainable goals. The research process is consisting of five key stages (Figure 4): project framing, brainstorming, the AHP stage, the COPRAS stage, and ultimately, decision-making. Each step was diligently executed to ensure a comprehensive and systematic strategy for site selection. This case study contributes to the ongoing discourse surrounding alternative energy sources, particularly offshore wind power, and emphasizes the necessity for an analytical and holistic approach to site selection. The results and conclusions of this study serve as a valuable resource for all stakeholders involved in future offshore wind energy projects in Western Australia, facilitating informed decision-making and sustainable development.

Step 1: Project Framing:

1.1. **Problem Definition:** With its vast coastline and ample wind resources, Western Australia emerges as a remarkably promising region for the development of offshore wind energy. The identification of these specific locations is driven by their potential for generating wind power and their close proximity to suitable geographic features.

1.2. **Objective and Evaluation Criteria:** This study aims to decide on the most suitable offshore wind farm location in Western Australia based on the multiple criteria and alternatives available. The study evaluated five specific sites in Western Australia for their potential to generate electricity via offshore wind farms. For this, each potential location has been evaluated in terms of environmental impact, technical feasibility, financial cost and social considerations. In order to ensure the reliability and comprehensiveness of the strategy, the opinion, guidance and validation of four experts with more than 10 years of experience in the field was used.

Step 2: Brainstorming: In the second phase of the research, Brainstorming engaged in three primary activities: data collection, expert consultation, and establishment of evaluation criteria.

2.1 **Data Collection:** During the Data Collection phase, extensive research was conducted to gather in-depth insights into the technical, environmental, social, economic and other important aspects of offshore wind power. This effort included rigorous review, expert evaluation, validation and analysis of a wide variety of scientific literature, industry reports and relevant regional statistics. Through in-depth examination of these various sources and expert evaluation, a wealth of knowledge has been gained that supports the decision-making process with comprehensive and up-to-date information.

Alford et al. [14] revealed that public attitudes in Australia generally support renewable energy development, although apprehensions about potential impacts on marine life, fishing, and tourism persist. It is crucial to engage in community consultation and involve local communities in the decision-making process. Additionally, suggested that wind farm projects in the region may generate employment opportunities, benefiting the local economy. Simon et al. [15]

reported significant energy potential for offshore wind power in the Western Australia. Factors such as technological advancements, the regulatory and policy environment, and available grid infrastructure can influence the capacity of wind turbines for offshore wind energy. Seabed and ground conditions are crucial to ensure the safe and efficient installation and operation of offshore wind turbines in the Western Australia [16]. This region is subject to various local and national regulations and policies [17]. Understanding and adhering to these regulations is essential for the successful development of offshore wind energy projects in the region.

2.2 The involvement of subject matter experts played a crucial role in establishing the foundation of our research by defining key criteria and factors for the site selection process. Leveraging their comprehensive knowledge of offshore wind energy development, encompassing technical, environmental, and economic aspects, we were able to construct a comprehensive framework for evaluating potential sites. Throughout the study, experts actively participated in the decision-making process, offering their expertise and insights during the implementation of methodologies such as the Analytical Hierarchy Process (AHP) and Complex Proportional Assessment (COPRAS). They contributed to the determination of the relative weights and priorities of the evaluation criteria and to ensure a balanced and sound evaluation. In addition, experts shared their experience and knowledge specific to Western Australia, shedding light on the challenges and opportunities associated with offshore wind farm development. This enabled the identification of critical factors that could affect feasibility and success, including regulatory considerations, stakeholder engagement, and potential environmental impacts. Collaboration with subject matter experts has gone beyond the analysis stage. Their guidance and feedback has been instrumental in interpreting and validating the results from the multi-criteria decision-making process. Their insights helped grasp the practical implications of the findings and provided recommendations for further improving the decision-making framework.

2.3 In the Identification of Alternatives and Criteria phase, the data obtained along with expert input played a pivotal role in defining the alternatives and assessment criteria. The five areas under consideration were identified as options, while the evaluation criteria encompassed technical, environmental, economic, and social considerations relevant to the selection of offshore wind generation sites. These criteria were carefully chosen due to their significance in evaluating wind energy projects and their crucial role in determining project success (Table 3).

Table 3. Prospective Wind Energy Sites and Their Associated Considerations

| Location | Denmark | Esperance | Geraldton | Bunbury | Exmouth |
|------------------------------------|---|--|--|---|---|
| Environmental and Social Impacts | Minimal effects on bird species and bats | Negative impact on bird species and bats. | Potential harm to bird species and bats | Ground conditions may not be suitable for traditional fixed foundation wind turbines, the potential for floating offshore wind farm | Lower potential impact on marine life and habitat |
| Local Community Views and Concerns | Mixed views from the local community, concerns about the impact on the landscape and tourism | No significant local community concerns | General support for renewable energy development, but concerns about the impact on marine life and tourism | The local community has not expressed views on a potential project | The local community has not expressed views on a potential project |
| Economic Analysis | High energy production capacity, moderate energy sales revenues | Lower energy sales revenue expectations | Economic benefits to the region | Economic feasibility studies required for floating offshore wind farm projects | Economic feasibility studies required for near-shore projects |
| Technical and Engineering Analysis | High wind speeds, favorable sea depth, and suitable port infrastructure maximize power generation potential. | Optimal wind turbine design and capacity. High energy production potential. | High wind speeds and energy production potential. | Optimal wind turbine design and capacity. Favourable sea depth conditions for turbine installation. | Lower wind speeds and energy production potential. |
| Local and National Regulations | Compliance with state and federal regulations for environmental protection | Compliance with state and federal regulations for environmental protection | Compliance with state and federal regulations for environmental protection | Compliance with state and federal regulations for environmental protection | Compliance with state and federal regulations for environmental protection |
| Location-specific Factors | Average local community support and government incentives. Relatively low impact on marine life and ecosystems. | Lower expected revenue from energy sales. Limited government incentives and support. | Below-average operation and maintenance costs. Moderate local community support and government incentives. | Lower expected revenue from energy sales. Limited government incentives and support. | Below-average operation and maintenance costs. Lack of nearby onshore wind farms for support and synergy. |

Step 3: Use of AHP: To streamline the AHP procedure, individual pair-wise comparisons of the criteria are conducted within each category. Additionally, in order to illustrate the relative significance among the distinct categories, a pair-wise comparison among the categories is also executed. These pair-wise comparison matrices are formulated using the insights of four experts. Consequently, weight factors (priorities) are allocated to both categories and criteria, derived from these pair-wise comparisons. The consensus values of the experts are used to determine these weight factors. This means that instead of solely relying on a single expert's opinion, the process incorporates multiple perspectives, which can contribute to a more balanced and comprehensive evaluation. Weights and their significance are crucial aspects of the Multi-Criteria Decision-Making (MCDM) method. Weights represent absolute values ranging between zero and one, devoid of units or dimensions. Depending on the specific problem, "weight" may signify importance, preference, likelihood, or any other parameter considered by decision-makers. In a hierarchical structure, weights are distributed according to the hierarchy's architecture, and their values rely on the information provided by the users. In the context of criteria and options, weights should be treated separately. By definition, the goal's priority is 1 (or 100%). The priorities of the alternatives always sum up to 1 (or 100%). When dealing with multiple levels of criteria, things may become complicated; however, for a single level, their priorities also total 1.

In cases where a hierarchy comprises multiple levels, such as the interplay between categories and parameters in this context, two additional concepts come into play: local priorities and global priorities. Local weights (w_i) denote the relative importance of nodes within each cohesive group of siblings (criteria) concerning their parent (category). These local priorities for each set of criteria collectively amount to 1.000 or 100%. Global weights (gwi) are derived by multiplying the local weights of the siblings (criteria) by the overall priority of their parent (category) (as per Equation 11). Consequently, the global weights for all parameters at this level collectively equal 1 or 100%.

In this stage, the process involved calculating the average of the consistency vector and subtracting the matrix dimension (n) from it. The result was then divided by $(n-1)$ to derive the consistency index (CI). Next, the CI was divided by the random index (RI) associated with the matrix dimension (n). The resulting value, termed the consistency ratio (CR), was found to be below 0.1, signifying the consistency of judgments. To determine the global priority vector for each sub-criterion, the local priority vectors of the sub-criteria were multiplied by the global priority of their parent criterion. This comprehensive analysis allows the evaluation of the relative importance of each criterion and sub-criterion in the decision-making process, providing valuable insights for the study.

Evaluation processes play a critical role in the decision-making process by bringing together information from various perspectives. Expert opinions serve as an important source of input in these evaluation processes and can provide valuable guidance for complex decisions such as region selection. Table 3 represents the aggregated evaluations of the experts.

The process of evaluating alternatives (regions) can be significantly enhanced by utilizing the weighted scores derived from priority vectors. These weighted scores convey a comprehensive representation of the overall performance of each alternative (region) with respect to the predefined criteria and sub-criteria. By leveraging this methodology, decision-makers are better equipped to make informed decisions based on a holistic understanding of the various factors influencing each alternative's performance.

To embark on the evaluation process, begin by constructing a matrix where the rows denote the alternatives (regions), and the columns correspond to the sub-criteria. The elements within this matrix are indicative of the performance ratings assigned to each alternative for every sub-

criterion. This structured representation of the data facilitates a more systematic approach to the evaluation process, allowing for the integration of multiple criteria and the identification of potential trade-offs among them. After the matrix is created, the sub-criteria are multiplied by the global priority vector. This multiplication yields a new vector containing the weighted scores for each alternative. By comparing these weighted scores, it becomes possible to discern the most favorable alternative (region) in accordance with the established criteria and sub-criteria. Furthermore, this approach enables decision-makers to systematically assess and rank the alternatives (regions) based on their suitability, while taking all relevant factors into account. One of the primary advantages of this methodology is its ability to ensure a transparent, objective, and comprehensive evaluation process. By employing a structured and systematic approach to decision-making, it becomes easier to justify the final decision and demonstrate that all relevant factors have been considered. Additionally, this methodology promotes consistency in the evaluation process, as the same set of criteria and sub-criteria are applied uniformly across all alternatives. This consistency fosters greater confidence in the decision-making process and reduces the potential for bias or subjective influences to skew the results.

Table 3. Weight Agreement Among Experts for Each Criterion and Sub-Criterion in Wind Farm Evaluation

| Criteria | SubCriteria | Group Consensus |
|----------|-------------|-----------------|
| C1 | C1.1 | 0.0625 |
| C1 | C1.2 | 0.0725 |
| C1 | C1.3 | 0.0575 |
| C1 | C1.4 | 0.0375 |
| C2 | C2.1 | 0.0720 |
| C2 | C2.2 | 0.0841 |
| C3 | C3.1 | 0.0577 |
| C3 | C3.2 | 0.0691 |
| C3 | C3.3 | 0.0559 |
| C4 | C4.1 | 0.0375 |
| C4 | C4.2 | 0.0450 |
| C5 | C5.1 | 0.0208 |
| C5 | C5.2 | 0.0232 |
| C5 | C5.3 | 0.0184 |
| C5 | C5.4 | 0.0120 |
| C5 | C5.5 | 0.0064 |
| C5 | C5.6 | 0.0056 |

Step 4: Usage of COPRAS:

Using weighted ratings provides a finer-grained appreciation of how numerous elements contribute to each option's total performance. The weighted scores account for the relative relevance of each criterion and sub-criterion, as opposed to depending on a basic aggregate of raw scores, so that more important aspects are given more weight in the assessment process. With such specificity, decision-makers may better weigh the benefits and drawbacks of each option and arrive at more well-considered conclusions.

The COPRAS procedure starts with standardizing the alternatives' performance numbers. The values on the various scales for each criterion are made comparable by this process. The COPRAS values (C_i) of the options are then derived from the estimated weighted total values,

positive and negative ideal values. The best wind energy location is then selected after the possibilities are sorted by their C_i values. The best possible location for a wind farm may be chosen with the help of this method, which is both objective and scientific. The normalized values matrix is obtained by dividing each performance value by the sum of the values in the corresponding column.

After the normalized values were calculated, the study was carried on establishing what those values should ideally be in each area. Finding the greatest normalized value for each criterion across the chosen sites allowed to calculate the positive ideal values, denoted by A^+ . Similar to how A^+ was determined by picking the highest normalized value for each criterion, A^- was calculated by selecting the lowest normalized value.

The COPRAS approach relies heavily on calculating the deviations from these ideal values. D_i^+ was calculated by subtracting A^+ from the weighted total for each site to get the distance to the positive ideal value. D_i^- , on the other hand, was calculated by subtracting the weighted total from A^- , the negative ideal value. Table 4 is based on these computations.

Finally, using these distances, determined the COPRAS values (C_i) for each area. Table 14 displays the results of this calculation. D_i^- was calculated by dividing D_i^+ by D_i^- . The higher the C_i value, the better the site was for building an offshore wind farm.

Table 4. COPRAS Evaluation of Offshore Wind Farm Sites

| Location | Weighted Sum | D_i^+ | D_i^- | C_i |
|-----------|--------------|---------|---------|--------|
| Denmark | 0.1320 | 0.0500 | 0.0900 | 0.6880 |
| Esperance | 0.1070 | 0.0570 | 0.0820 | 0.5900 |
| Geraldton | 0.1200 | 0.0580 | 0.0720 | 0.5540 |
| Bunbury | 0.1170 | 0.0590 | 0.0710 | 0.5460 |
| Exmouth | 0.1150 | 0.0600 | 0.0680 | 0.5310 |

Step 5: Decision Making:

Based on the COPRAS values derived from the analysis, the assessment reveals that Denmark emerges as the most favorable region for monopile wind turbines in Western Australia, exhibiting a noteworthy value of 0.688. This region is followed by Esperance and Geraldton regions with calculated COPRAS values of 0.590 and 0.554. These findings highlight the potential for this Denmark region to support the successful implementation of monopile wind turbine projects.

6. Conclusion

This study provides important information about the need for renewable energy sources in Australia, the evaluation of potential sites for a future offshore wind farm in Western Australia and the selection of the ideal location. The research provided a rational perspective on offshore wind farm site selection by combining AHP and COPRAS approaches.

As a result of the calculations, the Danish region in Western Australia has emerged as the most ideal region for offshore wind farm installation. The implications of these results are significant for renewable energy policy makers, investors, and academics. This research can assist the transition to renewable energy sources by guiding the installation of future wind farms, improving the quality of decision-making, and reducing the time and effort spent at each step of the process.

REFERENCES

- [1] Dinariyana, A.A.B., Deva, P.P., Ariana, I.M., Handani, D.W., 2022. Development of model-driven decision support system to schedule underwater hull cleaning. *Brodogradnja*, 73(3), 21-37.
- [2] Tuswan, T., Sari, D.P., Muttaqie, T., Prabowo, A.D., Soetardjo, M., Murwantono, T.T.P., Utina, R., Yuniati, Y., 2023. Representative application of LNG-fuelled ships: a critical overview on potential GHG emission reductions and economic benefits. *Brodogradnja*, 74(1), 63-83.
- [3] Kalajdžić, M., Vasilev, M., Momčilović, N., 2022. Power reduction considerations for bulk carriers with respect to novel energy efficiency regulations. *Brodogradnja*, 73(2), 79-92.
- [4] Graham, P, Hayward, J., Foster, J., & Havas, L., 2021. *GenCost 2021-22: Consultation draft*. CSIRO publications repository: CSIRO.
- [5] Power Technology, 2020. Construction begins for UK's 1.2GW Hornsea Project One wind farm. <https://www.powertechnology.com/news/construction-begins-uks-1-2gw-hornsea-project-onewindfarm/> (Accessed: 12.02.2023).
- [6] Hau, E., 2013. *Wind Turbines Fundamentals, Technologies, Application, Economics*. Berlin: Springer.
- [7] Manwell, J. F., & McGowan, J. G., 2010. *Wind energy explained*. Chichester: Wiley.
- [8] Barakos, G., 2017. Multi-criteria decision analysis: A framework for managing competing objectives. *Journal of Management*, 45(3), 470-491.
- [9] Opricovic, S., & Tzeng, G. H., 2004. Compromise solution by MCDM methods: A comparative analysis of VIKOR and TOPSIS. *European Journal of Operational Research*, 156(2), 445-455.
- [10] Saaty, T. L., 1970. How to make a decision: The Analytic Hierarchy Process. *European Journal of Operational Research*, 48, 9-26.
- [11] Saaty, T. L., 1980. *The Analytic Hierarchy Process: Planning, Priority Setting, Resource Allocation*. McGraw-Hill.
- [12] Saaty, T. L., 2008. Decision-making with the analytic hierarchy process. *International Journal of Services Sciences*, 1(1), 83-98.
- [13] Zawada, E. K., & Turskis, Z., 2011. Multiple criteria decision making (MCDM) methods in economics: an overview. *Technological and Economic Development of Economy*, 17(2), 397-427.
- [14] Alford, K., Brown, A., Clarke, M., & Jones, M., 2021. Public attitudes towards offshore wind energy in Australia. *Energy Policy*, 148(Part A), 111944.
- [15] Court, S. H., Stock, A., & Pitman, A., 2018. The cost of Australia's climate policy paralysis. *Nature Climate Change*, 8(10), 848-850.
- [16] Pearce, G. C., Davison, A., & Gaunt, C. T., 2019. The case for reconfiguring power systems. *Frontiers in Energy Research*, 7, 131.
- [17] Australian Government Department of Industry, Science, Energy and Resources, 2020. *The National Offshore Petroleum Safety and Environmental Management Authority (NOPSEMA)*.

POLİAROMATİK HİDROKARBONLARLA KONTAMİNE OLMUŞ ALANLARDAN İZOLE EDİLEN BAZI BAKTERİLERİN İDENTİFİKASYONU

Öğr. Gör. M. Yunus Emre KARAMAN

Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi, Teknik Bilimler Meslek Yüksek Okulu, KARAMAN,
- 0000-0001-9229-8358

Prof. Dr. Hatice ÖĞÜTCÜ

Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, KIRŞEHİR, 0000-0001-7100-9318

ÖZET

Endüstriyel atıkların yapısında bulunan poliaromatik hidrokarbonlar ekosistem için gün geçtikçe kompleks bir çevre sorunu olmaya devam etmektedir. Petrol ve petrol türevinden üretilen bu endüstriyel ürünlerin doğada çözünümleri oldukça uzun yıllar sürmektedir. Bunların doğal olarak biyoçözünümlerini hızlandırmak için poliaromatik hidrokarbonları besin kaynağı olarak kullanan mikroorganizmaların çoğaltılıp kontamine alanlara uygulanması sonucu bu kirliliğin biyoçözünürlülük süresinin kısaldığı yapılan çalışmalar ile ortaya konulmaktadır. Günümüzde poliaromatik hidrokarbonları parçalayan mikroorganizmalar özellikle de bakteriler, petrol ve petrol türevlerinden üretimi sağlanan endüstriyel ürünlerin artması sonucu biyoremediasyon açısından büyük önem kazanmıştır.

Bu çalışmada lastik fabrikası atıklarının döküldüğü topraklardan doğal olarak direnç kazanan toplam 12 adet izolat elde edilmiştir. İzole edilen suşların tür bazında moleküler tanımlamaları 16S rRNA gen sekans analizlerine göre yapılmıştır. Bu tanımlama sonucunda; 11 adet izolattan *Achromobacter*, *Massilia*, *Bacillus*, *Staphylococcus* ve *Azospirillum* genuslarına ait türler (*Achromobacter xylosoxidans* (1), *Massilia alkalitolerans* (3), *Bacillus simplex* (1), *Staphylococcus sp.* (1), *Azospirillum brasilense* (4)) belirlenmiş ancak bir izolat tanımlanamamıştır. Bu izolatların gelecekte ekosistemin dengesinin sağlanmasına ve biyoremediasyon çalışmalarının geliştirilmesine katkı sağlayacağı değerlendirilmektedir.

Anahtar Kelimeler: Biyoremediasyon, Poliaromatik hidrokarbonlar (PAHs), Biyodegradasyon, *Bacillus sp.*

1. GİRİŞ

1.1. Poliaromatik Hidrokarbonlar (PAHs)

Tehlikeli kirleticiler listesinde yer alan Polisiklik Aromatik Hidrokarbon (PAHs)'lar, tam yanma göstermeyen fosil yakıtlardan ortaya çıkan petrol ve petrol türevi hidrokarbonlardır. PAHs'ların çevrede gün geçtikçe miktarının artması ve birikmesiyle oluşan kirlilik doğal dengenin bozulmasını etkileyerek biyolojik ekosistemlerin zamanla yok olmasına sebep olmaktadır (Telli-Karakoç ve ark., 2002; Li ve ark., 2006; Sprovieri ve ark., 2007). Poliaromatik hidrokarbonların yapısında ikiden fazla benzen halkası bulunabilir. Bu yapıdan dolayı hidrokarbonlar hidrofobik ve lipofilik bir yapıya sahip olurlar (Wsiclo, 1998; Zhang ve ark., 2006; Wang ve ark., 2010; Alver ve ark., 2012; Saygılı, 2012; Kılıç, 2015). Yağı seven yapılarından dolayı poliaromatik hidrokarbonlar yağda kolaylıkla çözülebilirken suyu sevmeyen yapılarından dolayı poliaromatik hidrokarbonların su üzerinde çözülümünün az olduğu ve su üzerinde birikerek su ekosistemlerini olumsuz şekilde etkilediği tespit edilmiştir (Saygılı, 2012).

Halk sağlığı açısından bakıldığında Londra’da Percivall Pott isimli bir cerrah St. Bartholomew’s Hospital’da 1775 yılında çalışırken baca temizleme işinde olan işçilerin derilerine nüfus eden baca isinden dolayı testis kanserine maruz kalmalarının nedenini PAHs’a bağlı olduğunu bildirmektedir. Çevresel faktörlerin kansere sebep olduğu ilk defa bu gözlem esnasında bahsedilmiştir. Pott’un yaptığı bu gözlemin doğruluğu yaklaşık 100 yıl sonra Bell ve Volkman tarafından insanlarda testis deri kanserine sebebiniyetini İşkoçya ve Almanya’da parafin endüstrilerinde çalışan insanlarda tespit etmeleri üzerine bu bilgi doğrulanmıştır (Luch ve Baird, 2005). Duman, is, katran ve yağ gibi kimyasallar hayvanlar ve insanlar üzerinde PAHs çalışmaları yapılırken tespit edilmiştir (Douben, 2003; Alver ve ark., 2012).

Fluorene, Naphtalene, Acenaphthylene, Acenaphthene, Pyrene, Phenanthrene, Fluoranthene, Anthracene, Benzo(a)pyrene, Chrysene, Benzo(k)fluoranthene, Benzo(a)anthracene, Benzo(b)fluoranthene, Dibenzo(a,h)anthracene, Benzo(g,h,i)perylene ve Indeno(1,2,3-c,d)pyrene olarak Çevre Koruma Ajansı (EPA) tarafından bu 16 hidrokarbon çevre kirletici olarak belirtilmiştir. Ekosistem üzerinde PAHs’ların olumsuz etkileri bulunmaktadır (Garcia, 1999).

2. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

2.1. Bakteri İzolasyonu

Bu çalışmada, PAHs ile kirlenmiş Kırşehir Lastik Fabrikası bölgesinden alınan toprak örneklerinden 12 adet bakteri izole edilmiştir.

Çizelge 1. Toprak Örneklerinin Alındığı Bölgeler

| Bölgeler Numarası | Numuneler | Alındığı Bölge |
|-------------------|--|---------------------------|
| 13.Bölge | YH.13.1, YH.13.2, YH.13.3, YH.13.4, YH.13.5, YH.13.6 | Kırşehir Lastik Fabrikası |
| 15.Bölge | YH.15.2, YH.15.3 | Kırşehir Lastik Fabrikası |
| 16. Bölge | YH.16.1, YH.16.4, YH.16.6, YH.16.7 | Kırşehir Lastik Fabrikası |

10’ar gram olarak tartılan toprak örnekleri; Petrol Rafinerisinden getirilen saf petrol ile oluşturulan 1 Litre oranı olan 1 g K₂HPO₄, 1 g KNO₃, 0,1 g CaCl₂, 0,2 g MgSO₄ ve 0,1 g NaCl içeren % 1 oranında Triton-X-100 emülsiför : ham petrol oranına sahip (1:1) besiyeri içine inoküle edilmiştir. İnoküle edilen toprak örnekleri 28⁰C’ de 180 dev/dak.’da 3 gün boyunca inkübe edilmiştir. Toplam 3 inkübasyon olmak üzere her 3 günde bir taze besiyerine aktarım gerçekleştirilmiştir. Son aşamada ise; farklı koloni şekli gösteren izolatlar saflaştırıldıktan sonra daha sonraki çalışmalarda kullanılmak üzere stok besiyerlerinde saklanılmıştır (Rojas-Avelizapa ve ark., 1999, Eraydın-Erdoğan, 2010).

2.2. İzolatların Moleküler Tanımlanması

Elde edilen saf kültürlerden Adıgüzel (2006) tarafından kullanılan DNA saflaştırma metodu ile DNA ekstraksiyonları gerçekleştirilmiştir. İzolatların tanımlanması için önemli olan 16S rRNA bölge primerleri PCR ile çoğaltılarak elde edilmiştir (Orhan 2013). PCR işlemi için; numuneler 2 dakika ön denatürasyon için 95 ⁰C’ de, ardından 1 dakika için 94 ⁰C’ de 36 döngü olacak şekilde denatürasyon, 1 dakika 54⁰C’ de bağlanma, 2 dakika uzama basamakları için 72⁰C’ de ve 5 dakika 72⁰C’de uzama basamağından oluşan sistem şeklinde PCR termal cihazına yerleştirilmiş ve hedef bölgelerin çoğaltılması gerçekleştirilmiştir (Orhan, 2013). PCR çalışmasından sonra elektroforez aşamasında 16S rRNA örnekleri marker için Sigma D-7058 kullanılmıştır. Daha sonraki aşamada ise; Ethidium Bromür boyaması yapılan DNA bantları görüntülenmiş ve DNR Bioluminescence System Software sisteminde analiz

edilmiştir (Orhan 2013). 16S rDNA PCR yöntemi ile çoğaltılan 16S rRNA gen bölgesinin dizilerinin analizi Macrogen firması ile gerçekleştirilmiştir.

3. BULGULAR

Endüstriyel atıklarla kirlenmiş Lastik Fabrikası bölgesinden 12 adet bakteri izole edilmiştir. Bu izolatlardan 11 adet izolatın tür bazında moleküler tanımlaması için 16s rRNA baz dizileri tespit edilmiştir. Ancak bir tür tanımlanamamıştır. Elde edilen 16S rDNA dizileri Gen Bankasında kayıtlı olan bakteri dizileri ile karşılaştırılmıştır (<http://blast.ncbi.nlm.nih.gov/blast.cgi>). Kıyaslanma sonucunda benzerlik oranları tespit edilip gen bankası kabul numarası alınmıştır Elde edilen sonuçlardan 5 farklı *Achromobacter*, *Massilia*, *Bacillus*, *Staphylococcus* ve *Azospirillum* genuslarına ait türler tespit edilmiştir. Analiz sonuçlara göre benzerlik oranı, baz sayısı, tür adı ve gen bank numaraları Çizelge.1’de gösterilmiştir.

Çizelge 2. İzolatların 16S rRNA BLAST Sonuçları

| KOD | Tanı | Baz Sayısı | Benzerlik % | Genbank No |
|---------|-----------------------------------|------------|-------------|------------|
| YH.13.1 | <i>Achromobacter xylosoxidans</i> | 1380 | 100 | KY010276 |
| YH.13.2 | <i>Massilia alkalitolerans</i> | 1382 | 99 | KY010277 |
| YH.13.3 | <i>Bacillus simplex</i> | 1399 | 100 | KY010278 |
| YH.13.4 | <i>Massilia alkalitolerans</i> | 1364 | 99 | KY010279 |
| YH.13.5 | <i>Bacillus simplex</i> | 1421 | 99 | KY010280 |
| YH.13.6 | Tanımlanmamıştır | - | - | - |
| YH.15.2 | <i>Staphylococcus sp.</i> | 1422 | 100 | KY010281 |
| YH.15.3 | <i>Azospirillum brasilense</i> | 1303 | 99 | KY010282 |
| YH.16.1 | <i>Massilia alkalitolerans</i> | 1352 | 99 | KY010283 |
| YH.16.4 | <i>Azospirillum brasilense</i> | 1015 | 100 | KY010284 |
| YH.16.6 | <i>Azospirillum brasilense</i> | 1017 | 99 | KY010285 |
| YH.16.7 | <i>Azospirillum brasilense</i> | 1329 | 98 | KY010286 |

4. GENEL DEĞERLENDİRME VE SONUÇLAR

Günümüzde biyoremediasyon çalışmaları için kullanılan mikroorganizmaların literatür çalışmasına katkı sağlanmıştır. Ülke ekonomisi için katma değeri yüksek mikroorganizmaların tespit edilmesiyle biyoremediasyon çalışmalarına katkı sağlayacağı değerlendirilmektedir.

Teşekkür: Bu çalışma Ahi Evran Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri No: PYO-FEN.4001/1.16.009 kapsamında desteklenmiştir.

KAYNAKÇA

- Alver, E., Demirci, A., Özçimder, M. Polisiklik Aromatik Hidrokarbonlar ve Sağlığa Etkileri, Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi, 3 (1), 2012.
- Douben, P.E.T. Pahs: An Ecotoxicological Perspective. Introduction, 1–6, 2003.
- Eraydın-Erdoğan, E. *Petrol İle Kirlenmiş Toprakların Biyolojik Olarak İyileştirilmesinin Laboratuvar Koşullarında Denenmesi*, Doktora Tezi, Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 2010.
- Garcia, T. Polycyclic Hydrocarbons from Coal Atmospheric Fluidised Bed Combustion, Organic Atmospheric Pollutants, (AFBC), 1(2), 1999.
- Kılıç, S. *İstanbul Haliç'i Midye ve Sediment Örneklerinde PAH Düzeylerinin Araştırılması*, Yüksek Lisans Tezi, Kocaeli Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kocaeli, 2015.
- Li G.; Xia X.; Yang Z.; Wang R.; Voulvoulis N. Distribution and Sources of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons in The Middle and Lower Reaches of The Yellow River, Environmental Pollution, China, 144, 2006.
- Orhan, F. *Doğu Anadolu Bölgesindeki Tuzlu Topraklardan İzole Edilen Tuza Dayanıklı Bakterilerin Moleküler Karakterizasyonu*, Doktora Tezi, Atatürk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Erzurum, 2013.
- Rojas-Avelizapa N.G.; Rodriguez-Vazquez R.; Enriquez-Villanueva F.; Martinez-Cruz J.; Poggi-Varaldo, H. M. Transformer Oil Degradation by An Indigenous Microflora Isolated from A Contaminated Soil, Resources, Conservation and Recycling, 27, 1999.
- Sprovieri, M.; Feo, M. L.; Prevedello, L.; Manta, D. S.; Sammartino, S.; Tamburrino, S.; Marsella E. Heavy Metals, Polycyclic Aromatic Hydrocarbons and Polychlorinated Biphenyls in Surface Sediments of The Naples Harbour, Chemosphere, Southern Italy, 67, 2007.
- Saygılı, B. *Asenaften ve Floren Biyoparçalama Kapasitesindeki Mikroorganizmaların İzolasyonu, Tanılanması ve Parçalama Etkinliklerinin Araştırılması*, Yüksek Lisans Tezi, Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir, 2012.
- Telli-Karakoç, F.; Tolun, L.; Henkelmann, B.; Klimm, C.; Okay, O.; Schramm, K.W. Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (PAHs) and Polychlorinated Biphenyls (Pcbs) Distributions in The Bay of Marmara Sea: Izmit Bay. Environmental Pollution, 119, 2002.
- Wang, X. Y.; Li, Q. B.; Luo, Y. M.; Ding, Q.; Xi, L. M.; Ma, J. M.; Cheng, C. L. Characteristics and Sources of Atmospheric Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (PAHs) in Shanghai, Environmental Monitoring and Assessment, China, 165(1-4), 2010.
- Weislo, E. Soil Contamination with Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (PAHs) in Poland - A Review, Polish Journal of Environmental Studies, 7(5), 1998.

Zhang, J. L. G.; Li, X. D.; Qi, S. H.; Liu, G. Q.; Peng, X. Z. Source Seasonality of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (PAHs) in Subtropical City, Science of The Total Environment, Guangzhou, South China, , 55(1-3), 2006.

RAFİNERİ BÖLGESİNDEN İZOLE EDİLEN BAKTERİLERİN ÇİNKO DİRENÇLİLİKLERİNİN BELİRLENMESİ

Öğr. Gör. M. Yunus Emre KARAMAN

Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi, Teknik Bilimler Meslek Yüksek Okulu, KARAMAN,
0000-0001-9229-8358

Prof. Dr. Hatice ÖĞÜTCÜ

Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, KIRŞEHİR, - 0000-0001-7100-9318

ÖZET

Canlılığın oluşumunda eser element olarak bildiğimiz çinko miktarsal olarak arttığında canlılık için bir toksik etki oluşturmaktadır. Bu tehlike miktarı biyoremediasyon yöntemlerinde kullanılan organizmaların yaşamsal faaliyetlerini kısıtlamakta hatta diğer mikroorganizmaların ekosistemden yok olmasına sebebiyet vermektedir. Poliaromatik hidrokarbonlar ekosistemde kirletici unsur bakımından kompleks bileşiklerdir. Bu bileşikler toprağın strüktüründe bulunan mikroorganizmalar için bir oksijen kesici ortam oluşturmasıyla toprağın derinliklerine kadar bir verimsizlik meydana gelmektedir. Petrol ve petrol türevi hidrokarbonları parçalayan organizmalar ortamda bulunan maddelerin yoğunluğuna göre belirli seviyede biyolojik parçalama aktivitesi gösterebilmektedir. Biyoçözünürlüğün artması için degradasyon yapan mikroorganizmaların optimum ağır metal dirençlerinin bulunması da bu organizmalar için daha etkili biyoremediasyon çalışmalarının yapılmasında etkili olacaktır.

Bu çalışmada; petrol ve petrol türevlerinin yoğun bulunduğu Mersin Rafineri bölgesinde eski doldurma ve boşaltma silolarından alınan toprak örneklerinden biyodegradasyon yapan bakterilerin izolasyonları gerçekleştirilmiştir. Toplamda 18 adet bakteri izole edilmiş ve izolatların ağır metal dirençlilikleri $ZnSO_4 \cdot 7H_2O$ tuzunun 5mM, 10mM, 15mM ve 20mM konsantrasyonları agar well difüzyon metodu kullanılarak belirlenmiştir.

Çalışma sonucunda; 18 adet izolatın bütün konsantrasyonlara dirençli olan 4 izolat belirlenirken duyarlı olan 11 adet izolat tespit edilmiştir. Sonuç olarak elde edilen izolatlardan en yüksek çinko konsantrasyonunda bile biyodegradasyon yapabilme yeteneğine sahip 4 izolat elde edilmiştir. Bu izolatların daha sonraki biyoremediasyon çalışmalarında yoğun ağır metal konsantrasyonlarının olduğu topraklarda bile etkili bir parçalama özelliği göstereceği değerlendirilmektedir. Teşekkür: Bu çalışma Ahi Evran Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri No: PYO-FEN.4001/1.16.009 kapsamında desteklenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Biyoremediasyon, Biyodegradasyon, Ağır Metal, Çinko

1. GİRİŞ

Çinko metalinin üretimi hakkında kesin bilgi olmamasına rağmen çinko bakır bazlı alaşımların kompleks cevherlerden üretimi esnasında ortaya çıkmaktadır. Çinlilerin ve Hindistanlıların M.Ö. 1000' li yıllarda metalik çinko ürettikleri düşünülmektedir. Çinko korozyondan iyi bir şekilde koruduğu için çok fazla tercih edilmektedir. Çin beyazı veya Çinko beyazı olarak adlandırılan çinko oksit (ZnO) boya pigmenti olarak kullanılmaktadır. Bunların dışında kauçuk sanayisinde, bronz, demir, kağıt, cam, akü ve fungusit üretiminde de kullanılmaktadır. Tıp alanında insülin preparatlarında, dermal ürünlerde ve antiseptik ürünlerde kullanılmaktadır (Özdemir 2008, Vural 1993).

Çinko konsantrasyonları yüksek seviyelere çıktığında mikroorganizmaların elektron taşıma sistemi için inhibitör etki gösterdiği tespit edilmiştir. Co, Cd, Ni, Hg, Cu ve Pb gibi diğer metallerle oranla inhibitör etkilerinin daha düşük olduğu tespit edilmiştir (Choudhury ve Srivasta 2001, Özdemir 2008).

Çinkonun yağ, protein, karbonhidrat ve nükleik asit sentezinde, gelişimde, yumurta olgunlaşmasında, deri bütünlüğünün sağlanması ve yara iyileşmesi gibi görevlere sahip olduğu tespit edilmiştir. DNA molekülüne bağlı proteinlerin temel bileşimini oluşturmaktadır. Çinko tRNA sentetaz enziminde önemli bir yere sahiptir. Apoptozisin çinko eksikliğinde meydana geldiği tespit edilmiştir. Çinkonun diğer (Cd, Hg, Pb ve Sn) ağır metallerin zehirleyici etkilerini azalttığı tespit edilmiştir (Glasfeld ve Schimmel 1997, Özdemir 2008). Bir yandan esansiyel etkiye sahip olan çinko büyük miktarlara ulaştığında canlılar için toksit etki meydana getirmekte ve ekosistemleri yok etmeye başlamaktadır.

2. MATERYAL ve METOD

2.1. Bakteri İzolasyonu

Bu çalışmada Mersin Rafineri Bölgesinden toprak örnekleri alınmıştır. Alınan toprak örneklerinin bölge ve numune numaraları Çizelge 1. de verilmiştir.

Çizelge 1. Toprak Örneklerinin Alındığı Bölgeler

| Bölgeler Numarası | Numuneler | Alındığı Bölge |
|-------------------|---|--------------------|
| 9.Bölge | YH.9.1, YH.9.2, YH.9.4, YH.9.5, YH.9.6, YH.9.7, YH.9.8, YH.9.9, YH.9.12 | Rafineri Eski Silo |
| 10.Bölge | YH.10.1, YH.10.2, YH.10.3, YH.10.5, YH.10.6, YH.10.7, YH.10.8, YH.10.11, YH.10.12 | Rafineri Eski Silo |

10'ar gram olarak tartılan toprak örnekleri Ali Ağa Petrol Rafinerisinden getirilen saf petrol ile oluşturulan 1 Litre oranı olan 1 g K₂HPO₄, 1 g KNO₃, 0,1 g CaCl₂, 0,2 g MgSO₄ ve 0,1 g NaCl içeren % 1 oranında Triton-X-100 emülsiför : ham petrol oranına sahip (1:1) besiyeri içine inoküle edilmiştir. İnoküle edilen toprak örnekleri 28°C' de 180 dev/dak.'da 3 gün boyunca inkübe edilmiştir. Toplam 3 inkübasyon olmak üzere her 3 günde bir taze besiyerine aktarım gerçekleştirilmiştir. Bu sayede PAHs parçalama özelliğinde olan bakterilerin izolasyonu gerçekleştirilmiştir. Son aşamada ise; farklı koloni şekli gösteren izolatlar saflaştırıldıktan sonra çalışmalarda kullanılmak üzere stok besiyerlerinde saklanılmıştır (Rojas-Avelizapa ve ark., 1999, Eraydın-Erdoğan, 2010).

2.2. İzolatların Ağır Metal Dirençlilik Düzeylerinin Belirlenmesi

İzole edilen bakterilerin ağır metal dirençliliklerinin belirlenmesi amacıyla agar well difüzyon metodu kullanılmış ve oluşan zon çapları ölçülmüştür (Nithya ve ark 2011). Yapılan ön denemelerde konsantrasyonlarının düşük olmasından dolayı bakterilerin dirençli oldukları görülerek konsantrasyonların belirli oranda artırılmasına karar verilmiş olup bu sayede daha etkili sonuçlar ortaya çıkmaktadır. Geniş bir spektrum aralığı olarak oluşturulan ağır metal konsantrasyonu 5mM, 10 mM, 15 mM ve 20 mM olarak belirlenmiştir. Ağır metal olarak seçilen çinko saf olarak değil $ZnSO_4 \cdot 7H_2O$ olarak kullanılmıştır. Çalışma sonuçlarının kıyaslanabilmesi için kontrol mikroorganizması olarak *Pseudomonas aeruginosa* ATCC 27853 standart suşu kullanılmıştır.

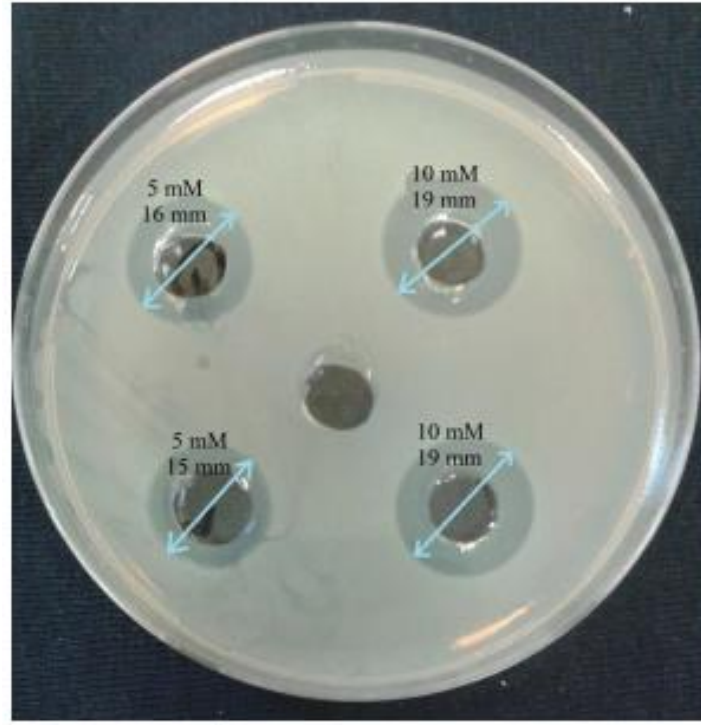
İzolatlar Müeller Hinton Agar'a inoküle edilmiş daha sonra besiyerinde kuyucuklar steril metal aparat yardımıyla açılmış ve ortada olan kuyucuk kontrol için kullanılmıştır. Kontrol amacıyla çözücü madde olarak steril distile su kullanılmıştır. Ağır metal konsantrasyonları uygulanmış (5mM, 10 mM, 15 mM ve 20 mM) petriler 24 saat boyunca 37°C'de inkübe edilmiştir. En son aşamada ise; inkübasyon sonucunda elde edilen zon çapları ölçülerek kontrol suşu ile kıyaslanmıştır (Temiz 2010).

3. BULGULAR

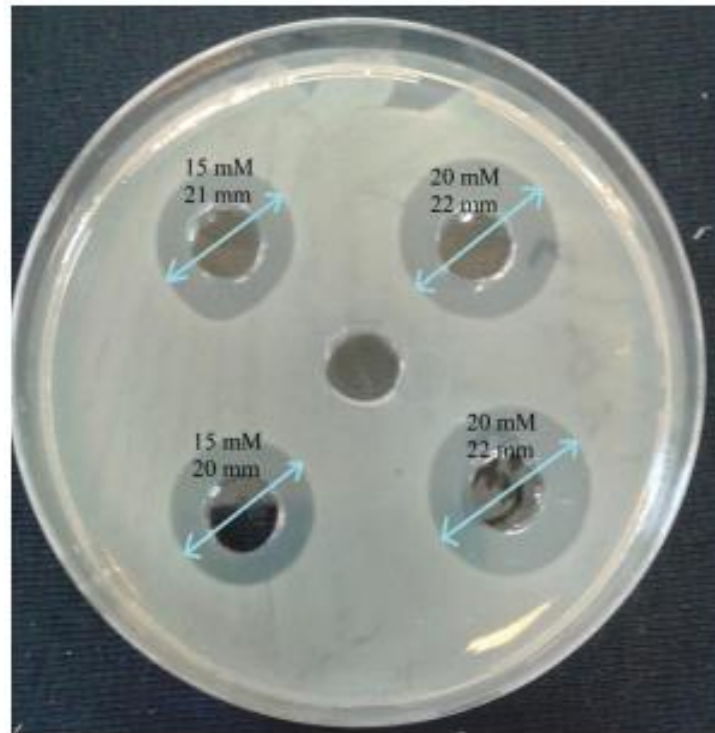
Toprak örneklerinden 18 adet bakteri izolasyonu gerçekleştirilmiş ve izolatların çeşitli konsantrasyonlara farklı direnç gösterdikleri tespit edilmiştir. İzolatların çinko ağır metale dirençlilikleri incelendiğinde (zon çaplarına göre); YH.9.1, YH.9.2, YH.9.4, YH.9.5, YH.9.9, YH.9.12, YH.10.1, YH.10.2, YH.10.3, YH.10.8, YH.10.11 no'lu izolatların bütün konsantrasyonlara duyarlı olduğu belirlenirken YH.9.6, YH.10.6, YH.10.7, YH.10.12 no'lu izolatların bütün konsantrasyonlara dirençli olduğu tespit edilmiştir. Bunların dışında YH.9.8 ve YH.10.5 nolu izolatlar 5mM için direnç gösterirken diğer konsantrasyonlar için duyarlı olduğu belirlenmiştir (Çizelge 2).

Çizelge 2. İzolatların Çinko Dirençlilikleri

| $ZnSO_4 \cdot 7H_2O$ | 5mM | 10mM | 15mM | 20mM |
|----------------------|-----|------|------|------|
| YH 9-1 | S | S | S | S |
| YH 9-2 | S | S | S | S |
| YH 9-4 | S | S | S | S |
| YH 9-5 | S | S | S | S |
| YH 9-6 | R | R | R | R |
| YH 9-7 | R | R | R | S |
| YH 9-8 | R | S | S | S |
| YH 9-9 | S | S | S | S |
| YH 9-12 | S | S | S | S |
| YH 10-1 | S | S | S | S |
| YH 10-2 | S | S | S | S |
| YH 10-3 | S | S | S | S |
| YH 10-5 | R | S | S | S |
| YH 10-6 | R | R | R | R |
| YH 10-7 | R | R | R | R |
| YH 10-8 | S | S | S | S |
| YH 10-11 | S | S | S | S |
| YH 10-12 | R | R | R | R |



Görsel 1. YH.10.3 nolu izolatın 5mM ve 10mM çinko dirençliliği



Görsel 2. YH.10.3 nolu izolatın 15mM ve 20mM çinko dirençliliği

4. GENEL DEĞERLENDİRME VE SONUÇLAR

Ağır metaller ile kontamine olan toprakların iyileştirilip düzenlenmesinde kullanılan maliyeti oldukça yüksek çok sayıda teknoloji bulunmaktadır. Bu yüzden günümüzde topraktaki ağır metallerin mikrobiyolojik yolla giderilmesi önem kazanmaktadır. Sonuç olarak bütün konsantrasyonlara direnç gösteren izolatların çinko ağır metali ile kirlenmiş topraklarda biyoremediasyon çalışmalarında etkili olacağı değerlendirilmektedir. Ayrıca mikrobiyolojik yolla yapılan bu yöntemin ekosistem dengesi gelişimine katkıda bulunacağı düşünülmektedir.

KAYNAKÇA

Choudhury R. ve Srivastava S., Zinc Resistance Mechanisms in Bacteria, Curr. Sci. 81, 2001.

Eraydın-Erdoğan, E. *Petrol ile Kirlenmiş Toprakların Biyolojik Olarak İyileştirilmesinin Laboratuvar Koşullarında Denenmesi*, Doktora Tezi, Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 2010.

Glasfeld E. ve Schimmel P. Zinc-Dependent Trna Binding by A Peptide Element Within A Trna Synthetase, Biochemistry, 36, 1997.

Mccall K.A.; Huang C.; Fierke C.A. Function and Mechanism of Zinc Metalloenzymes, Journal of Nutrition, 130, 2000.

Nithya, C.; Gnanalakshmi, B.; Pandian, S. K. Assessment and Characterization of Heavy Metal Resistance in Palk Bay Sediment Bacteria, Marine Environmental Research, 71, 2011.

Özdemir, S. *Ağır Metallerin Değişik Termofilik Bakterilerdeki Akümüasyonu, Biyosorbsiyonu ve Çevre Biyoteknolojisinde Kullanımı Üzerine Çalışmalar*, Doktora Tezi, Dicle Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Diyarbakır, 2008.

Rojas-Avelizapa N.G.; Rodriguez-Vazquez R.; Enriquez-Villanueva F.; MartinezCruz J.; Poggi-Varaldo, H. M. Transformer Oil Degradation by An Indigenous Microflora Isolated from A Contaminated Soil, Resources, Conservation and Recycling, 27, 1999.

Vural H. Ağır Metal İyonlarının Gıdalarda Oluşturduğu Kirlilikler, Çevre Dergisi, 8, 1993.

Temiz, A. Genel Mikrobiyoloji Uygulama Teknikleri, Hatipoğlu Yayıncılık, Ankara, 277, 2010.

ECOLOGICAL AND TAXONOMICAL INVESTIGATION OF THE BIODIVERSITY OF ALGAE IN CUMALI THERMAL SPRING (SEFERİHİSAR-İZMİR)

Doç. Dr., Sevilay ÖZTÜRK

Manisa Celal Bayar University, seviozturk@yahoo.com - ORCID ID 0000-0002-3436-0472

ABSTRACT

The province of Izmir, located in the western of Turkey characterized by tectonic activities, is abundant in thermal springs. Cumalı Thermal Springs, situated in the Seferihisar district of Izmir province, have been utilized for health-related purposes. A total of 42 samples were collected from 12 thermal water points at Cumalı Thermal Springs. In addition, in-situ measurements of water temperature and pH values were conducted at 3 different sampling points, and water samples were taken for ex-situ measurements (Sodium, Potassium, Calcium, Magnesium, Carbonate, Bicarbonate, Chloride, Sulfate). The Cumalı Thermal Springs consist of numerous thermal points with temperatures ranging from 45-70 °C and pH 6-6.5. They contain high levels of sodium chloride, iron, and free carbon dioxide. The most significant feature that distinguishes Cumalı Thermal Springs from the others in the region is the very high total mineralization rate. As a result of taxonomic examinations, a total of 22 algae were identified in the thermal springs of Cumalı, including 17 Cyanobacteria and 5 Diatom taxa. It was observed that the taxon *Kamptonema okenii* (C.Agardh ex Gomont) Strunecký, Komárek & J. Smarda, which is a common taxon in high-mineral content thermal springs, formed substantial clusters in the sampling areas of Cumalı. A statistical analysis conducted with Canoco to determine the ecological preferences of the taxa revealed a positive relationship between the taxa and the thermal water. Furthermore, among the identified species, *Anagnostidinema amphibium* (Gomont) Strunecký, Bohunická, J.R.Johansen & Komárek, is one of the promising taxon for biodiesel production and pigment extraction.

Key Words: Algal flora, thermal springs, ecological approach.

1. INTRODUCTION

Türkiye is geographically located on large continental fractures. The western part of the country, in particular, is characterized by numerous short near-surface fault lines. Along these short fault lines in the western regions, there are numerous thermal springs. Due to their proximity to the surface, these thermal springs can be affected by occasional earthquakes, leading to changes in the flow rate of the escaping water. Despite the relatively short distances between these thermal springs, the chemical composition of thermal waters varies in this region due to the distinct geological rock structures.

Algae is an ecological term used to describe aquatic photosynthetic creatures and includes various unrelated groups. Since algae living in thermal waters are thought to resemble the oldest life forms on earth, these algae are valuable as a source of thermostable biomolecules (Singh et al. 2018).

Research on the biodiversity of algae inhabiting thermal springs in Türkiye dates to 1937 (Regel & Skuja, 1937). While there were no studies on this subject until 1966, research on thermal algae gained momentum in Türkiye in the early 2000s (Öztürk, 2021).

Identifying algae that thrive in thermal waters can pave the way for substantial biotechnological advancements. Particularly, high temperatures and high salinity present extreme conditions for living organisms. To adapt to these environments, thermal algae possess distinct enzymes, proteins, storage products, and more when compared to other groups. Recognizing these species inhabiting thermal waters constitutes the initial step in comprehending the potential biotechnological opportunities they may offer in the future. After the identification of algae in thermal habitats, enzymes, proteins and pigments obtained from these algae are considered as biotechnological resources (Singh et al. 2018). In addition, many of the active compounds produced by algae (a wide variety of chemical molecules such as alkaloids, fatty acids, porfinoids, peptides, terpenoids, polyketides, etc.) have been found to be anti-microbial, anti-viral, anti-inflammatory and anti-cancer agents (Crnkovic et al. 2018).

The aim of the study was to determine the biodiversity of algae in Cumalı thermal spring (Seferihisar, İzmir). In this context, results from ecological and taxonomic examination methods were utilized to assess algal biodiversity. Furthermore, in-situ and ex-situ measurements were conducted to ascertain the physicochemical properties of Cumalı thermal spring.

The aim of this study is to reveal the algae and their ecological demands in the Cumalı thermal spring, which has been used in health tourism for many years and has high mineralization. It is planned to create a bioresource for biotechnological studies with thermal algae.

2. MATERIALS AND METHODS

In this study, many sampling sites with different characteristics were selected from Cumalı thermal springs. A total of 42 samples were collected from 12 thermal water points at Cumalı Thermal Spring (Figure 1). Algae samples were collected August, September, and October 2023. Collected algae samples were placed in sterile Eppendorf tubes and labelled. The samples brought to the laboratory were examined directly. Olympus BX 50 (phase-contrast) microscope was used for taxonomic examination. Sony DSC-TX7 camera was used to photograph algae taxa.



Figure 1. Cumalı thermal spring and sampling points.

In addition, measurements of water were conducted at 3 different sampling points. In-situ measurements of water temperature, pH, and conductivity using a Hanna HI 9812-5 Portable Meter (Europa-Romania). Thermal water samples were collected in one liter glass bottles for ex-situ measurements. Three thermal water bottles labelled and transported to the laboratory. Sodium (Na), Potassium (K), Calcium (Ca), Magnesium (Mg), Bicarbonate (HCO_3), Chloride (Cl), Sulfate (SO), and Iron (Fe) values were measured.

Komárek & Anagnostidis (2000, 2005), John et al (2002), and Komárek (2013) referencing were used to identify species in the taxonomic examination of algal species. Nomenclature validation was performed using the AlgaeBase database (Guiry & Guiry, 2023).

Statistical analysis was performed with Canoco 5.0 software for Windows (Ter Braak & Smilauer, 2012) to determine the ecological preferences of taxa. To begin, a Detrended Correspondence Analysis (DCA) was conducted to ascertain the gradient length and determine the most appropriate model (linear or unimodal) for the gradient under investigation. Based on the DCA outcomes, it was evident that the provided data was conducive for subsequent Canonical Correspondence Analysis (CCA).

3. RESULTS AND DISCUSSION

The measurement results for water parameters from various sampling points are presented in Table 1 as mean values. According to these measurements, Cumalı thermal water is found to contain high levels of sodium chloride and iron. The results indicate that the thermal source is alkaline (pH 6 - 6.5), with an average temperature of 50°C. Despite the presence of numerous thermal water outlets in the region, what sets Cumalı Thermal Springs apart from the others is

its exceptionally high total mineralization rate, which can explain the limitation in algae biodiversity.

Table 1. The physicochemical parameters of Cumali thermal spring.

| Analysis | Results | Analysis Methods |
|--------------|-----------|-------------------------|
| pH | pH 6.55 | in-situ |
| Conductivity | Con 38.4 | ds/m |
| Temperature | T 45-70 | °C |
| Sodium | Na 205 | me Na/L |
| Potassium | K 97 | me K/L |
| Calcium | Ca 36 | me Ca/L |
| Magnesium | Mg 15.99 | me Mg/L |
| Chloride | Cl 339.48 | me Cl/L |
| Bicarbonate | HCO 10.72 | me CaCO ₃ /L |
| Sulfate | SO 3.79 | me SO ₄ /L |
| Iron | Fe 980 | µg Fe/L |

In the course of an ecological and taxonomical investigation into algae biodiversity, a total of 22 algae species were identified in Cumalı thermal springs, including 17 cyanobacteria and 5 diatom taxa (Table 2). The identification of these algae taxa was based on their morphological characteristics as established in previous studies (Figure 2). Typically, as observed in algae studies within thermal waters, Cyanobacteria stands out as the dominant group. Within the Cyanobacteria taxa, the Oscillatoriales order is represented by 11 taxa, the Chroococcales order by 5 taxa, and the Nostocales order by a single taxon (Figure 3). The most abundant taxon was *Spirulina major* Kützing ex Gomont, which was found to dominate nearly all the algae samples (Figure 2). It's worth noting that *Spirulina* and *Pseudanabaena* taxa, commonly detected in this study, have been frequently observed in algae identification studies conducted in other thermal waters as well (Heidari et al., 2013; Roy et al., 2015). Furthermore, the taxon *Kamptonema okenii* (C.Agardh ex Gomont) Strunecký, Komárek & J. Smarda, which is a common taxon in high-mineral content thermal springs, formed substantial clusters in the sampling areas of Cumalı (Öztürk, 2021).

Table 2. The biodiversity of algae in Cumali thermal spring.

| Cyanobacteria |
|---|
| 1. <i>Anagnostidinema amphibium</i> (Gomont) Strunecký, Bohunická, J.R.Johansen & Komárek |
| 2. <i>Chroococcus membraninus</i> (Meneghini) Nägeli |
| 3. <i>Chroococcus</i> sp. |
| 4. <i>Chroococcus thermalis</i> (Meneghini) Nägeli |
| 5. <i>Geitlerinema thermale</i> Anagnostidis |
| 6. <i>Gomphosphaeria natans</i> Komárek & Hindák |
| 7. <i>Kamptonema okenii</i> (C.Agardh ex Gomont) Strunecký, Komárek & J.Smarda |
| 8. <i>Kamptonema cortianum</i> (Meneghini ex Gomont) Strunecký, Komárek & J.Smarda |
| 9. <i>Komvophoron</i> cf. <i>jovis</i> (J.J.Copeland) Anagnostidis & Komárek |

10. *Komvophoron* sp.
11. *Oscillatoria ornata* Kützing ex Gomont
12. *Petalonema velutinum* Migula
13. *Planktothrix isothrix* (Skuja) Komárek & Komárková
14. *Pseudanabaena* sp.
15. *Snowella* sp.
16. *Spirulina major* Kützing ex Gomont
17. *Spirulina tenuior* (Lagerheim) Kirchner

Bacillariophyceae

18. *Fragillaria* sp.
19. *Navicula* sp. 1
20. *Navicula* sp. 2
21. *Nitzschia* sp.
22. *Pinnularia* sp.

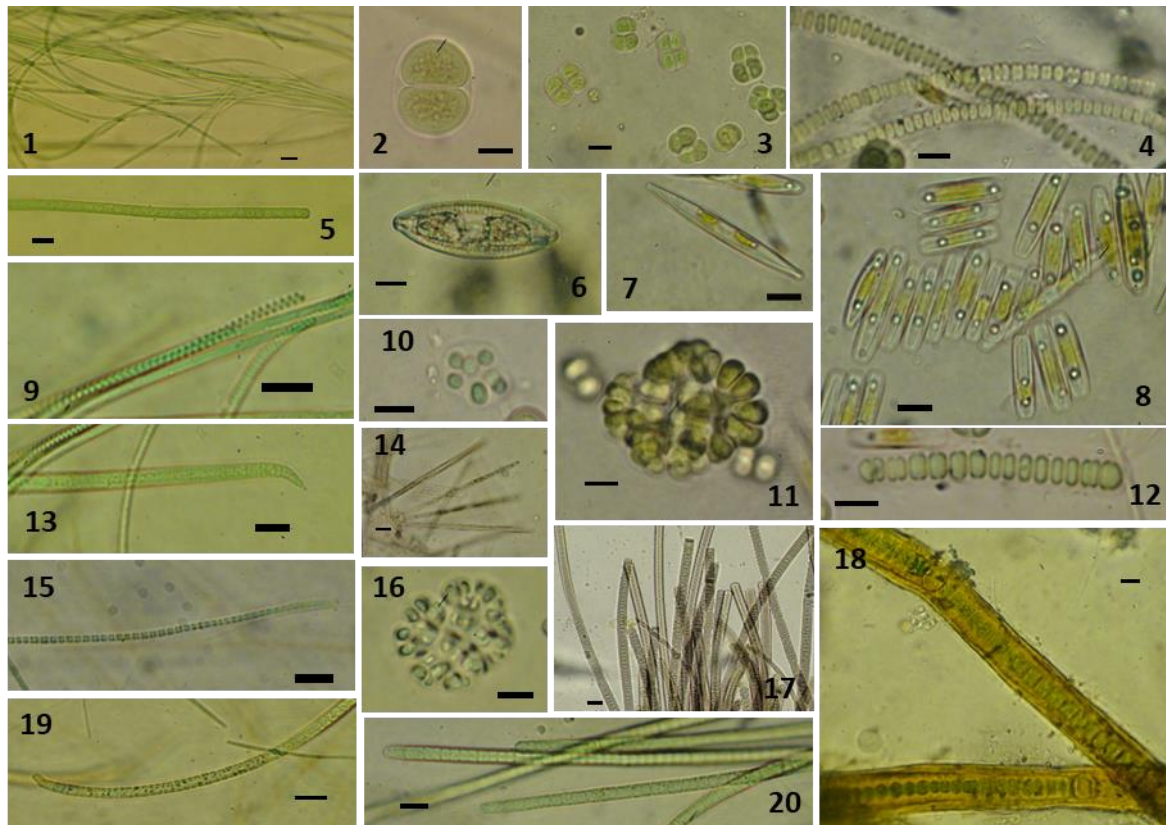


Figure 2. The biodiversity of algae in Cumali thermal spring, scales 10 µm. (1- *Anagnostidinema amphibium*, 2-*Chroococcus thermalis*, 3-*Chroococcus membraninus*, 4- *Komvophoron* sp., 5-*Planktothrix isothrix*, 6-*Navicula* sp. 1, 7- *Nitzschia* sp., 8-*Pinnularia* sp., 9- *Spirulina major*, 10- *Chroococcus* sp., 11-*Gomphosphaeria natans*, 12-*Komvophoron* cf. *jovis*, 13- *Geitlerinema thermale*, 14-*Fragillaria* sp., 15-*Pseudanabaena* sp., 16-*Snowella* sp., 17- *Oscillatoria ornata*, 18-*Petalonema velutinum*, 19- *Kamptonema okenii*, 20- *Kamptonema cortianum*)

The relationships between thermal water parameters and these taxa were investigated using Canoco 5.0 software for Windows. Initially, Detrended Correspondence Analysis (DCA) was conducted, revealing a total variation of 0.56856, with the first two axes explaining 78.09% of

the variance. Subsequently, a statistical analysis was performed using Canoco 5.0, employing Canonical Correspondence Analysis (CCA) to evaluate the ecological preferences of these taxa. The CCA diagram in Figure 4 illustrates the relationship between the algae taxa and the measurements of thermal water.

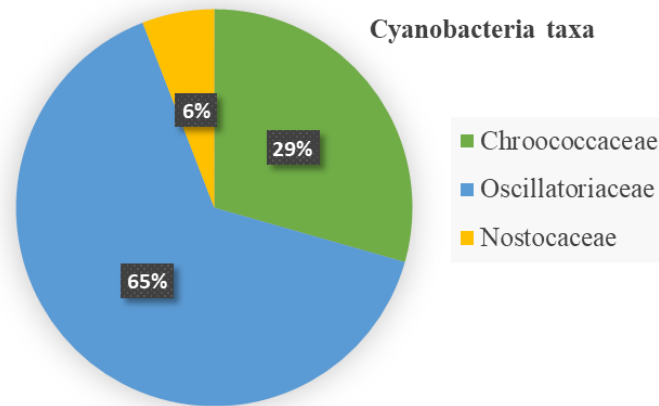


Figure 3. Distribution of Cyanobacteria taxa identified in the Cumalı thermal spring.

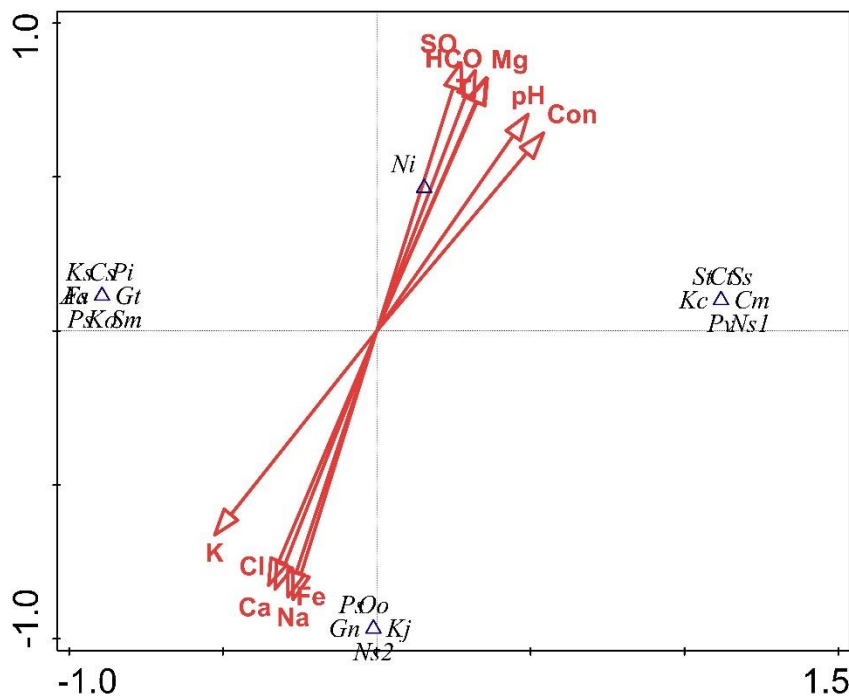


Figure 4. CCA diagram showing the relationship between the algae taxa (with triangle) and the physicochemical parameters of Cumalı thermal spring (with arrow) [the Cyanobacteria taxa code: Aa: *Anagnostidinema amphibium*, Cm: *Chroococcus membraninus*, Cs: *Chroococcus* sp., Ct: *Chroococcus thermalis*, Gt: *Geitlerinema thermale*, Gn: *Gomphosphaeria natans*, Ko: *Kamptonema okenii*, Kc: *Kamptonema cortianum*, Kj: *Komvophoron cf. jovis*, Ks: *Komvophoron* sp., Oo: *Oscillatoria ornata*, Pv: *Petalonema velutinum*, Pi: *Planktothrix isothrix*, Ps: *Pseudanabaena* sp., Ss: *Snowella* sp., Sm: *Spirulina majör*, St: *Spirulina tenuior*, Fs: *Fragillaria* sp., Ns1: *Navicula* sp. 1, Ns2: *Navicula* sp. 2, Ni: *Nitzschia* sp., Ps: *Pinnularia* sp.] T: temperature, Con: Conductivity, Na: Sodium, K: Potassium, Ca: Calcium, Mg: Magnesium, Cl: Chloride, HCO: Bicarbonate, SO: Sulfate, Fe: Iron]

Due to the intolerance of many taxa to high temperatures, thermal springs represent extreme habitats for living organisms, creating unique ecological niches (Öztürk Ulcay & Kurt, 2017). Considering that several taxa cannot thrive in elevated temperatures, thermal springs serve as extreme environments for organisms, fostering distinctive ecological niches. Following the identification of algae in thermal habitats, the enzymes, proteins, and pigments obtained from these algae hold promise as biotechnological resources (Singh et al. 2018). Therefore, identifying the species residing in these habitats carries biotechnological significance. Moreover, among the species identified in this study, *Anagnostidinema amphibium* (Gomont) Strunecký, Bohunická, J.R.Johansen & Komárek, emerges as a promising taxon for biodiesel production and pigment extraction. Consequently, the biodiversity of algae in thermal habitats should be further explored.

REFERENCES

- [1] Crnkovic, C.M., May, D.S., Orjala, J. The impact of culture conditions on growth and metabolomic profiles of freshwater cyanobacteria. *J Appl Phycol* 30, 375–384, 2018. <https://doi.org/10.1007/s10811-017-1275-3>
- [2] Guiry, M.D., & Guiry, G.M. (2023, October 21). AlgaeBase. World-wide electronic publication, National University of Ireland, Galway. <https://www.algaebase.org>
- [3] Heidari, F., Riahi, H., Yousefzadi, M., & Shariatmadari, Z. Morphological and phylogenetic diversity of cyanobacteria in four hot springs of Iran. *Iranian Journal of Botany*, 19(2), 162–172, 2013. <https://doi.org/10.1029/TR025i006p00914>
- [4] John, D. M., Whitton, B. A., & Brook, A. J., *The Freshwater Algal Flora of The British Isles*. Cambridge University Press, 2002.
- [5] Komárek, J. & Anagnostidis, K., *Süßwasserflora Von Mitteleuropa. Cyanoprokaryota: 2. Teil/2nd Part: Oscillatoriales*. München: Elsevier Spektrum Akademischer Verlag, 2005.
- [6] Komárek, J., & Anagnostidis, K., *Süßwasserflora Von Mitteleuropa, Cyanoprokaryota, 1nd Part: Chroococcales*. München: Elsevier Spektrum Akademischer Verlag, 2000.
- [7] Komárek, J., *Cyanoprokaryota: 3rd Part: Heterocystous Genera*. In: Büdel, B., Gärtner, G., Krienitz, L. and Schagerl, M., Eds., *Süßwasserflora von Mitteleuropa*. Berlin, Heidelberg: Springer Spektrum, 2013.
- [8] Öztürk Ulcay, S., & Kurt, O. Algae Flora of Germencik-Alangüllü (Aydın, Turkey) Thermal Water, *Celal Bayar University Journal of Science*, 13(3), 601–608, 2017.
- [9] Öztürk, S. Cyanobacterial Diversity and Physicochemical Characteristics of Thermal Springs in The Kütahya Province of Turkey. *Bangladesh J. Plant Taxon*. 28(2), 413-428, 2021. <https://doi.org/10.3329/bjpt.v28i2.57137>
- [10] Regel, C., Skuja, H. Süßwasseralgen aus Griechenland und Kleinasien. *Hedwigia*, 77, 15–70, 1937.
- [11] Roy, S., Bhattacharya, S., Debnath, M., & Ray, S. Diversity of cyanobacterial flora of Bakreswar geothermal spring, West Bengal, India-II. *Algological Studies*, 147, 29–44, 2015.
- [12] Singh, V. K., Verma, D., Nayaka, S., Toppo, K., Lavania, S. (). Cyanobacterial flora from thermal springs of the Kullu District, Himachal Pradesh, India. *The Journal of*

Indian Botanical Society, 97 (3–4), 31–37, 2018. DOI: 10.5958/2455-7218.2018.00013.X

- [13] Ter Braak, C. J. F., Smilauer, P. *Canoco Reference Manual and User's Guide: Software for Ordination*. Microcomputer Power, Ithaca, NY, USA, 2012.

CLIMATE CHANGE AND ITS EFFECTS ON THE ENVIRONMENT IN IRAQ

Bahra Mohamed Sharif Rashid

Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi, – ORCID ID: 0009-0000-2487-8521

Doç. Dr. Hüseyin MERTOL

Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi, - ORCID ID: 0000-0001-8048-0814

Yl. Öğr. Yunus ERGÜN

Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi, – ORCID ID: 0000-0002-2986-6073

ABSTRACT

Iraq as a country is now suffering from Climate Change Impacts in similar or even worse ways than many other countries of the world. The manifestations of these climate changes are being felt in global warming, changes to weather driving elements and sea level rise. Increasing temperatures, declining precipitation rates and changed distribution patterns together with increasing evaporation are causing water stress in Iraq. However, they trigger other changes in a sort of chain reaction; such as droughts, desertification and sand storms. Iraq is not even safe from the consequences of sea level rise where the southern part of the Tigris- Euphrates delta is threatened by inundation and Iraq's ports and sea coast line are endangered by such projected rise. So far the agricultural sector in Iraq has been hit very badly by the reduced water availability for arable lands; whether rain fed lands as in the northern part, or irrigated lands using the declining discharges of the Tigris and Euphrates Rivers as in the southern and middle parts. The present negative climate change trends seem to be continuing in the future as it is obvious from all projections and studies being performed so far. Loss of cultivable land to desertification, recurrent droughts and sand storms and declining agriculture are the pattern of change in Iraq's already fragile environment; and this will result inevitably in much more distress for the population in the future and will lead to social unrest. These will add to the great pressures facing all future governments unless the government takes protective planning and solutions.

Keywords: Climate change, Climate of Iraq, Effects of climate change on the environment in Iraq.

INTRODUCTION

Iraq is located; geographically in the East Mediterranean Region. Bound by South Anatolia in the north, Iran in the east and northeast, Syria and Jordan in the west; it opens on the Saudi Arabia, Kuwait and the Gulf at the south. (Figure 1). This geographical location added to Iraq's varied surface topography brings with it many changing weather elements which are showing in various degrees of variations due to the current Global Climate Change.



Figure 1: Map of Iraq (Sissakian, et al, 2019).

Countries and communities around the world are already experiencing stepped-up climate change impacts; including rising temperatures, droughts, floods, shortages, more intense and frequent natural disasters, and sea-level rise. The most vulnerable countries of these are being hit the hardest. Iraq is one of such countries, which has been struggling with significant and interconnected environmental, security, political, and economic challenges; with the effects of climate change likely increasing the extent of these challenges. Rising temperatures, intense droughts, declining precipitation, desertification, salinization, and the increasing prevalence of dust storms have undermined Iraq's agricultural sector. Additionally, Iraq's water security is based on two declining rivers, the Tigris and Euphrates. National and regional political uncertainty will make mitigating the effects of climate changes and addressing transnational water management very difficult. Climatic changes such as increasing temperatures, reduced precipitation, and increasing water scarcity will likely have serious implications on the state of Iraq for years to come (USAID 2017). These changes and their consequences are discussed in more details in the following paragraphs.

WATER SCARCITIES

Climate changes due to global warming have influenced all the weather driving elements not only in Iraq but in all the surrounding countries. These changes include temperature rise, atmospheric pressure variations, rainfall intensities and its temporal and spatial distribution; which have contributed also to changes in annual stream flow volumes of the Tigris and Euphrates Rivers. Model studies have shown that these negative trends will continue at least to the end of this century and may be accentuated as long as the green house gases (GHG) emissions which include CO₂ continue at the present rates. These models indicate that storms activity in the Eastern Mediterranean Region is part of the North Atlantic Oscillation (NAO) pattern and it will decline this century if global warming continues. Therefore, rainfall

will decrease by (15 to 25) % over large part of this region; encompassing parts of Turkey, Syria, northern Iraq and north-eastern Iran and including the strategically important headwaters of the Euphrates and Tigris rivers (Adamo et. al. 2018 a).

Other studies have indicated declining precipitation over all the Tigris River tributaries' basins in Iraq with alarming results. These studies also indicated that precipitation had already shown a general decline in the decades 1980- 1990, 1990- 2000 and 2000- 2010 with a decreasing spatial trend from upstream to downstream and from east to west of the basin. This is attributed to the fact that the northern and northeastern parts of the basin are mountainous with high precipitation and snowfall, while the lower and western parts are relatively flat with less precipitation. Future projections showed that under the optimistic emission scenario (B1) the mean annual precipitation over Khabour River basin will decrease by 7% during the future period 2046- 2064 and 15% during the period 2080-2100. However, the reductions are estimated to be 18% and 38% respectively under the pessimistic emission scenario (A2) during the same two periods. The Diyala River basin will undergo precipitation reduction of 17% in the two future periods under (B1) scenario and 26% and 40% under scenario (A2) in the two periods. The Greater Zab, Lesser Zab and Al-Adhaim Rivers' basins will undergo similar reductions under the same scenarios and in the same future periods (Adamo et al., 2018 b).

At the present, climate changes are having their toll also on the Tigris and Euphrates Rivers stream flows. The fact that these rivers originate out of Iraq's borders and that their watersheds fall in areas which are subject to the same climate changes' influences reflect on their declining natural stream flow. The situation is aggravated in recent decades and even now by the increasing water withdrawals in the other riparian countries due to their increasing demand, namely Turkey and Iran, and to a lesser degree Syria. Figure (2) gives the riparian countries, which shares in the water supply of the two rive according to the Iraqi Ministry of Water Resources. Future projections and assessments of the regional water resources under Climate Changes future impacts and with Tigris and Euphrates at focus have shown that the situation is far from being bright. Chenoweth et al. (2011) investigated those likely effects on the water resources of the Eastern Mediterranean and Middle East and it was found that the average annual Euphrates- Tigris Rivers' discharges might decline by 9.5% between 2040 and 2069, with the greatest decline of (12%). Another study predicted that the Euphrates River annual flow could suffer a reduction of (29 – 73) %, (Kitoh et al., 2008. Further strain is put on these resources by the continued pollution and salinization of the two rivers due to increasing use of fertilizers and discharge of industry effluence and domestic waste and sewerage without enough treatment. Water is becoming with the passage of time more and more a scarce commodity in the whole region and especially in Iraq with Climate Changes unhampered impacts and continuous human misuse.

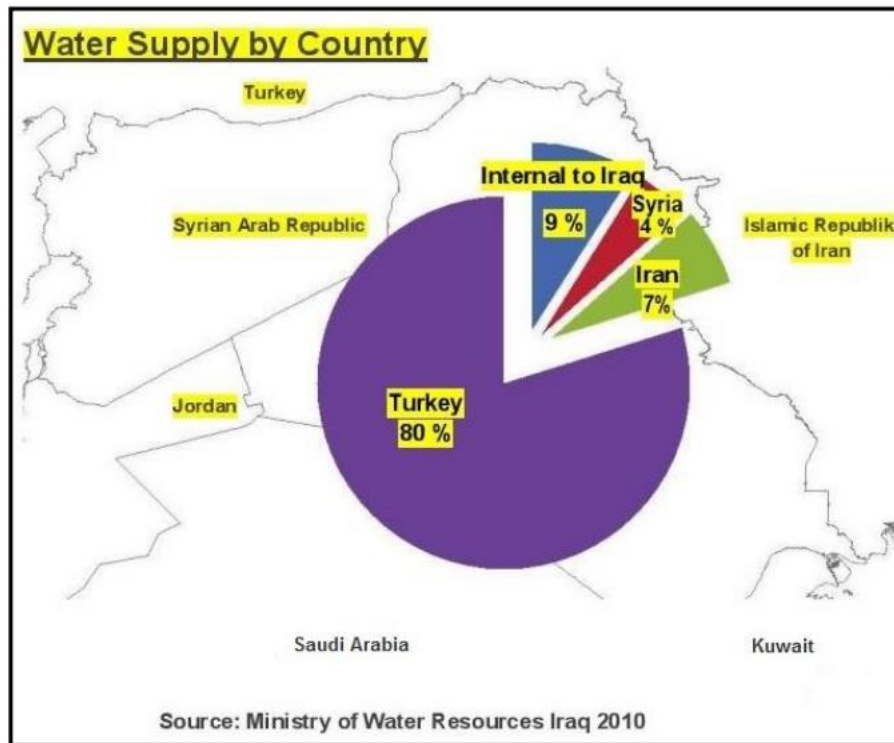


Figure 2: Water Supply by country to Tigris and Euphrates water resources (After the Ministry of Water Resources-Iraq, 2010).

DESERTIFICATION, DROUGHT, AND SAND STORMS

Decreasing rainfall is one of the significant factors that simultaneously marks and intensifies desertification. Climate Changes exacerbates desertification through changing of spatial and temporal patterns of rainfall. The variation of rainfall amounts causes changes in the land vegetative cover through both numbers of dry years or seasons resulting in very long drought periods. The increase in the temperatures as a result of the Climate Changes causes the changing of the soil properties and processes, such as organic matter decomposition, greater leaching losses, decreased soil water, and degradation through reducing soil moisture, and soil erosion in some regions because of heavy rainfall and increased wind speed (IPCC, 2007) a. Climate Changes also accelerate desertification through changing the regional water resources' systems regime by disrupting the balance between water outflow and inflow due to the variation of rainfall amounts and increasing temperature, which increases evaporation and evapotranspiration. The fact that Climate Changes Impact are causing droughts and increased desertification is becoming quite evident in recent years in Iraq and Syria forming the two limbs of what is known as the "Fertile Crescent" (Figure 3).

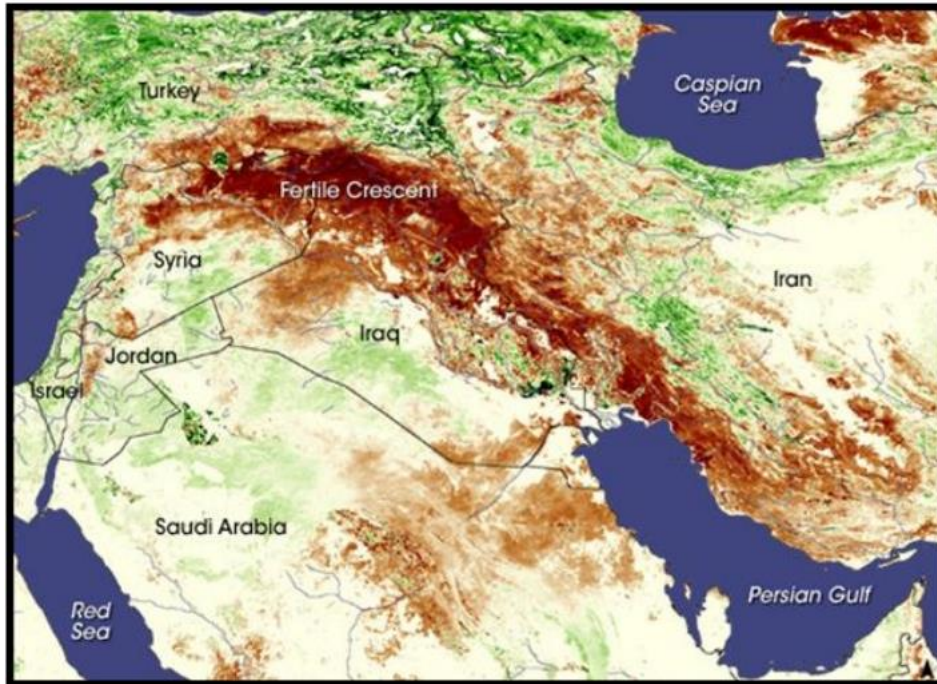


Figure 3: The so-called "Fertile Crescent" in a NASA image (Adamo, at. Al, 2018).

A significant study employed a super-high-resolution atmospheric global climate model to reproduce the precipitation and the stream-flow of the present day “Fertile Crescent” and projected the current trends in climate changes on the Middle East water resources till the end of the current century showed severe reductions of the annual discharges of the rivers in the region. The Euphrates River annual flow as one case might suffer a reduction of (29 – 73) %, as well as the stream flow of the Jordan River (Kitoh et al., 2008). In the wider picture of the Middle East, the study showed that, by the end of this century, the “Fertile Crescent” would lose its current shape and could disappear altogether.

The area shown in Figure (3) witnessed one of the most devastating droughts in decades in (2007-2008) which scientists have linked to Climate Changes. This severe drought hit most of Syria and northern Iraq during what is normally the wettest time of the year. In the mountains of eastern Turkey, which form the headwaters of the Tigris and Euphrates rivers, snow and rain were less than half of the normal. Drought is becoming a fixture in this landscape, due to a drying trend of the Mediterranean and Middle East Region which is fueled by global warming (Holthaus, 2014). The current and future impacts of Climate Changes inevitably will lead to decreasing lake sizes, drying wetlands and changing the regional environment (Sivakumar, 2007). This trend will impede and hamper the current efforts to restore the marshes of southern Iraq and may result in their drying up. Given the impact of low rainfall and wasteful irrigation practices in Iraq, environmentalists predict the marshes will remain at a fraction of their typical size (Schwartzstien, 2015); if not disappear altogether. In 2009, a report by UNDP described the impacts of the global warming on Iraq and it underscored the severe droughts it had experienced and the declining precipitation over the Tigris and Euphrates basins in the (5-10) years previous to the report, which amounted only to (25-65) % of normal levels. This study shows that the Climate Change Impact is the main reason expressed in the form of global warming and changes in the North Atlantic Oscillation (NAO) (UNDP, 2009). The same study

goes on to explain that these changes will increase the likelihood of massive dust storms as a result of losing soil moisture and vegetation cover, and furthermore, the impacts are expected to be more severe as time passes and will lead to more destruction of physical and chemical characteristic of the soil in Iraq's arable and non-arable lands.

Taking all the predictions of the future Climate Change Impact on the Tigris and Euphrates rivers' basins, the productive land, especially in Iraq will be reduced to a barren land with extensive deserts, and only narrow strips of irrigated stretches along the two rivers will remain.

A direct consequence of the increased aridity, which is strongly felt, is the occurrence of sandstorms. A study of sand and dust storms events in Iraq by Sissakian et al. (2013) indicated that the frequency of occurrence of dust storms has increased drastically during the last decade and it is increasing continuously. According to the United Nations report, it indicates that the Iraqi Ministry of Environment has recorded 122 dust storms and 283 dusty days in 2012 and it estimates that this will increase to 300 dusty days per year in the next ten years, (UN. 2013). A typical image of such an event is shown in Figure (4).

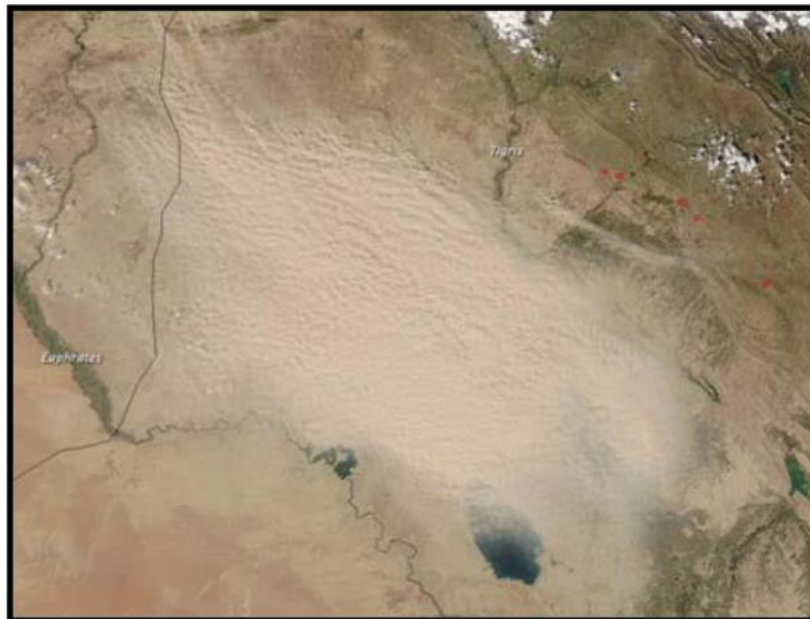


Figure 4: Aerial view of a dust storm. Note it had started just in the northwestern borders of Iraq (The Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer (MODIS) on NASA's Aqua satellite captured this natural-color image on March 3, 2011).

The recent changes on the different climatic factors in the Middle East are mostly attributed to the Global Climate Change Impact. The area has experienced enormous changes in the average annual temperatures and the average annual precipitation contributing to increased desertification followed by increased sand and dust storms events. A large part of Iraqi territory has changed into a Very High Potential Zone for the occurrence of such storms as a direct consequence, and only a small area in the extreme northeastern part shows -Moderate Potential for dust storms. A global dust potential map published by the Desert Research Institute (DRI, 2013) is shown in Figure (5) which shows clearly this fact. Taking the current trends of the future Climate Change Impact on the Tigris and Euphrates rivers' basins, which have just

been explained; the phenomenon of increased sand and dust storms will reach unimaginable limits and worsen life quality and bring it to very low levels by the end of the century; unless some corrective measures are taken on the regional and local scales. Such measures may include stabilization of sand dunes, creating wide and extensive green zones around cities, large scale afforestation using trees and shrubs with high tolerance to moisture deficiency, and by applying modern practices in conserving water and soil resources. It also requires the cooperation of neighboring countries in performing similar actions.

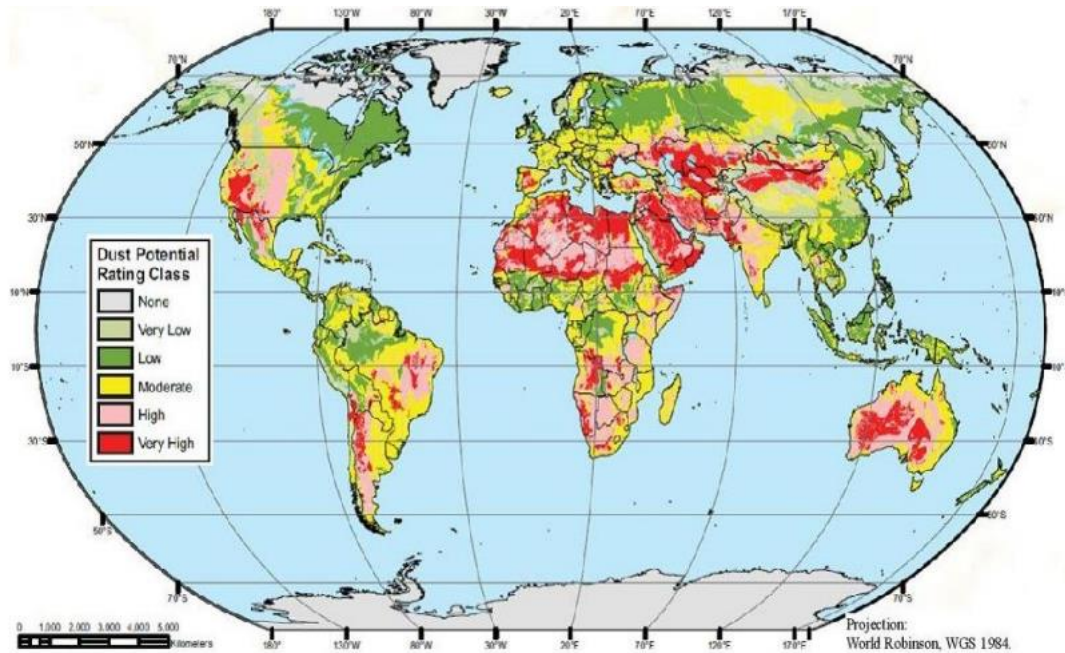


Figure 5: Global Dust Potential Map (Adamo, et. al., 2018).

SEA LEVEL RISE (SLR)

Sea level rise (SLR) is another obvious impact caused by climate changes which are leaving their mark on many countries in the world that have coastal areas. It is very likely that the 20th-century global warming has caused an increase in the size of seas and oceans as well as loss of land ice (IPCC, 2001 b). During the period 1961-1993 there was an observed global sea level rise of about 1.8 mm/year as an average, while during the period 1993-2003 the rate was 3.1 mm/year (IPCC, 2007a) and it is still on the rise. The Middle East and North Africa Region (MENA) countries are vulnerable to the impacts of SLR as most of the other countries of the world with coast lines. But despite of the fact that their coastlines are subjected to these impacts, this will be more noticeable in countries that have deltaic areas, such as Egypt (Nile River delta) and Iraq (Tigris and Euphrates delta) (Figure 6). These two areas are the most vulnerable within the MENA countries by sea level rise (Ghoneim, 2009).

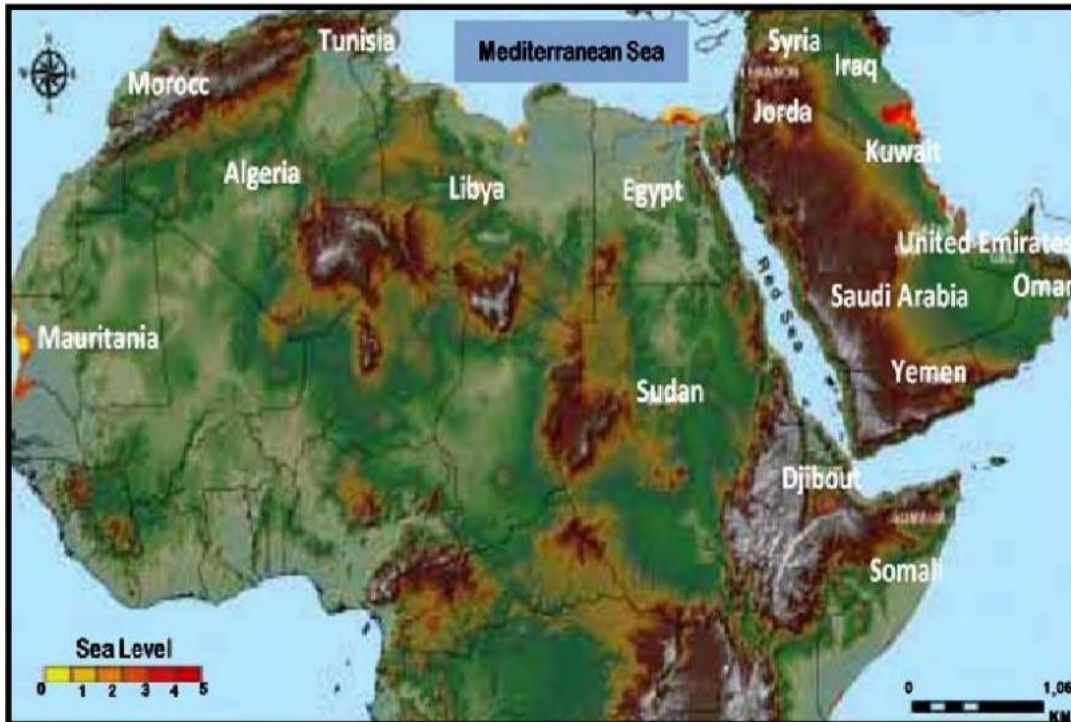


Figure 6: The Situation of the sea level rise for Egypt (Nile River delta and Iraq (Tigris and Euphrates delta (Shown in red and yellow colors (Ghoneim, 2009).

Climate Change Computer Modeling also projects sea level rising by over 0.5 meters by the end of the century. One report indicates that this will place low-lying coastal areas in the Gulf and Shatt-al-Arab area and North Africa at particular risk with specific mention of Iraq (World Bank, 2013).

One study, which was made on the implications of the global warming on coastal zones of the Arab Region highlighted the vulnerability of the Arab countries to potential impacts of the sea level rise. (El Raey, 2010). The study indicated that most of these countries, if not all of them, are extremely vulnerable to the impacts of the sea level rise; not only through direct inundation but also due to salt water intrusion. Another study looked into the impacts of SLR on the Arabian coastline and highlighted those countries with high potential risk of SLR (Ghoneim, 2009). One simulation model study of SLR has been conducted using the Geographical Information System (GIS) and the Shuttle Radar Topography Mission (SRTM) data. Under the 1 m SLR scenario, the simulation revealed that approximately 41500 km² of the territory of the Arab countries would be directly influenced by the rise of the sea level. But taking into consideration the full “likely” range of the predicted increases in temperature, SLR could even be amplified up to 1.4 m by the year 2100.

In dealing with the Shatt al-Arab estuary at the head of the Arabian Gulf, the shoreline of Iraq is very limited; however, it is considered one of the most threatened areas in the region because of its low elevation with respect to the sea level. The low elevation areas appear to extend through Basra City and to the north of it even for the 1 m sea level rise. The potential impact may affect soil salinity by salt water intrusion and may cause serious inundation of many parts of the Tigris and Euphrates delta and drive the population out and cause loss of the infrastructures. For a 3 m sea rise, the intrusion of the sea can reach Amarah city and beyond

Nasiriyah city. Figure (7) shows the extent of inundation that could be caused by the sea level rise in Iraq as depicted by the scenario of sea level rise of +1 m and Figure (8) shows this extent for the scenario of sea level rise of +3 m.

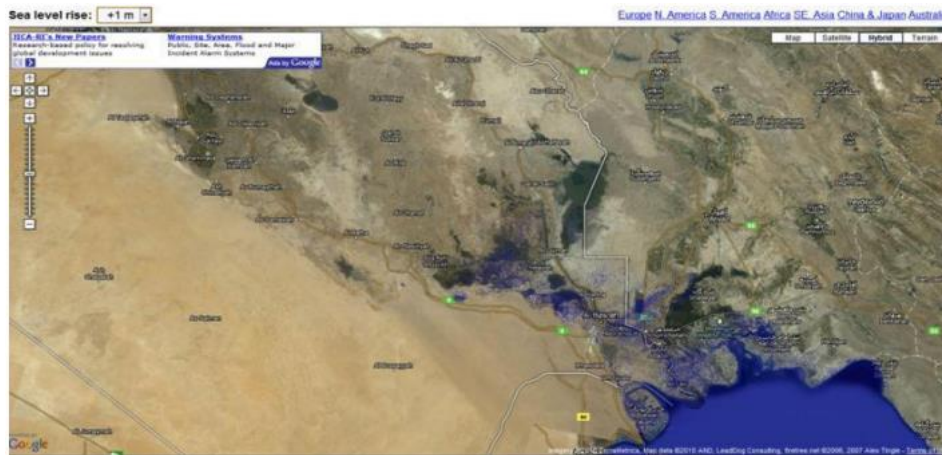


Figure 7: Extension of sea level rise in Iraq as represented by the scenario of + 1 m sea level rise (<https://iraqi-forum2014.com/>)



Figure 8: Extension of Sea Level Rise in Iraq as represented by the scenario of + 3 m sea level rise (<https://iraqi-forum2014.com/>)

On the coast line, Umm Qasr and Al- Faw the two Iraqi ports are shown in Figure (9). They are the only Iraqi sea ports which support trade, shipments, and various businesses and industries including oil exporting and storage. But, they both are vulnerable to sea level rise and changing weather patterns that may increase erosive action on the natural features of the coast, as well as infrastructures.



Figure 9: The coast line between Um Qasr and Al Faw (Adamo at. al., 2018).

This already described area is very low-lying and susceptible to any amount of sea level rise, as well as being subjected to redistribution of coastal and marine sediments during extreme storm events, which clogs shipping channels and forces frequent dredging. The sea level rise, and constant movement of the lowest low-water mark, which defines the maritime borders with Kuwait and Iran has the potential to create international conflict with regard to the location of shipping corridors; there have already been several incidents related to this in recent years between Iran and Iraq. In addition, Shatt al-Arab is already suffering from salt water intrusion mostly related to lack of freshwater discharge and sea level rise will exacerbate this problem.

Almost all the possible impacts of climate variability in Iraq are currently being felt in the Marshlands and adjacent areas in the south, due to the fact that this area is a receptacle for all rivers discharge and irrigation drainage in Iraq. It is also exposed to the influences of the sea level rise which results in increasing salinity in the southern fringes, through the Shatt al-Arab and into portions of the Hammar Marsh. Thus, it is a globally significant area (wetlands with high biodiversity and traditional cultures) that is being assaulted on two fronts (from the north and from the south) (El Raey, 2010).

SOCIO-ECONOMIC IMPACTS DUE TO CLIMATE CHANGE

Climate changes in general, act as a threat multiplier, exacerbating existing sociopolitical and economic vulnerabilities, undermining livelihoods, inflating the risk of conflict and making it difficult for people to remain in situ. Socio-economic conditions in the world as a whole, and taking Iraq as an example, are influenced by the impacts of the rapid climate changes on its natural resources. Such impacts include the increase in frequency and severity of extreme weather events and other manifestations such as sea levels rise; All these impacts, if they are left unmanaged or controlled will increase stresses on the critical resources and infrastructures that support water and food security, transport and energy systems, and impinge directly on life quality as a whole. These climate changes threats coupled with other negative factors my highlight the dangers to social security and undermine the ability of

governments to manage volatile situations; leading to what can be described as a failing state. In a recent report entitled “Epicenters of Climate Change and Security: The New Geostrategic Landscapes and the Anthropocene” (Werrell et al., 2017), the authors emphasize that climate change impacts contribute to a broad range of destabilizing trends within states, including population displacement, migration, political unrest, state fragility, internal conflicts, and they imply also that the transboundary nature of some climate change impacts may lead to conflicts between states. In the last case, the Tigris and Euphrates Rivers’ flows may be cited as an example. The decrease of water resources due to natural climate change impacts coupled with the unfair sharing of water by Turkey and Iran may lead to armed conflicts between Iraq and these two countries or with the other riparian country namely Syria. Such actions may be taken in desperation and under popular pressures and unrest.

In looking into the socio-economic developments in Iraq, it is very clear that the climate change impacts are negatively affecting the country with much more severe negative changes expected in the future. Agriculture in Iraq for one thing has been declining in recent years for variety of reasons with climate changes as being one of the major negative actors. Agricultural output and cultivated farm land area have been showing negative trends which are clearly indicated by the escalated migration from the country side to urban centers and the soaring imports of food and agricultural products. A study, which was done by Cline (2007) treated the global warming effects on agriculture and listed these impacts for most of the countries of the world including Iraq. Agricultural impact models of two types, "Ricardian" statistical economic models were used with process-based agronomic crop models, combined with leading climate model projections. A set of geographically detailed estimates for changes in temperature and precipitation by the 2080's were developed and applied to the chosen agricultural impact model; i.e. The Agriculture Mendelson- Schlesinger Model. These estimates were obtained and used for 116 countries, regions and subzones taking their 1961-1990 climatic values as base period, and then comparing the changes in the predicted agricultural outputs' values against the actual outputs values in 2003 which then were compared to those values in 2007 and then projected to the future period 2070- 2099. In this report Iraq was indicated as one of the most badly hit countries of the world together with 30 more countries. The detailed results given for Iraq showed that according to changes in temperature and precipitation and agricultural output values averages of the base period 1961-1990 taken together with the actual agriculture output value of 370 million dollars in 2003; this output value declined to an amount of 266 million dollars in 2007. The projected values for the future period 2070-2099 will decline even further 728 million dollars (without Carbon fertilization) or 685 million dollars (with carbon fertilization) depicting a decline of more than 100 percent from base period in 1961- 1990. Such decline can only be described as catastrophic and it will have deep and extensive negative outcomes on the state of Iraq.

The migration from rural areas to urban centers due to the shrinkage of cultivated land areas and the declining output will be exasperated and adds further difficulties to the local authorities and strain their capacities to meet population demands for services such as sanitation, potable water supply, clean environment and basic health services. Such services are already inadequate now due to variety of reasons which include among other things incompetent management and lack of resources. Competing over irrigation water between

different users has strained social relationships and caused the eruption of armed skirmishes between various clans in southern Iraq which even required the intervention of security forces to calm down such situations. These can only be seen as warning signs of the worst to come if these trends continue at the expected rates.

DISCUSSION AND RECOMMENDATIONS

Iraq is facing today great challenges due to climate change impacts on the whole world. Iraq role to combat these however, is limited. The country has already signed the Paris Agreement on climate change in December 2015, pledging to reduce greenhouse gas emissions by 15% between 2020 and 2035, the equivalent of 90 million tons of carbon dioxide. According to an article by Abu Zaid (2016) and published in Al- Monitor however, "The country does not have such a large number of industrial facilities or power plants or even so much use of fossil fuel, as it is the case in industrialized countries, and the rates of fuel combustion in Iraq are much less than those of said countries". It follows that corrective and protective actions should be taken in to consideration immediately within Iraq itself to limit and reduce future negative consequences. The only meaningful action taken so far in the context of the environmental changes was the launching of the National Action Program to Combat Desertification in 2015 by the Ministry of Health and Environment with support from the United Nations Environmental Program (UNEP) and some other regional organizations. But although this addresses only one of the many aspects of climate change, it is believed that the recommended actions in this program have not been fulfilled so far due to variety of reasons; of which lack of financial resources and instability in some parts of Iraq are to be mentioned. However, and in view of the colossal problems facing Iraq there is the need to develop a comprehensive and continuous plan to limit the expected consequences of Global Change Impacts and to put it into application immediately. One of the elements of this plan is to introduce radical changes to all water and soil management policies and practices. The water sector in Iraq at the moment is suffering from endemic problems. The wide spectrum of these problems includes among other things the wasteful use of water, use of old and traditional irrigation practices, deterioration of irrigation infrastructures, illiteracy of farmers and their lack of modern technical skills, weak administrative frame works in addition to the lack of meaningful legislations to control water use. In this field the government has a challenging task to revolutionize this sector even if this is done on stages of 5 or ten years. Water scarcity in Irrigated lands requires saving every drop of water and put it to the best use. This requires sorting out the better quality lands for cultivation and crop production while the other lower quality lands should be set aside for afforestation, converting all the existing irrigation projects to the use of modern methods by changing to closed irrigation systems, drip irrigation and sprinklers especially in the north of the country where this can be used as a complementary measure, rehabilitation of all the irrigation structures and use of automation, strengthening the administrative and management framework with better monitoring and control of water sharing and supported by effective legislations and strong authority for their implementation. Better and fair pricing of water is strongly recommended to stop the current waste of this limited resource not only in the agricultural sector but in the domestic and sanitation sectors also. Use of recycled water and desalinization of salty water should be considered seriously to help in the abatement and mitigation future increased shortage. While all these actions shall be planed and implemented the government

attention must at the same time be fixed on getting a fairer and better sharing of the Tigris and Euphrates water from the countries of origin; namely Turkey and Iran. This can be done through continuous negotiations based on exchanging benefits. In combating the sea level rise impacts on the southern delta and sea coast line it is necessary to carry out much more studies to define in a more accurate way and refined details of the exact changes and their locations. Based on these suggested studies plans can be prepared for staged implementing of protective works in the form of dikes and sea shore revetments. Settlements in areas that cannot be protected shall be delineated and no permanent works are allowed on them; while settled population has to be moved to other safe areas after providing all good living conditions there

REFERENCES

- 1- Adamo , N., Al-Ansari, N.A.; Sissakian, V.; Knutsson, S. and Laue, J.,2018a, The Future of the Tigris and Euphrates Water Resources in view of Climate Change, in press.
- 2- Adamo, N., Al-Ansari, N.A.; Sissakian, V.; Knutsson, S. and Laue, J., 2018b, Climate Change: The uncertain future of Tigris River tributaries basins, in press.
- 3- Chenoweth J, Hadjinicolaou, P, Bruggeman A, Lelieveld J, Levin z, Lange M, Xoplaki E, Hadjikakou M. “Impact of climate change on the water resources of the eastern Mediterranean and Middle East region: Modeled 21st-century changes and implications”. AGU, Water Resources Research, Vol 47, Issue 6. 2011
- 4- Cline W. R. “Global Warming and Agriculture: Impact Estimates by Country”. Of Global Development Center. Colombia University Press, July 2007
<https://books.google.se/books?id=O0arDQAAQBAJ&pg=PA131&dq=iraq+a+griculture+global+warming+climate+change+statistics+appendix+f&hl=en&sa=X&ved=0ahUKEwisobffkfbYAhXJkCwKHcoVDC0Q6AEILDAA#v=onepage&q=iraq%20agriculture%20global%20warming%20climate%20change%20statistics%20appendix%20f&f=false>
- 5- DRI. “Integrated desert terrain forecasting for military operations”. Division of Earth and Ecosystem Science (DEES).Institute.2013
<https://www.dri.edu/images/stories/editors/deeseditor/DEESdocs/DTF-web-s m.pdf>
- 6- El Raey M. “Impact of sea level rise on the Arab Region,” University of Alexandria. Arab Academy of Science, Technology, and Maritime, 2010.
https://www.researchgate.net/publication/266454174_Impact_of_Sea_Level_Rise_on_the_Arab_Region
- 7- Ghoneim E. “A Remote Sensing Study of Some Impacts of Global Warming”. Chapter 3.Arab Environment climate change- impacts of climate change on Arab countries. Edited by Tolba M and Saab N, 2009 <http://www.afedonline.org/afedreport09/english/char3.pdf>
- 8- Holthaus E. “Is Climate Change destabilizing Iraq? “Slate, Future Tense 2014.
http://www.slate.com/articles/technology/future_tense/2014/06/isis_water_scarcy_is_climate_change_destabilizing_iraq.html
- 9- IPCC, a. Climate Change: Synthesis Report. “The Physical Science Basis”. Synthesis Report. 2007
https://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar4/syr/ar4_syr_full_report.pdf
- 10- IPCC, b. Climate Change: Synthesis Repot. “Sea level Change; Q.02.12-19 and Q. 03.9&Q3 13” Synthesis Repot. 2001. https://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/wg1/WG1AR5_Chapter13_FINAL.pdf.

- 11- Kitoh A, Yatagal A, Alpert P. "First Super-high- Resolution Model Projection that the ancient will disappear in this century". Hydrological Research Letters, 2.14.The Japan Society of Hydrology and water Resources. 2008. <http://www.hrljournal.org/archives/67#more-67>
- 12- Schwartzstien P. "Iraq's Famed Marshes Are Disappearing-Again". National Geographic. July 2015. <http://news.nationalgeographic.com/2015/07/150709-iraq-marsh-arabs-middle-east-water-environment-world/>
- 13- Sissakian V, Al-Ansari N, Knutsson S. "Sand and Dust Storm events in Iraq". Natural Science Vol.5, No.10, 1084-1094. http://file.scirp.org/pdf/NS_2013101014315787.pdf
- 14- Sivakumar M. "Interaction between climate and desertification". Agricultural and Forest Meteorology, 142 143-155. Elsevier2007. <http://www.southwestnrm.org.au/sites/default/files/uploads/ihub/sivakumarmvk-2007interactions-between-climate-and-desertif.pdf>
- 15- UN Iraq. "Sand and dust storms in Iraq: fact sheet". Joint Analysis and Policy Unit, 2013. <http://reliefweb.int/sites/reliefweb.int/files/resources/SDS%20Fact%20Sheet.pdf>
- 16- UNDP. "UNDP helps drought-stricken Iraq combat effects of climate change". Dec 16, 2009, <http://www.undp.org/content/undp/en/home/presscenter/articles/2009/12/16/undp-helps-drought-stricken-iraq-combat-effects-of-climate-change.html>
- 17- USAID. "Climate Risk Profile: Iraq". March 2017. <https://www.climatelinks.org/resources/climate-change-risk-profile-iraq>
- 18- Werrell C.E. Femia F, "Climate Change, the Erosion of State Sovereignty. And world Order". The center for Climate Change & Security. June 2017 <https://climateandsecurity.org/2017/06/26/climate-change-the-erosion-of-state-sovereignty-and-world-order>
- 19- World Bank. "Water is Focus of Climate Change in the Middle East and North. Africa". Archives.2013. http://web.worldbank.org/archive/website01418/WEB/0__C-151.HTM

THE GEOGRAPHY OF ASYLUM SEEKERS AND REFUGEES IN EUROPE

Farhad Jalal Najem NAJEM

Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi, – ORCID ID: 0009-0009-8848-4137

Doç. Dr. Hüseyin MERTOL

Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi, - ORCID ID:0000-0001-8048-0814

Yl. Öğr. Yunus ERGÜN

Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi, – ORCID ID: 0000-0002-2986-6073

ABSTRACT

Recent waves of immigration flows and asylum seekers are posing serious social and political problems in European countries. Between 2009 and 2015, it has been estimated a total of 3–3.5 millions of asylum applications to national governments. This chapter discusses the geography of asylum seekers in the European Union and proposes some descriptive statistics concerning the behavioral reaction of residents. In particular, it is shown a strong correlation between the size of the population of asylum seekers and the fear of terrorism and crime, whereas no economic concern was found. This evidence is interpreted as need to provide also correct information to residents when implementing immigration policies.

Keywords: Refugees · Asylum seekers · Migration · European Union · Attitudes

INTRODUCTION

Europe has experienced many waves of refugees in the twentieth century with different directions of flows. Notably, before 1939 thousands of Jews from Germany sought for asylum in other European countries or even in the Americas. This wave of refugees is particularly interesting from a social perspective for its content of human capital. Waldinger (2010) and Moser et al. (2014) have in fact estimated the (negative) impact of the expulsion of thousands of Jewish professors from German universities and the (positive) effect on U.S. economy which eventually received them. In those years, US public opinion was divided on the issue of Jewish refugees from Europe. The Gallup Institute has recently assembled an interesting set of pools regarding refugees in the opinion of Americans and found a 61% opposition against Jewish refugees.

The most recent refugees wave, before that generated by turbulence in the Middle East, has been in correspondence of the breakup of war in Kosovo, where thousands of Muslim refugees sought asylum in Western Europe and in the US. Those flows were welcomed in receiving countries without manifestation of opposition, possibly because of the involvement of Western countries in the war against Serbia.

Despite these events, Europe or the European Union was almost unprepared to manage current refugee crisis, both in institutional and socio-economic terms. Dustmann et al. (2016)

have calculated that between 2009 and 2015 3–3.5 millions of asylum applications have been received by national governments. This situation is exacerbating centripetal tensions with discussions of the fair versus balanced distribution of refugees and asylum seekers lasting for years, further deteriorating the political and institutional landscape of the continent.

Several geographical dimensions form the institutional and economic background of current situation, especially in Europe. Asylum seekers embark in dangerous trips, primarily through the Mediterranean Sea, to escape from wars and political and religious persecutions. Economic motives of these forced migration flows are very likely to be marginal. Nevertheless, their economic impacts, or at least as they are perceived by European residents and decision makers might be substantial in destination countries in terms of both public finances and local labour markets. Moreover, Europe is the destination of asylum seekers from different geographical areas, and while those coming from the middle east are in most cases escaping from wars (e.g. the Syrians), there is a large number of asylum demands which come from people coming from different places which are not at war and, as such, generally end up being classified as migrants rather than refugees. The European governments, and the public opinion, are not able to distinguish between these until the end of the process by which asylum demands are accepted or rejected, which may last many months and even a few years. For this reason, perceptions are as important as facts at the heart of the aforementioned discussion among European governments on whether and how to relocate asylum seekers. Interestingly, this process is eminently political and allows us to shed some light on the underlying political economic mechanism at work.

The aim of this paper is to review the main institutional and political factors influencing the debate over the spatial distribution of refugees and asylum seekers in Europe. In particular, we will review the main literature regarding the causes and consequences of refugee flows and provide an updated picture of the spatial distribution of refugees and asylum seekers among European countries. Furthermore, we will present some data concerning the perceptions of Europeans and how this is shaping the debate over migration policies.

THE ISSUE OF REFUGEES AND ASYLUM SEEKERS IN THE RECENT LITERATURE

International migration is a global phenomenon which has expanded in recent years. The international migration report (UN 2013) estimates that the number of international migrants has been constantly growing over the period 1990–2013. Europe is the main destination for migrants, being the residence of about one third of the total, and is closely followed by Asia. Even more interesting is the fact that international migration flows have specific characteristics in terms of origin-destination. North-south flows have remained stable and very low, while north-north flows have grown slowly and steadily. The most remarkable trend, however, is the very sizeable growth of south-south and south-north flows, which now account for the very large majority of migrants (UN 2013).

Global migration flows have been significantly studied in the literature, at both the national the regional level. Particular focuses of academic research have been the reasons behind choices to migrate, the determinants of the location of migrants (e.g. Pedersen et al. 2008; Wang et al. 2016) and the impact of migration on the places of origin and of destination

of migrants (e.g. Kanbur and Rapoport 2005; De Haas 2010; Di Maria and Stryszowski 2009; Dustmann et al. 2011; Borjas 2015; The World Bank 2006).

Refugees constitute a relatively small part of global migration, since they are defined by the 1951 Refugee Convention as a person who “owing to a well-founded fear of being persecuted for reasons of race, religion, nationality, membership of a particular social group or political opinion, is outside the country of his nationality, and is unable to, or owing to such fear, is unwilling to avail himself of the protection of that country”.

However, refugees and asylum seekers also constitute a rapidly growing and highly visible part of international migration. The UNHCR (2015) estimates that more than two million asylum applications were received in 38 European countries in 2015. This is a substantial increase from the slightly more than 700,000 lodged in 2014.

A large (and now growing) body of literature has long considered the effect of mass migration or refugees on local economies. An early study was conducted by Card (1990) on the effect of the Miami boatlift in the early 1980s on the Florida labour market, finding limited evidence of an effect on wages and employment. Hunt (1992) and Carrington and De Lima (1996) have considered the case of repatriates from the African colonies of France and Portugal, reporting a negative effect on employment and wages in locations where repatriates settled.

These early papers on the impact of “return” migrants are interesting, as they consider a shock occurring in other countries as an influence on the decision to migrate, although it was sometimes not a properly free decision. However, they are not immune from critique of their identification strategy, given the highly aggregated data they made use of and the endogeneity of the location decision. To circumvent the issue of self-selection, Glitz (2012) exploits an exogenous variation in German migration law which occurred in 1989. This made the migration of family members of immigrated workers easier. In this case, non-significant effects on wages and internal migration were found. In general, however, the main effect of large migration inflows, if any, could be found in the re-distribution of income. If migrants are on average less skilled than residents, then unskilled workers will face tougher competition for jobs and a consequent reduction in wages, which may be not apparent if only average wages are considered.

The case of refugees and asylum seekers is different from the general case of migrants, as in most cases they are not allowed to work in hosting countries, at least in the short term. Subsequently, in the medium-term they have lower employment rates than other immigrants and finally have higher benefit use rates (European Parliament 2016; Martin et al. 2016; Ruist 2015). These features imply that their impact on local economies is usually worse than that of economic migrants. Besides Europe in these last few years, Africa is certainly the continent that has witnessed the largest displacements of people because of wars, political unrest and natural disasters. Therefore, such cases have attracted some scholars aiming to shed new light on the relationship between forced migration and development in receiving countries. The most interesting case in recent years has certainly been the refugee crisis in Tanzania, due to masses of individuals fleeing from Burundi (1993) and Rwanda (1994).

In a first attempt to evaluate the effect of such phenomena, Baez (2011) has argued in favour of a negative effect, since the socio-economic stress imposed by refugee influence is too strong to be absorbed by weak local labour markets. Interestingly, Maystadt and Duranton (2014) consider the same case and reach opposite conclusions. In a rigorous econometric analysis, they consider a panel of Tanzanian households over the period 1991–2010 and find that the presence of refugees from Burundi and Rwanda has had a positive effect on welfare. They also argue that such positive change was due to public investment in infrastructure, decreasing transportation costs and leading to a higher mobility of individuals. This result is interesting and important, since it implies that a temporary population shock may have permanent positive effects thanks to efficient and appropriate public policies. The Syrian conflict is currently generating large refugee inflows in neighbouring countries, especially Lebanon and Turkey, deeply affecting local economies. Akgunduz et al. (2015) exploit the geographical distribution of refugee camps in Turkey to analyse the impact of the inflows of Syrians in terms of housing and food prices, as well as market outcomes. They find a slight increase in the level of prices and no significant changes in the employment rate of natives.

As it is also clear from the work of Maystadt and Duranton (2014), considering a long period of time is of paramount importance to disentangling the effect of massive population shock. An interesting case is the Great Migration to the USA from Europe, which occurred between the second half of the nineteenth century and the beginning of the twentieth. Those migration flows were driven by both economic reasons and persecutions, especially in the case of Jews in Eastern Europe facing the worrying diffusion of pogroms. Rodriguez-Pose and von Berlepsch (2012) find that countries that had attracted more migrants between 1880 and 1910 had better economic indicators in 2005, even after controlling for self-selection of migrants into locations. Finally, it should be noted that one of the most important drivers of development in modern economies is innovation capacity. Moser et al. (2014) find that highskilled refugees may boost innovation in destination countries through scientific spillovers. In particular, they consider the impact on the number of patents in the USA of Jewish scientists who were expelled from German universities and who fled to the USA.

As should be evident at this point of the review, the economic literature on refugees and asylum seekers has primarily focused on the impact of displaced individuals while comparatively less attention has been devoted to the analysis of the location of refugees and asylum seekers. This is affected by a variety of factors, some of which are eminently political and cultural. In particular, there is little evidence on the factors that, at a sub-national level, influence the attitude towards hosting refugees and asylum seekers. The International Organization for Migration (IOM) (2015) provided a survey of public attitudes towards immigration worldwide, finding that in most of the world the attitude towards immigrants is rather positive. Europe is an important exception in which the majority of the population believes immigration levels should be decreased. This is the outcome of two different models, one prevailing in northern Europe in which migration is welcome, and another prevailing in southern Europe in which migration is considered to be excessive (IOM 2015, p. 7). This might also be related to the fact that southern Europe is not only the front-door of migration into Europe and the hub of the refugee crisis, but is also the part of the continent which has been affected most by the economic crisis. Therefore, the economies of these countries are

structurally weaker and have important issues in terms of public finances (Moro and Beker 2016; Fonseca and Fratesi 2016). This is consistent with the fact, also found in IOM (2015), that the attitude towards migrants is more negative among those people who are more likely to compete with migrants for job opportunities (i.e. the lower educated and unemployed).

REFUGEES AND ASYLUM SEEKERS IN EUROPE

The Spatial Distribution of Asylum Seekers

According to recent estimates of the International Migration Outlook (2016), OECD countries received about 1.5 million of new asylum seekers in 2015, with an expected further increase in 2016. However, because of fragmented regulation, only a limited share of this flow is actually granted asylum. In the European Union, in particular, because of a lack of common and harmonized regulation and of a substantial overlapping between political refugees and economic migrants in terms of origin countries and especially points of entry (mainly in Mediterranean countries), the probability to obtain a refugee status is relatively low.

Data, in fact, show that the majority of those who applied for asylum in Europe were denied it, in many cases because they are considered by the tribunals as economic migrants. Figure 1 shows that the number of asylum seekers in the European Union having a first instance decision has been constantly increasing, especially after 2014, and that rejections have been attributed in the majority of cases, until 2015 and 2016, when the number of those who received a positive outcome was larger than those who were in the first instance rejected, most likely due to the Syrian crisis. There exist significant differences between countries in the percentage of asylum seekers who are given a positive reply to their application (Table 1). In particular, these are higher in Denmark, Sweden and Austria, and are above the EU average also in Germany, which is the country which receives most of them. They are lower than the average, though, in other large countries, such as Italy, France and, especially, the UK. The sources of these differences in terms of percentage of applications are likely to depend on two different aspects: on one side the source of asylum seekers, which can come from different routes and different countries, so that some of them, like Syrians, are normally allowed the status of refugee, while others are often classified as economic migrants. The second aspect is the different legal system in the different countries, which rely on different types of courts with different outcomes.

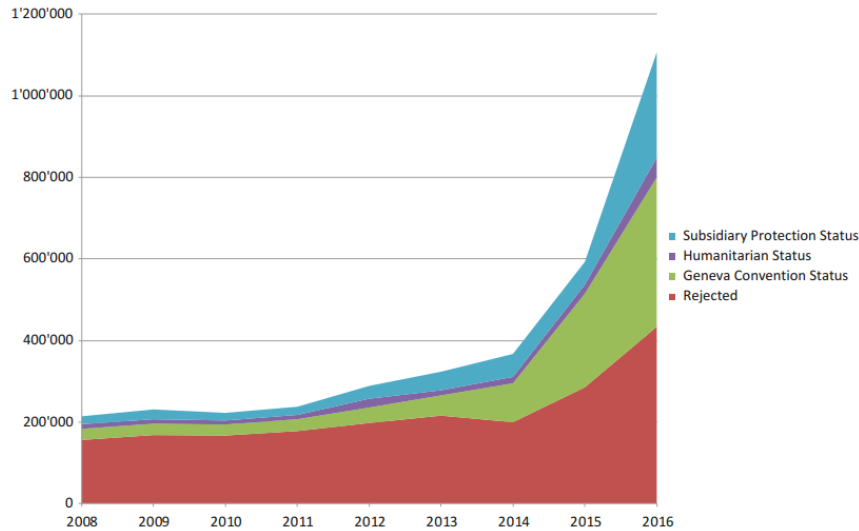


Figure 10: First instance decisions on asylum applications by type of decision—annual aggregated data. Source of data: Eurostat

| Country | Percentage with positive first instance decision | Rejected | Total positive | Geneva convention status | Humanitarian status | Subsidiary protection status | Total |
|---------|--|----------|----------------|--------------------------|---------------------|------------------------------|---------|
| EU28 | 51.9 | 285,165 | 307,510 | 229,460 | 22,080 | 55,970 | 592,680 |
| DE | 56.5 | 108,370 | 140,910 | 137,135 | 2070 | 1705 | 249,280 |
| FR | 26.5 | 57,280 | 20,630 | 16,790 | 0 | 3845 | 77,910 |
| IT | 41.5 | 41,730 | 29,615 | 3575 | 15,770 | 10,270 | 71,345 |
| SE | 72.2 | 12,375 | 32,215 | 12,740 | 1350 | 18,125 | 44,590 |
| UK | 36.6 | 24,115 | 13,950 | 12,175 | 1650 | 125 | 38,070 |
| CH | 64.1 | 7840 | 14,000 | 6285 | 5080 | 2630 | 21,840 |
| AT | 71.3 | 6050 | 15,045 | 12,590 | 355 | 2100 | 21,095 |
| NL | 80.4 | 4015 | 16,450 | 6660 | 390 | 9400 | 20,465 |
| BE | 53.9 | 8945 | 10,475 | 8825 | 0 | 1650 | 19,420 |
| DK | 81.1 | 2305 | 9920 | 7605 | 70 | 2245 | 12,225 |
| EL | 41.8 | 5610 | 4030 | 3665 | 10 | 355 | 9640 |
| NO | 66.0 | 3225 | 6250 | 5410 | 165 | 675 | 9475 |
| BG | 90.6 | 580 | 5595 | 4705 | 0 | 890 | 6175 |
| PL | 18.2 | 2870 | 640 | 350 | 120 | 165 | 3510 |
| HU | 14.8 | 2915 | 505 | 145 | 5 | 355 | 3420 |
| ES | 31.5 | 2220 | 1020 | 220 | 0 | 800 | 3240 |
| FI | 56.8 | 1280 | 1680 | 1060 | 160 | 460 | 2960 |
| CY | 76.8 | 480 | 1585 | 195 | 0 | 1390 | 2065 |
| MT | 83.9 | 240 | 1250 | 265 | 75 | 915 | 1490 |
| CZ | 34.5 | 875 | 460 | 55 | 15 | 390 | 1335 |
| RO | 36.4 | 840 | 480 | 240 | 0 | 235 | 1320 |
| IE | 33.0 | 665 | 330 | 150 | 0 | 180 | 1000 |
| LU | 23.9 | 590 | 185 | 170 | 0 | 15 | 775 |
| PT | 52.7 | 180 | 195 | 35 | 0 | 160 | 370 |
| HR | 21.6 | 145 | 40 | 35 | 0 | 5 | 185 |
| EE | 44.4 | 100 | 80 | 20 | 0 | 55 | 180 |
| IS | 27.8 | 130 | 50 | 30 | 5 | 15 | 180 |
| LT | 47.2 | 95 | 85 | 15 | 0 | 65 | 180 |
| LV | 11.8 | 145 | 20 | 5 | 0 | 15 | 170 |
| SI | 34.6 | 85 | 45 | 35 | 0 | 10 | 130 |
| SK | 61.5 | 50 | 80 | 5 | 35 | 40 | 130 |
| LI | 16.7 | 25 | 5 | 0 | 0 | 0 | 30 |

Table 1: Number of first instance decisions on asylum applications by type of decision and by country in 2015.

Convention relating to the Status of Refugees of 28 July 1951, as amended by the New York Protocol of 31 January 1967

Subsidiary protection status: means a person covered by a decision granting subsidiary protection status as defined in Art.2(g) of Directive 2011/95/EC i.e. ‘the recognition by a Member State of a third country national or a stateless person as a person eligible for subsidiary protection’

Authorisation to stay for humanitarian reasons: means a person covered by a decision granting authorisation to stay for humanitarian reasons under national law concerning international protection by administrative or judicial bodies. It includes persons who are not eligible for international protection as currently defined in the Qualifications Directive (Directive 2011/95/ EU) but are nonetheless protected against removal under the obligations that are imposed on all Member States by international refugee or human

rights instruments or on the basis of principles flowing from such instruments. Examples of such categories include persons who are not removable on ill health grounds and unaccompanied minors. This concept refers only to persons who have been previously reported as asylum applicants in the Asylum data collection. As a consequence, persons granted a permission to stay for humanitarian reasons but who have not previously applied for international protection are not included under this concept

The Routes

One of the interesting spatial aspects of the recent surge in the arrival of refugees and asylum seekers in Europe concerns the routes through which they arrive. The main routes to Europe according to FRONTEX are: the Western One, between Senegal, Mauritania and Morocco and the Spanish Canary Islands, the routes of Western, Central and Eastern Mediterranean, which respectively are those connecting Africa to Spain, Africa to Italy and Malta and finally Turkey with Cyprus, Greece and Bulgaria. In addition there are the Eastern Balkan route which it is also called the circular route from Albania to Greece, the Western Balkan route connecting the countries from the Western Balkan region to Greece, Bulgaria, Romania, Hungary and Croatia and last but not least the Eastern Route mainly used by Moldova, Ukraine, Belarus and Russia to enter Romania, Hungary, Slovakia, Poland, Lithuania, Latvia, Estonia, Finland and Norway.

The flows relative importance in quantitative terms changes in relation to shocks in country of departure but it might also change according to destinations' countries answers to fluxes e.g. the construction of border fences and walls or the implementation of restrictive hosting policies. For example, in 2015, Syria (23%), Afghanistan (16%) and Iraq (11%) represented half of the asylum demands in OECD countries. Looking at more recent data, they show that immigrants from Syria, Afghanistan and Iraq diminished and the number of migrants from Nigeria and Eritrea, increased. The change in nationalities, reflects the changing routes and port of arrival; while Greece received more migrants from Syria (46.6%), Afghanistan (24.2%) and Iraq (15.2%), Italy received a much greater variety of nationalities, and in particular Nigerians (21.0%), Eritreans (11.7%), Guineans (7.2%). Indeed, the central Mediterranean Route was the preferred one in 2016 and Italy saw a 115% increase in cumulative arrivals (177,729 in 2016 vs. 153,842 in 2015), while the Eastern Balkan route became less practiced and Greece saw in 2016 a 83% decrease in cumulative arrivals (175,666 arrivals in 2016 vs. 1,033,029 in 2015) (IOM 2016).

Refugees coming from different routes and different countries had different locations in Europe. As it can be observed in the maps of Figure 2. In particular, it is clear the higher presence of refugees from Afghanistan in the Balkans, and especially in Serbia. Refugees from Albania are predominantly present in Germany. Those from Syria are either in the Balkans, especially in Serbia, or in Germany and Sweden. Refugees from African countries, who follow the southern Mediterranean route have as a consequence a different distribution. In particular, those from Eritrea are in central and Northern European countries, Switzerland, Germany, The Netherlands, Sweden and Norway. Those from Somalia follow a similar path but even more concentrated in Germany and Sweden.

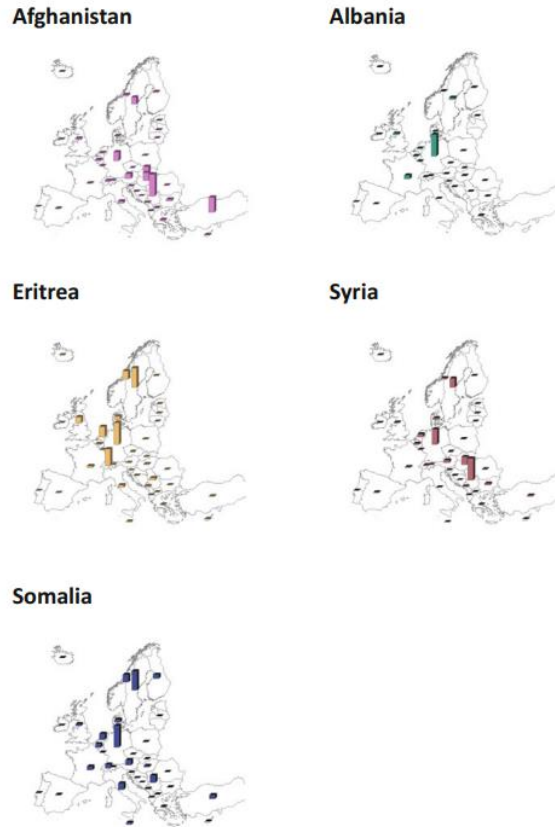


Figure 11: The spatial distribution of refugees by source and destination country in 2015 (selected countries only). Source: UNHCR

The hype in the flows in the Central Mediterranean Sea has been accompanied by a significant increase in the death toll because of the joint cause of adverse meteorological conditions and precarious ships used by human trafficker. It is difficult to estimate the death toll of the refugee crisis because of the substantial informality. However, an attempt was made by the project “Human costs of border control”. The period covered by the Deaths at the Borders Database is 1/1/1990 to 31/12/2013, reflecting the period under study by the broader research project. As a consequence, a few cases from the late 1980s—in Cadiz region, Spain, for instance—are missing. Nonetheless, the period covered captures the years in which ‘border deaths’ became a phenomenon in the southern EU border regions precarious ships, although we do not observe recent dramatic events. Given these data and data on refugees from the UN, it is possible to highlight the dramatic increase in the mortality risk in the Central Mediterranean route, as depicted in Figure 3.

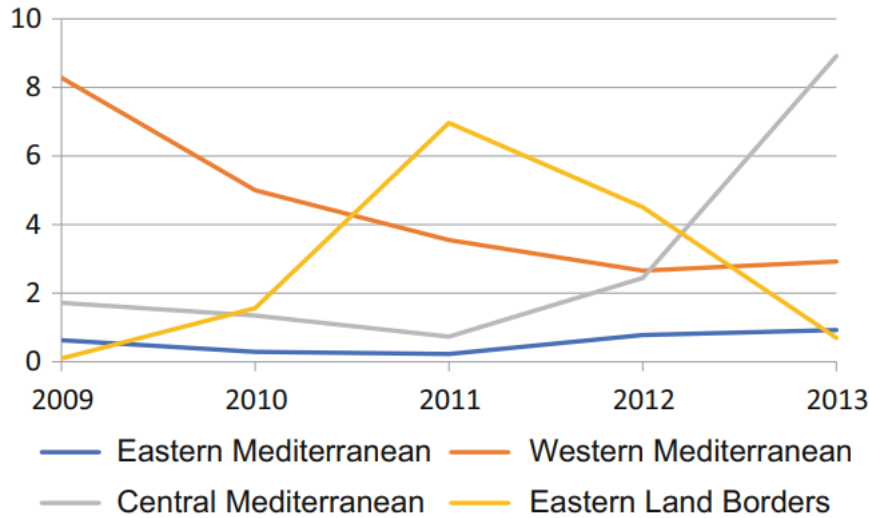


Figure 12: Mortality risk of major routes

ATTITUDES OF EUROPEANS TOWARDS REFUGEES

One of the major issues with the recent wave of refugees is certainly the issue of attitudes and opinions of Europeans towards asylum seekers, refugees and in general towards migrants, with the average citizen usually little informed on the differences between the three concepts, also because the political debate is too often (deliberately?) confusing in this sense. The wave has been accompanied by a severe economic crisis and several terrorist attacks. Although causality among those phenomena is far from being established, individuals form their opinions even by means of superficial perceptions and spurious correlations. In the previous sections, while reviewing the major literature, we have made also an attempt to clarify the uncertainty over the effect of refugees in destination countries. This uncertainty, along with some more general conditions, influences negative opinions of Europeans with respect to refugees. However, it should be noted that the fear of terrorism accompanied by a severe economic crisis should be thought to be as a major force behind the growing diffidence of residents.

People form their attitudes and opinions in several ways; it may take the form of an information network, which can be effectively used by politicians in order to persuade voters and then to gain political consensus or simply votes (Murphy and Shleifer 2004). Several sources of persuasion have been analyzed; people are often persuaded by those they personally interact with (Granovetter 1973); in the political debate, since voter awareness of specific issues is quite low, vulnerability to persuasion is high (Zaller 1992); Mullainathan and Shleifer (2005) develop a theoretical paper on the formation of social networks and on their use by politicians to obtain support; assuming that people are influenced by those inside their network, the model shows how entrepreneurs create networks using core issues that are centrally important to members. These networks can then be rented out to politicians who seek votes as well as support for other initiatives.

In the last two decades there has been an increase in the body of literature regarding public opinion towards migrants and immigration in general with particular attention to USA

and UK (see, for instance, Bauer et al. 2000; Card et al. 2009; Citrin et al. 1997; Dustmann and Preston 2007; Espenshade and Hempstead 1996; Hanson et al. 2007; Kessler 2001; Scheve and Slaughter 2001). More recently, Facchini and Mayda have considered the opinions of Europeans over migration policies and found that only a small portion of voters tend to support policies more open with respect to migrants.

The economic crisis is also a major driver of negative attitudes on refugees. Colloca (2016) has in fact argued that during bad times for the economy, people tend to focus on themselves and to reduce the extent of social networks. Under these circumstances, the spatial reach of trust is limited and sentiments of aversion, rivalry and revenge against who is perceived as an outsider may prevail. This argument is consistent with the theory of social capital as proposed by Banfield (1954) who postulated that uncertainty, inequality and an excessive reliance on short social ties are the main determinants of weak cooperative behavior and low generalized trust, that is trust in strangers. The framework proposed by Colloca (2016) introduces second order effects in this view as it states that economic downturns may change individuals' attitudes and behavior, especially in terms of their spirits of trust, cooperation and empathy for those out of their social networks. Fratesi et al. (2016), in studying the spatial allocation of refugees among Italian provinces have in fact found that strong and established communities are less prone to accept larger numbers of asylum seekers.

Recently, the Pew Research Center (2016) has reported results of a survey among Europeans regarding their opinions on refugees. About 59% perceive them as a threat to their security (Figure 4), as respondents think that refugees will increase the likelihood of terrorist attacks in their countries.

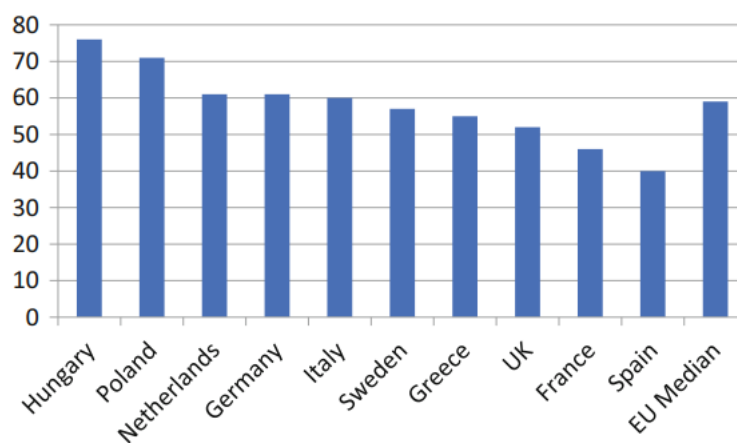


Figure 13: “Refugees will increase the likelihood of terrorism in our country” (top choice; %). Source: Pew Research Center (2016)

Half of European are also concerned about the impact of labour markets since 50% think that refugees will be a burden for their country because they will take their jobs and social benefits (Figure 5).

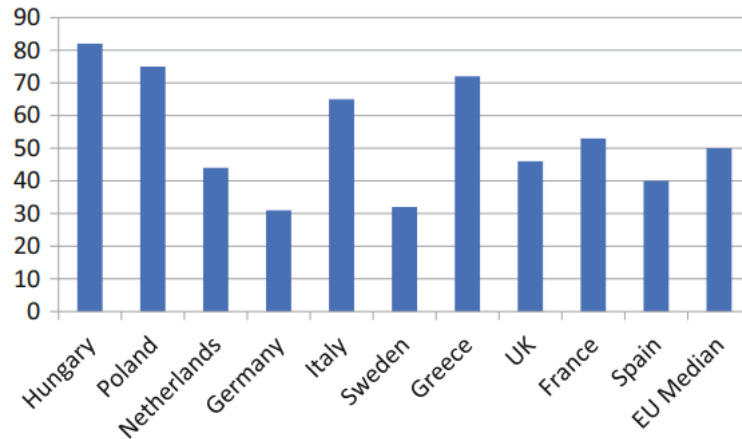


Figure 14: “Refugees are a 90 burden on our country because they take our jobs and social benefits” (top choice; %). Source: Pew Research Center (2016)

Interestingly, there is a considerable variation among countries with Hungarians and Poles as the most concerned and Italian and Greeks also raising their concern on the economic dimension. Considerably less “fear” is perceived with respect to crime as only 30% of Europeans think that refugees are a major cause of crime (Figure 6). Figures 7, 8 and 9 report simple and admittedly weak scatterplots in which the results of the survey are correlated with the effective presence of refugees in the countries, all variables being in a logarithmic scale. Despite the weak statistical power, let us consider the regression line as a reliable conditional expected value of the attitudes. Interestingly, respondents in all countries tend to overestimate the link between refugees and terrorism, whereas respondents to the question regarding the impact of refugees on labor markets seem to be relatively “rational”, as there seems to be no correlation between the presence of refugees and the perceived economic risk.

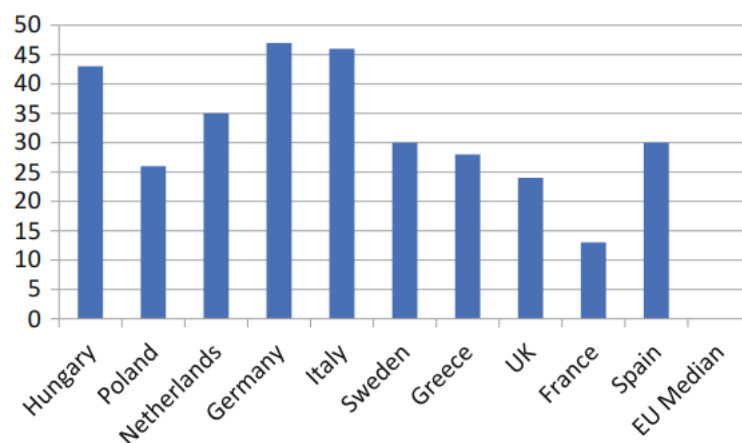


Figure 15: “Refugees in our country are more to blame for crime than other groups” (top choice; %). Source: Pew Research Center (2016)

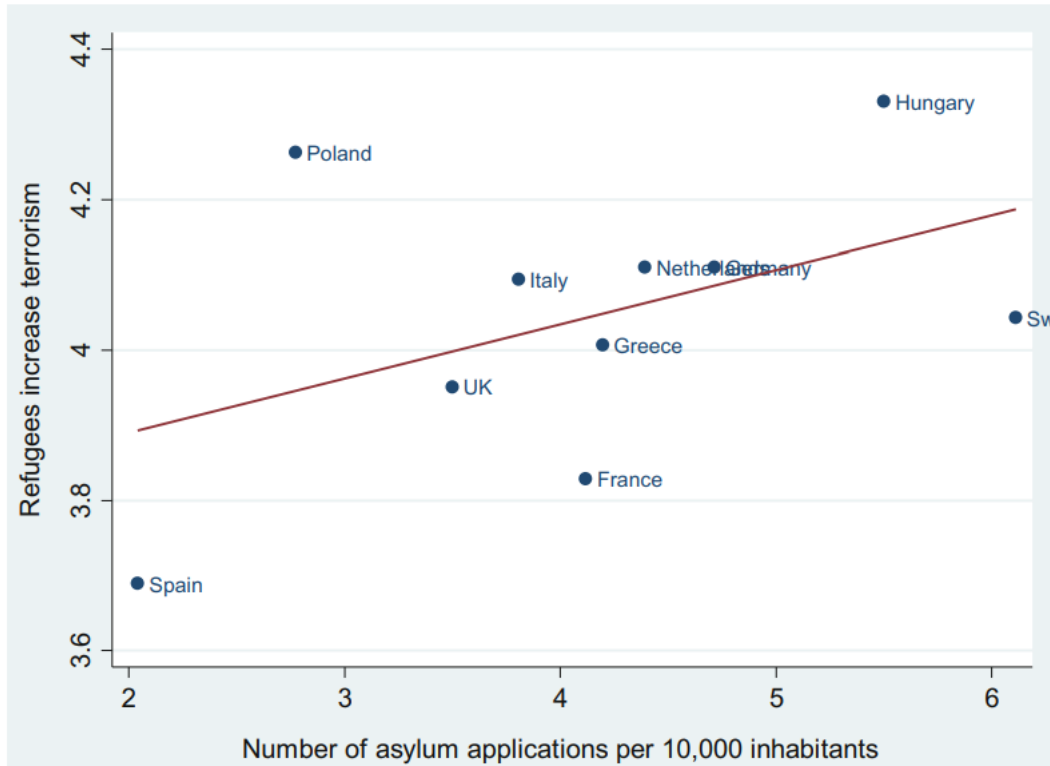


Figure 16: Presence of refugees and perceived terrorist threats.

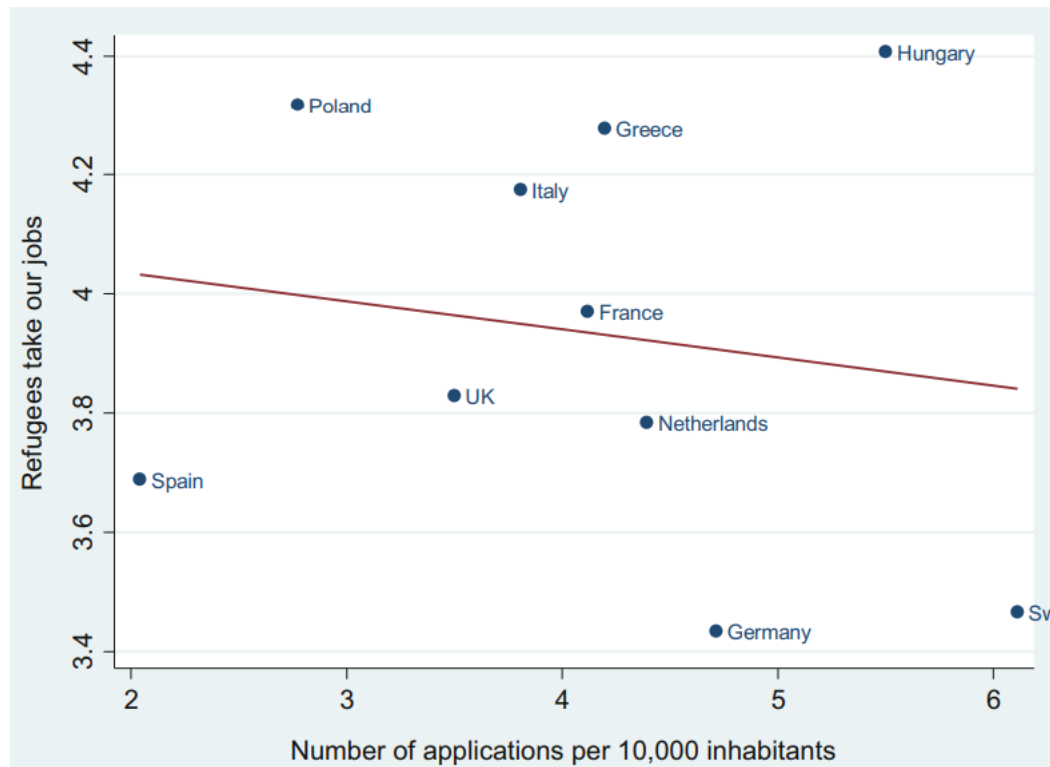


Figure 17: Presence of refugees and perceived economic threats

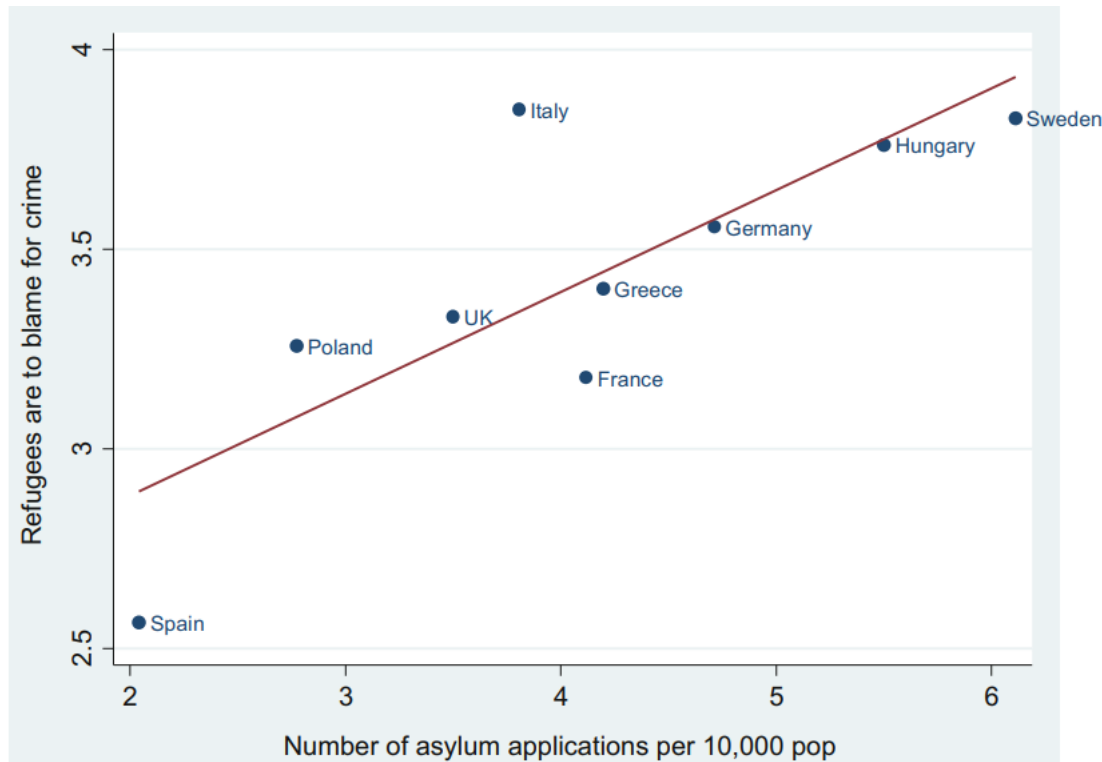


Figure 18: Presence of refugees and perceived crime threats

Overall, our analysis points at a positive association between the presence of refugees and the negative attitudes of Europeans, although in some cases an overreaction has been detected. This behavioral response is a policy ground that is neglected by most of the EU policy makers and provides fertile soil for the upcoming wave of nationalisms.

CONCLUSIONS

Political turmoil, civil conflicts and wars are driving the displacement of large mass of civilians in Africa and in the Middle East. A significant portion of those refugees decide to start a long and dangerous trip to Europe to seek asylum. From 2009 to 2015 European countries received 3–3.5 millions of applications to obtain asylum and this is causing significant issues in the EU. On one hand, this fosters nationalism and populism in most countries, with centrifugal effects between the EU and its members. On the other, the arrival and the distribution of refugees among EU members is a source of main concern for the cohesion of the Union because the large numbers make it more difficult the integration process.

Looking forward, we see in particular the following research avenues as especially fruitful and helpful from a socio-economic point of view:

- The analysis of the economic impact of refugees on places, which might depend on the human capital possessed by the refugees and on the economic structure or the places where they end up.
- The analysis of the social impact of refugees on places, which depends on the personal characteristics of the refugees and on the social characteristics of places.
- The analysis of the impact of places on the well-being of refugees, since different places could provide different integration opportunities.

- An analysis of the impact of refugees on the local innovation systems. In fact, refugees could provide new knowledge or new ideas which could spark, in some cases, the economic and social innovativeness of places, especially where innovation is not so diffused.

Finally, and in a positive perspective, migration policies should be informed by rational and consistent data and analyses. We have in fact documented, although in a rudimentary way, that individuals tend to overreact to the presence of asylum seekers and refugees and this is fertile soil for public discontent with respect to the European Union. Efforts should be made to provide not only correct information, including a clearer distinction between asylum seekers, refugees and migrants, but also to understand in-depth the sources of fear and shape policies and their communication campaigns accordingly. Although a harmonized regulation is needed for granting asylum, policies meant to integrate migrants should be conceived at a more local level, where refugees and asylum seekers in fact locate or are located.

REFERENCES

- 1- Akgunduz YE, van den Berg M, Hassink W (2015) The impact of refugee crises on host labor markets: the case of the Syrian refugee crisis in Turkey. IZA discussion paper no 8841
- 2- Baez JE (2011) Civil wars beyond their borders: the human capital and health consequences of hosting refugees. *J Dev Econ* 96(2):391–408
- 3- Banfield E (1954) *The moral basis of a backward society*. Free Press, New York
- 4- Bauer TK, Lofstrom M, Zimmermann KF (2000) Immigration policy, assimilation of immigrants and natives' sentiments towards immigrants: evidence from OECD countries. IZA discussion paper no. 187.
- 5- Borjas GJ (2015) Immigration and globalization: a review essay. *J Econ Lit* 53:961–974
- 6- Card D (1990) The impact of the Mariel Boatlift on the Miami labor market. *Ind Labor Relat Rev* 43(2):245–257.
- 7- Card D, Dustmann C, Preston I (2009) Immigration, wages and compositional amenities. NBER WP 15521.
- 8- Carrington WJ, De Lima PJ (1996) The impact of 1970s repatriates from Africa on the Portuguese labor market. *Ind Labor Relat Rev* 49(2):330–347.
- 9- Citrin J, Green D, Muste C, Wong C (1997) Public opinion toward immigration reform: the role of economic motivation. *J Polit* 59(3):858–881.
- 10- Colloca P (2016) *La "recessione" civica. Crisi economica e deterioramento sociale*, Bologna: il Mulino.
- 11- De Haas H (2010) Migration and development: a theoretical perspective. *Int Migr Rev* 44 (1):227–264.
- 12- Di Maria C, Stryszowski P (2009) Migration, human capital accumulation and economic development. *J Dev Econ* 90(2):306–313.
- 13- Dustmann C, Preston I (2007) Racial and economic factors in attitudes to immigration. *B E J Econ Anal Policy* 7:Article 62

- 14- Dustmann C, Fadlon I, Weiss Y (2011) Return migration, human capital accumulation and the brain drain. *J Dev Econ* 95(1):58–67
- 15- Dustmann C, Fasani F, Minale L, Frattini T, Schoenberg U (2016) On the economics and politics of refugee migration. CReAM DP No 16/16
- 16- Espenshade TJ, Hempstead K (1996) Contemporary American attitudes toward U.S. immigration. *Int Migr Rev* 30:535–570
- 17- European Parliament (2016) Directorate general for internal policies. Policy department A: economic and scientific policy. Labour market integration of refugees: strategies and good practices. European Parliament
- 18- Fonseca M, Fratesi U (eds) (2016) Regional upgrading in Southern Europe – spatial disparities and human capital. Springer, Berlin
- 19- Fratesi U, Percoco M, Proietti P (2016) Who welcomes them? Determinants of the spatial distribution of asylum seekers in Italy. Mimeo
- 20- Glitz A (2012) The labor market impact of immigration: a quasi-experiment exploiting immigrant location rules in Germany. *J Labor Econ* 30(1):175–213
- 21- Granovetter M (1973) The strength of weak ties. *Am J Sociol* 78(6):1360–1380
- 22- Hanson GH, Scheve K, Slaughter M (2007) Public finance and individual preferences over globalization strategies. *Econ Polit* 19:1–33
- 23- Hunt J (1992) The impact of the 1962 repatriates from Algeria on the French labor market. *Ind Labor Relat Rev* 45(3):556–572
- 24- International Organization for Migration (IOM) (2015) How the world views migration. International Organization for Migration, Geneva
- 25- IOM (2016) Migration flows to Europe. The Mediterranean digest. Report N.3
- 26- Ismu (2017) Richiedenti asilo e protezione internazionale: il 2016 è l'anno dei record, Comunicato Stampa. http://www.ismu.org/wp-content/uploads/2017/02/Comunicato-Ismu-richiedenti-asilo_febbraio-2017_pdf. Accessed 15 July 2017
- 27- Kanbur R, Rapoport H (2005) Migration selectivity and the evolution of spatial inequality. *J Econ Geogr* 5(1):43–57
- 28- Kessler (2001) Immigration, economic insecurity, and the “ambivalent” American public. The Center for Comparative Immigration Studies. Working paper no. 41
- 29- Martin I et al (2016) From refugees to workers mapping labour-market integration support measures for asylum seekers and refugees in EU member states. Bertelsmann Stiftung, Gütersloh
- 30- Maystadt J-F, Duranton G (2014) The development push of refugees: evidence from Tanzania, University of Pennsylvania, Mimeo
- 31- Moro B, Beker VA (2016) Modern financial crises: Argentina, United States and Europe. Springer, Berlin
- 32- Moser P, Voena A, Waldinger F (2014) German-Jewish Émigrés and U.S. Invention. *Am Econ Rev* 104(10):3222–3255
- 33- Mullainathan S, Shleifer A (2005) The market for news. *Am Econ Rev* 95(4):1031–1053
- 34- Murphy K, Shleifer A (2004) Persuasion in politics. *Am Econ Rev* 94(2):435–439
- 35- OECD (2016) International migration outlook 2016. OECD Publishing, Paris
- 36- Pedersen PJ, Pytlikova M, Smith N (2008) Selection and network effects-migration flows into OECD countries 1990–2000. *Eur Econ Rev* 52(7):1160–1186

- 37- Pew Research Center (2016) Europeans fear wave of refugees will mean more terrorism, fewer jobs. Pew Research Center, Washington, DC
- 38- Rodriguez-Pose A, von Berlepsch V (2012) When migrants rule: the legacy of mass migration on economic development in the United States. *Ann Assoc Am Geogr* 103(3):628–651
- 39- Ruist J (2015) The fiscal cost of refugee immigration: the example of Sweden. *Popul Dev Rev* 41 (4):567–581
- 40- Scheve KF, Slaughter MJ (2001) Labor market competition and individual preferences over immigration policy. *Rev Econ Stat* 83:133–145
- 41- United Nations, Department of Economic and Social Affairs, Population Division (2013) *International Migration Report 2013*, New York
- 42- United Nations High Commissioner for Refugees (UNHCR) (2015) *Global report*, Geneva
- 43- Waldinger F (2010) Quality matters: the expulsion of professors and the consequences for PhD student outcomes in Nazi Germany. *J Polit Econ* 118(4):787–831
- 44- Wang Z, De Graaff T, Nijkamp P (2016) Cultural diversity and cultural distance as choice determinants of migration destination. *Spat Econ Anal* 11(2):176–200
- 45- World Bank (2006) *Global economic prospects 2006 economic implications of remittances and migration*. The International Bank for Reconstruction and Development/The World Bank, Washington, DC
- 46- Zaller J (1992) *The nature and origins of mass opinion*. Cambridge University Press, Cambridge

EFFECTIVENESS OF TURKISH DISASTER MANAGEMENT SYSTEM AND RECOMMENDATIONS

Omed Hakeem Mousa MOUSA

Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi, - ORCID ID: 0009-0006-2872-1880
Doç. Dr. Hüseyin MERTOL

Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi, - ORCID ID: 0000-0001-8048-0814

Yl. Öğr. Yunus ERGÜN

Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi, - ORCID ID: 0000-0002-2986-6073

ABSTRACT

Turkey has always been vulnerable to various kinds of natural disasters because of its geology, topography and meteorological conditions. It is at risk from a range of complex emergencies. Statistically, a large-scale disaster happens every seven to eight years. Earthquakes, landslides, floods, drought, rock falls and avalanches are the main natural disasters. Deforestation and soil erosions exacerbate these disasters. Earthquakes account for 97 per cent of deaths and injuries caused by natural disasters. In Turkey many problems in organizing a proper disaster management and response system are institutional and organizational. Absence of a single organizational structure focused on disaster management, including all disaster management aspects, dramatically exacerbated the impacts of disasters. The study is concentrate on institutional actors and deal with issues of coordinating disaster management aspects considering the past experiences.

Keywords: Turkey, Natural Hazard, Disaster, Disaster Management.

INTRODUCTION

Turkey lies between the Black Sea and the Mediterranean Sea, bridging Asia and Europe and is located within the rectangle bounded approximately by latitudes 36-42 degrees north and longitudes 26-44 degrees east. It comprises an area of 778 000 square kilometers. The land borders of Turkey are 2 573 kilometers in total and the coastlines (including islands) are 8 333 kilometers. The country has influential geo-political status because its location serves as a natural bridge between Europe and Asia. Between 1990 and 2008, the Turkey's population grew by almost 15.05 million: from 56.47 million to 71.52 million. About 75% of the population was classified as urban in 2008. The population is expected to grow to 84.3 million by 2020, of which three-quarters will live in urban areas (3, 6).

Turkey is in a region that is politically vulnerable and prone to natural disasters. It is at risk from a range of complex emergencies. Statistically, a large-scale disaster happens every seven to eight years (Table 1) (1). In Turkey, disasters are both natural and human made, causing serious disruption of normal daily life, causing widespread human, material or environmental losses that exceed the ability of the affected populations and the government to cope using its own resources. In general, the country is subjected to earthquakes, floods,

landslides, avalanches and forest fires, with earthquakes having by far the greatest impact on population and infrastructure (4, 11, 15).

UNDERSTANDING THE POTENTIAL RISKS

Turkey is located on a highly active Eurasian Geological Plate which has caused numerous big scale earthquakes throughout the history. On the basis of the current official earthquake hazard zoning map of Turkey (Fig. 1), 92% of the total surface area and 95% of the total population are situated in zones of varying degrees of seismic risk; 75% of the industrial centers are located in these earthquake prone areas. Moreover, 53% of the land, 50% of the population and 15% of industry are situated in areas of first and second degree risk, liable to a violent earthquake any time. Table 2 presents elements such as population, surface, surface area, major industry centers and dams under risk in Turkey (5).

The table shows that approximately half of the surface area is under high earthquake risk and about half of the population lives in either highest or high-risk zones.

The long written history of Turkey includes descriptions of many destructive earthquakes during the past thousand years. The earliest earthquake records date back to 411 B.C. There have been nearly 100 earthquakes with magnitudes 7.0 or greater in Turkey. Also 14 earthquakes with casualties more than 10 000 have occurred since 342 A.D. As a result Turkey ranks high among the countries which have suffered significant losses of life and property due to earthquakes (22). Over 80 000 people have lost their lives as a result of 80 big earthquakes that have occurred in Turkey over the last century. The most important events were the earthquakes on 17 August 1999 and 12 November 1999, with magnitude of 7.4 and 7.2 respectively, which took place on the populated and industrial north-western parts of Turkey. According to official data, the earthquakes caused 18 373 deaths and 48 901 injuries and according to official figures 311 693 residential units and 46 538 business units either collapsed or were lightly to heavily damaged in an area of some 30 000 km², including eight urban agglomerations and the country's industrial and economic centre (10, 12, 14).

Landslides account for over 25% of Turkey's natural disasters. From 1955 to 2007 landslides affected 4500 settlements and killed 200 people. In this period 65 000 dwelling units were relocated to safer places. Landslides frequently affect inner Anatolia, Eastern Anatolia and particularly the Black Sea regions in Turkey (4, 11).

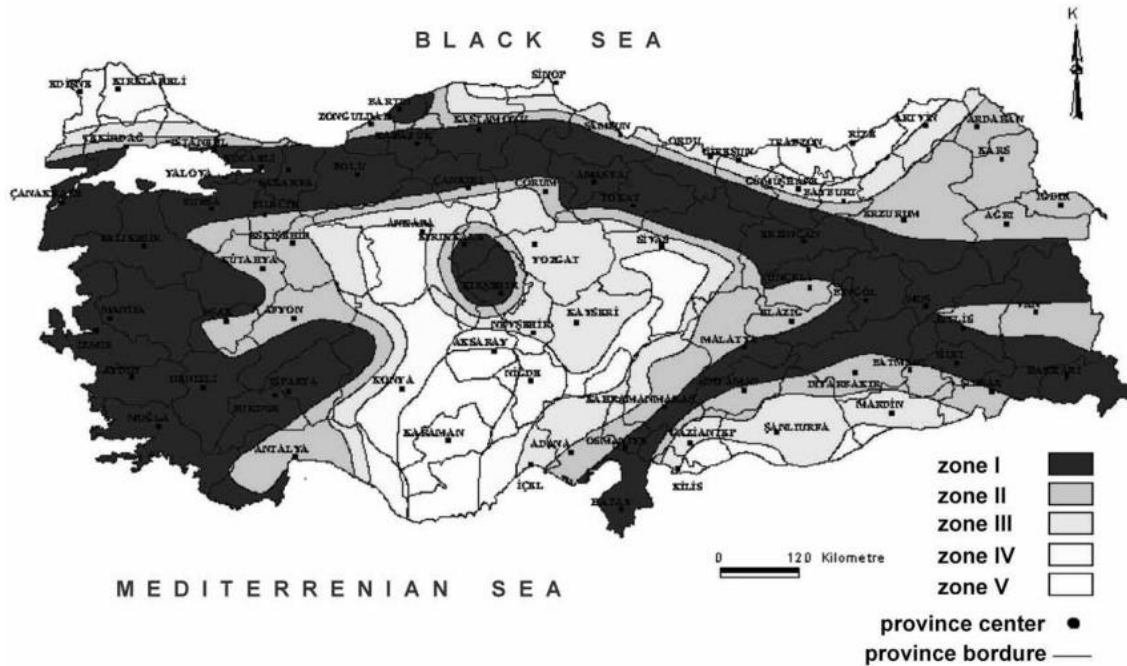


Figure 19: Earthquake zone map of Turkey (GDDA, 2009).

| Type of Disaster | No of Events | Killed | Total Affected | Damage (000 US\$) |
|---------------------|--------------|--------|----------------|-------------------|
| Earthquake | 71 | 88538 | 6874596 | 22 941 400 |
| Epidemic | 8 | 613 | 204855 | - |
| Extreme temperature | 7 | 100 | 8450 | 1000 |
| Flood | 35 | 1274 | 1743386 | 1645500 |
| Dry mass movement | 1 | 261 | 1069 | - |
| Wet mass movement | 1 | 135 | - | - |
| Avalanche landslide | 7 | 269 | 13275 | 26000 |
| Storm | 9 | 100 | 13639 | 2200 |
| Forest fire | 5 | 15 | 1150 | - |

Table 2: Summarized Table of Natural Disasters in Turkey from 1900 to 2009 (EM-DAT, 2009).

| Earthquake Zone | Population (%) | Surface Area (%) | Major Industry Centers (%) | Dams (%) |
|-----------------|----------------|------------------|----------------------------|----------|
| Zone I | 22 | 14.8 | 24.7 | 10.4 |
| Zone II | 39 | 28.4 | 48.8 | 20.8 |
| Zone III | 24 | 28.8 | 12.0 | 33.3 |
| Zone IV | 20 | 19.4 | 12.6 | 27.1 |
| Zone V | 5 | 8.6 | 1.7 | 8.4 |

Table 3: Major risk zones and percentage in total area of Turkey (GDDA, 2009).

Floods are among the most frequent and costly natural disasters in Turkey in terms of human suffering and economic losses. Floods account for over 10% of Turkey’s natural disasters. In the period of 1955 – 2007 there have been 1400 flood occurrences that caused 1400 deaths and collapse of 65 000 dwelling units. In the same period according to the disaster database, 775 rock falls have occurred and have caused 34 deaths and 27 000 house damages. Snow avalanches are frequently observed in eastern and south eastern regions, where snow fall is heavy. Since 1950 there have been 389 snow avalanches which caused 1039 deaths and 5200 house damages (4, 7, 15, 21).

In the 50s Turkey faced heavy natural disasters: Erzincan Earthquake (1992), Flood in Black Sea Region (1998), AdanaCeyhan Earthquake (1998), Marmara Earthquake (1999), Hakkari Earthquake (2004) and Sivas Landslide (2005). Direct economic losses due to natural disasters are expected to be 1% of GDP every year. Losses like decrease on the market, production losses and unemployment are even greater. The probability of economic losses exceeding 11.4 billion US\$ in one year is about 0.5%. This is about 6% of the country's GDP. The probability of annual losses exceeding 3.5 billion US\$ is about 5%.

For Istanbul, a worse-case scenario earthquake of 7.5 is assumed to take place along the Main Marmara Fault of North Anatolian Fault Zone. Probability of occurrence of a large earthquake in Istanbul in the next 30 years is greater than 65%; in next 10 years is greater than 20%. Secondary impacts may be triggered by a large earthquake, liquefaction and subsidence of soil, landslides along the coastal areas damaging transportation lines, infrastructure and fires, particularly from ruptures of natural gas pipeline infrastructures (4, 11, 15).

In Turkey 80% of the land area is subjected to various levels of soil erosion. Between the years 1955 – 2007, 500 000 hectares of land have been subjected to reforestation and erosion control activities by the Ministry of Environment and Forest. During the 1977 – 2007 periods, there were 69 000 incidents of forest fires which consumed 1.5 million acres of forest land. Statistics shows that every year 13 000 hectares of forest land are burned.

Severe droughts were experienced during the springs of 1999 and 2000, in the southern regions of the country causing 30% of agricultural losses. Extreme heat waves have not only caused increased forest fires but also human and animal deaths. Climate changes lead to ecological, environmental, social and economic problems in Turkey. In a country that doesn't have any petroleum resources, energy deficits caused by climate changes can be expected to become more important in the future infrastructure (4, 11, 15).

AN OVERVIEW OF DISASTER MANAGEMENT IN TURKEY

Development of Disaster Management (DM) System and National Strategies in Turkey can be divided into four distinct periods (4):

1. **Pre- 1944 period:** There were no effective policies for DM;
2. **1944 – 1958 period:** Period with feeble countermeasures: Government declared Law No: 4623 in 1944 for the foundation of DM activities in Turkey. In this period 'Development Law (Law No: 6785) and Civil Defense Law (Law No: 7126) were also enacted.
3. **1959 – 1999 period:** National Assembly passed Law No. 7269 (Disaster Law) and established a new Ministry which is responsible for the coordination and implementation of states obligations according to Law 7269 and 6785.
4. **Post 1999:** Awakening Period: The enormity of the losses from 1999's two big earthquakes forced the government to promulgate 7 new laws and 32 decree laws to improve the national disaster management system.

Currently, Turkey Emergency Management General Directorate (TAY) of the Prime Ministry, General Directorate of Disaster Affairs (GDDA) of the Ministry of Public Works and

Settlement and General Directorate of Civil Defense (GDCCD) of Ministry of Interior are in overall responsibilities with respect to disaster management duties in Turkey.

Municipalities and governorships are also responsible for mitigation and response activities. Turkish Red Crescent Society (TRCS) is an integral and important part of overall disaster management structure in Turkey. It is represented at national and provincial level committees. The TRCS is active in the areas of disaster preparedness and response, bloodtransfusion services, first aid and temporary housing units (tents). There are many ministries, Turkish Armed Forces, state agencies and institutions, NGO's, foundations, S&R groups involved in disaster preparedness and response activities.

Disaster Management system of Turkey is highly centralized and hierarchical (Fig. 2). Responsibility for DM goes bottom-to-up, from district to province and to national level depending on the scale of the event. Small scale disasters can be handled first at district level. If the disaster surpasses the capacity of district level the provincial governor, who heads the "provincial rescue and relief assistance committee" (known as a crisis committee) involved response and recovery activities. If a major event occurs that requires central government intervention, the "Central Coordinating Committee for Disaster" coordinates the response efforts for the disaster. These structures were installed in 1959 through Law No: 7269 (Disaster Law). Law No.7269, "Measures and Assistance to Be Put Into Effect Regarding Natural Disasters Affecting the Life of the General Public" sets forth the fundamental components of disaster management in Turkey. The basic principle of the law is to enable government to cope with disasters at the provincial level through what is designated as the Provincial Committee (2, 17, 18).

General Directorate of Disaster Affairs (GDDA): the major legislation pertaining to the implementation of GD is Law No: 7269. The law determines the protective and preventive measures as well as regulates the activities to be undertaken before, during and after natural disasters and defines guidelines for terms and condition of assistance to be provided to affected people. GDDA, which was founded in 1964, is composed of seven departments (5):

- Earthquake Research;
- Disaster Damage Assessment and Survey;
- Emergency Relief and Machine Support;
- Planning and Indemnification of Affected Populations;
- Disaster Fund Administration;
- Temporary Housing;
- Prefabricated House Construction;

The GDDA is entrusted with the following responsibilities:

- To provide emergency relief and coordination when a disaster strikes;
- To take short and long term measures in disaster stricken areas in order that urgent settlement and shelter is provided;
- To identify natural disaster prone area, taking the required measures to prevent disasters;
- To make preparations, all kind of plans, projects, implementations, management and auditing.

The goal and purpose of the civil defense organization is to minimize the life losses and other type of losses during warfare and disasters. Civil Defense Law (Law No: 7126) explains the main purposes of the organization as follows (4):

- To secure the lives and belongings of the civil people during war,
- To save lives and belongings of people during disasters;
- To reduce the damage to the lives and the belongings of victims in a fire;
- To build up morale among civilians.

GDCD's responsibilities are as follows:

- To set up Civil Defense Service nationwide and to ensure planning application, coordination and supervision of measures in government and private establishments;
- To plan and execute all activities for unarmed protection, emergency help and first aid;
- To set the standards for fire departments and to educate, supervise and coordinate;
- To train civil defense staff and inform the public about CD;

GDCD has a Civil Defense College in Ankara for training, search and rescue and firefighting teams.

GENERAL DIRECTORATE OF TURKISH EMERGENCY MANAGEMENT

Although Law No: 7269 gives the overall coordination duty to the Ministry of Public Works and Settlement, in practice there were some difficulties to coordinate the ministry on that level, therefore higher authority was necessary for coordination by using the power of Prime Ministry. For this reason after the 1999 two big earthquakes, TEMAD was established by Decree No: 600 in June 2000. The main responsibilities of TEMAD are (4, 17):

- To have emergency management centers established in governmental organizations for effective realization of EM, identifying their working principles;
- To monitor and evaluate the organizations taking necessary measures to prevent situations that requires EM;
- To carry out coordination services in utilizing all kinds of land, marine and aviation vehicle, when EM is applied;
- To make incentive arrangements for volunteers and organizations that provide relief in emergency situations and to coordinate both national and international relief workers.

Crisis management arrangements were developed in early 1990's in Turkey. Crisis Management Center in the office of the Prime Ministry is a nationwide general coordinating body that includes (4):

- Crisis Coordination Board;
- Crisis Monitoring and Assessment Board;
- Secretariat.

Crisis Management Center carries out the missions and responsibilities in accordance with the procedures in national legislations and in national plans. CMC in the office of the Prime Ministry is activated by the PM upon the proposal of the National Security Council, Board of Ministers, or State of Secretary who is responsible for CM or Secretary General of NSC, if there are some clear indications of crisis. According to its regulation, it has been

established with core personnel in peace time. After it has been decided to activate in times of crisis, according to the type of crisis, it is augmented by the members of related ministries and institutions. If crisis management failed and in the case of escalation of the crisis, it may be proposed by CCB to competent this bodies in order to declare state of emergency, martial or mobilization and war.

Crisis Coordination Board

CCB is chaired by the Prime Minister or one of the State of Secretary. Its members are related ministers in accordance with the type of crisis, Chief of the General Staff and The Secretary General of NSC. CCB may meet upon the Prime Minister or one of the members of CCB, It also may convene by Crisis Monitoring and Assessment Board in situation warrants. CCB is responsible for (4, 11):

- Making assessments about the proposals and information provided by Crisis Monitoring and Assessment Board and determining essentials of political guidance;
- Taking necessary decisions related to problems in light of these assessments;
- Monitoring implementations about decisions and their executions;
- Deciding establishment of ministerial and provincial centers.

Crisis Monitoring and Assessment Board

CMAB, under the CCB is chaired Under Secretary of Prime Minister. It is composed of undersecretaries of related ministers and chairmen of the other organizations concerned. It convenes upon the decision by the CCB. If it is required it may be called to convene upon the Secretariat of The Crisis Management Center of Prime Minister. CMAB is responsible for:

- Assessing the information about crisis;
- Determining the measures to be taken dealing with crisis according to these assessments and initiating implementation of these measures;
- Coordinating among related ministries and organizations;
- Guiding the activities to be maintained by authorities in order to allocate public resources such as equipment, personnel and other means;
- Monitoring the implementations on decisions and directives by the Council of Ministers and CCB and providing their implementations;
- Proposing state of emergency, martial, and state of mobilization and war to CCB if necessary;
- Inviting CCB to convene in the matters which are not under its authorities;
- Delegating Secretariat about some services and activities if required;
- Monitoring the implementation and decisions and directives by the Council of Ministers and CCB and providing their implementation

The Secretariat is composed of the representatives and experts of Prime Ministry, Turkish General Staff, ministries concerned General Secretariat of NSC and other representatives of related organizations. According the Regulation on CMC it was established with core personnel at the General Secretariat of NSC in the peacetime. After it has been decided to activate in times of crisis, it is augmented by officials who have good knowledge in their field of concern from related ministries and institutions.

Secretariat

The Secretariat's duties and responsibilities are divided into two categories, in times of crisis and peace, according to the Regulation on CMC. In the peacetime The Secretariat is responsible for (4):

- Maintaining equipments and devices communication means in CMC;
- Providing training for officials who are carrying out their duties at ministerial, provincial and organizational crisis centers;
- Monitoring current crisis arrangements and undertaking necessary planning activities regarding to these legislation;
- Preparing reports on the situation of current crisis centers and submitting it to PM;
- Gathering information for crisis and providing necessary information to related authorities or Monitoring implementation for crisis;
- Providing the necessary information to the public by mass media.

There has also been CC on central and local levels. Central ones have been established at Turkey General Staff and others at every ministry and concerned organization. Local ones have been established at provinces and towns. They are responsible for:

- Monitoring and evaluating crisis;
- Determining the requirements;
- Providing coordination among the organizations;
- Reporting the implementations to the CMC in the office of PM;

Provincial Level: The organizational structure for DM at provincial level is under the authorizations of the governor. Each governorship establishes a "Provincial Rescue and Aid Committee". There are nine service groups within this body during disasters to implement effective response and recovery efforts. Districts also establish the same structure for their own DM activities (4).

EFFECTIVENESS OF THE DISASTER MANAGEMENT SYSTEM

Turkey's Disaster Management System was focused mainly on the post-disaster period and there were no incentives or legislations to encourage risk analysis or risk reduction approaches before the 1999 two major earthquakes. After these events with big impact the main concepts of Disaster Management System has been changed. Many new laws, regulations and other instruments on planning and implementations in all phases of disaster (mitigation, preparedness, response, recovery and rehabilitation) were accepted. But the disaster risk reduction system of Turkey is still mainly centralized. The institutional organization for disaster management and planning has a chaotic nature, namely the duties and responsibilities of some of the institutions often create confusions (20). Depending on the magnitude and intensity of the event, responsibilities move from provincial to national level. At the moment there are three main governmental organizations dealing with disaster related issues. General Directorate of Disaster Affairs under Ministry of Public Works and Settlement, G.D. of Civil Defense under Ministry of Interior and Turkish Emergency Management G.D. under Prime Ministry are the main actors in this field. Their roles and responsibilities are clearly defined by laws and legislations and each unit has their own budget allocated from national annual budget. In

addition to those laws and regulations some ministries like Ministry of Environment and Ministry of Health, etc. are involved in disaster risk reduction and post disaster response and rehabilitation issues. Since the responsibilities and roles of each unit are clearly defined, the abundance of too many units is believed to cause sometimes hierarchy problems when responding. The necessary coordination and cooperation amongst the institutions responsible from DRR may sometimes be poorly conducted. Agencies responsible for DRR activities need strong financial resources and when distributed between several units they become inadequate (4, 20).

Unlike the central government, local governments are not given any real responsibility with respect to disaster management. The current legal regulations do not specify any administrative role for the municipalities, NGOs, professional organizations, headmen (muhtars) and citizens, but holds them responsible for carrying out the duties assigned by the central authority. Moreover, these parties are not given any discretion neither for planning, nor for mitigation stages. Local governments and non-governmental organizations are not given opportunities to play a sufficient role in these issues. There is still lack of knowledge of modern disaster risk factors, therefore, that results in lack of action and weak awareness of population and institutions. Education about disaster risk is offered in primary and high schools, but there is no systematic educational program for the general public. Development of standards for public education and community organizations, reaching the public at large, active participation of public, training the trainers and production of training materials has not been considered. Although the educational efforts underway so far are valuable and have reached a large number of people, the current situation can be summarized as a pervasive state of un-preparedness. The educational work done so far focused solely on “what and how to do”. Information on earthquakes is presented, non-structural mitigation is demonstrated, what to do during an earthquake is shown and a trial is made. This focus is certainly important. Yet, clearly another focus is required; which is to find the mechanisms to get the public to take action.

National DMS has a response-based strategy and there is a budget for only post-disaster activities (response, search and rescue, sheltering). The country has no national strategy for management and reduction of the risks from disasters. There is not a national disaster management plan to guide all the organizations at central and local level. As a result the local emergency plans are not prepared as they should be. The priorities, allocation of roles and responsibilities; the resources to be utilized are not included in the plans. Due to the inconsistency in macro level policies and standards, the central government fails to provide efficient assistance to local governments in tackling disasters. The legal system does not incorporate plans and programs for disaster mitigation which in fact can be used as means to support effective community participation (2, 11, 15).

CONCLUSIONS AND RECOMMENDATIONS

Turkey’s geological, seismic, topographical and climatic characteristics combine to provide a settling for many types of disasters. The last twenty years of major disaster experience have clearly shown us the shortcomings and weaknesses of the DM strategies and systems that exist in Turkey. Legislations are the main tools to perform the policies. In Turkey, after the Marmara Earthquake the legislations were reviewed in order to obtain a “comprehensive disaster management”. The major shortcoming is considered the focus on dealing with disasters

after they have happened and largely ignored prevention and risk reduction. In existing legislation some additional points should be added:

- The pre-disaster phases and characteristics of “proactive” disaster management system should be emphasized, clearly defined and the role and responsibilities should be reallocated accordingly, both at local and national level;
- The coordination for pre- and post-disaster activities should be clearly defined;
- The financial issues regarding to both pre-and postdisaster phases (including risk transfer mechanisms) should be clearly defined and the resources and funds should be allocated;
- The monitoring and auditing mechanisms should be strengthened;
- The enforcement legislations should be introduced.

The last 5-year development plan includes pre-disaster policies, but the approach is not totally “proactive” yet. The term of proactive disaster management should be introduced and integrated into all related sectors policies, such as urbanization, agriculture, industry, etc. As a result of the current fragmented and poorly coordinated approach to disaster management, there is no integrated national disaster management strategy or plan that supports local level responses to emergencies and disaster mitigation in the long-term (13). There is also no adequately defined governmental policy for the provision of eviction and settlement (risk analysis estimations and planning models for pre-disaster monitoring) of people who are settled in disaster zones.

There is no single national coordinating agency for disaster management in Turkey. The pre and post activities of a disaster related subject should be executed by the same organizations, which also have the responsibility of implementation of the related subject. At the national level, the coordinating body (TEMAD) should operate more effectively. There should be specific units in TEMAD working on the specific phases of the disaster management and they should coordinate the national level activities of the organizations. Furthermore, these units should cooperate with each other to share information and maintain the sustainability of the activities. At the local level there is a need for a coordinating unit. The coordination units at national and local level can also undertake the integration of the IOs and IGOs activities so that they can make the best profit from these efforts.

NGOs are voluntary-based organizations. They are governmentally registered in order to operate in the existing system. But central authority does this registration while most of the NGOs are locally operating and once registered they are monitored neither by central, nor by local authority. But they are the key role players in DM since they directly use the power of public sector and community. Since most of the NGOs are local ones, there is a need for a “coordinating unit” on local base to coordinate the activities of NGOs. Representatives of governmental organizations and NGOs, as well as municipal ones should participate in the coordinating unit (11, 20). Public and community awareness is the key point to sustain a coordination and cooperation in the system and to make the best use of resources. Once the awareness is raised, it is going to be easier to integrate all the organizations into the system because the community will be the monitoring body and this will lead all the related local and governmental authorities to work more seriously. The community itself can participate in the disaster management system via:

1. Civil societies and NGOs, which all citizens have access to and can orient;
2. Municipalities: The municipalities take the advantage of using the community power as a result of being elected by them.

Disaster Management activities do not produce gains in financial terms and the result of the activities cannot be monitored directly as welfare. Nevertheless, these kinds of activities enhance the well being of the community. The results can only show up when a disaster strikes. So, we can say that these activities are voluntary based and as long as the community is aware of its own vulnerability and probable contribution to the consequences, they will be a real part of the Disaster Management. National and local programs can increase the level of community awareness. DM Trainings should be included in the National Education Program. NGOs can be the executive organizations for some community-based programs. Also the disaster management system should be introduced to related fields of university degrees (16, 19). There is a need for a National Disaster Management Plan. It should take into consideration that Turkey is a big country with an area of 778 000 km² and a population of about 70 million. The hazard and risk profile also varies from one part to another and the plan should just include the major guidelines for pre- and post-disaster phases. Information management as well as workflow should be a part of the plan. It should also be used as a guide for the community when local preparedness and response plans are made. A national resource management approach for disasters should be introduced. The plan should also cover how to monitor the DM and how to include new measures in it and ways for update.

REFERENCES

1. Anonymous (2004a) International Federation of Red Cross and Red Crescent Societies, Turkey, Appeal no. 01.79/2004, <http://www.ifrc.org>.
2. Anonymous (2004b) 3CD City Profiles Series - Current Working Document – Istanbul, Turkey. I. 3cd coordination meeting, Germany.
3. Anonymous (2008) Turkish Statistical Institute, Population and Development Indicators, <http://www.tuik.gov.tr>.
4. Anonymous (2009) Turkish Republic Country Report On Disaster Management, PreventionWeb, Serving the Information Needs of the Disaster Reduction Community., <http://www.preventionweb.net>.
5. Baris M.E. (2001) Disaster Management For Mitigation Of The Impacts Of Earthquakes In Turkey: The Case Of Izmit, MA Thesis, Urban Management Centre, Institute for Housing and Urban Development Studies and Erasmus University, Rotterdam, The Netherlands.
6. Baris M.E., Karadag A.A. (2007) Journal of Applied Sciences, 7(24), 3900-3908.
7. Ceylan A., Alan I., Ugurlu A. (2007) Causes and Effects of Flood Hazards in Turkey, International Congress of River Basin Management, 22-24 March 2007, Gloria Golf Resort Hotel, Antalya-Turkey.
8. EM-DAT (2009) The OFDA/CRED International Disaster Database. <http://www.emdat.be/Database/CountryProfile/countryprofile.php>.

9. GDDA, (2009) Turkey Earthquake Zones Map, General Directorate of Disaster Affairs Earthquake, Research Department, <http://www.deprem.gov.tr/linkhart.htm> .
10. Joint UNEP/OCHA Environment Unit (2007) Environmental Emergencies Capacity Assessment in Turkey: workshop results and recommendations, Ankara, Turkey, 20- 25 January 2007, Published in Switzerland, February 2007 by the Joint UNEP/OCHA Environment Unit.
11. Kocak D. (2005) Marmara Earthquake & General Overview of Turkey Disaster Management System, Worldbank Disaster Management On-Line Program Final Project, <http://info.worldbank.org>.
12. Korkmaz K.A. (2009) Environmental Geology, 57, 307-320.
13. Moe T.L. (2006) Disaster Prevention and Management, 15(3), 396-413.
14. Nurlu M., Kuterdem K., Öz Saraç V. (2007) Multi-Hazard Approach To Disaster Risk Reduction In Regional Level By Using Geographical Information Systems And Remote Sensing Techniques., Case Studies from Nw Turkey, Esa International Geohazards Week, 5-9 November 2007.
15. Okay N. (2005) The Risk Profile and Disaster Management System of Turkey, WBI-Natural Disaster Risk Management Program-Final Project, <http://info.worldbank.org> .
16. Pande R.K. (2006) Disaster Prevention and Management, 15(3) 425-428.
17. Peynircioglu N. (2004) Disaster Management Policies and the Economic Scope of Disasters: Macroeconomic Perspective, Hazard Risk Management in Europe and Central Asia, Workshop October 26-28, 2004, Istanbul, Turkey.
18. Sahin M., Karaman H., Erden T. (2006) Disaster and Emergency Management Activities in Turkey, Shaping the Change XXIII FIG Congress Munich, Germany, October 8-13, 2006.
19. Sudmeier-Rieux K., Masundire H., Rizvi A., Rietbergen S. (2006) Ecosystems, Livelihoods and Disasters: An integrated approach to disaster risk management, IUCN, Gland, Switzerland and Cambridge, UK.
20. Taymaz M. (2008) Interim national progress report on the implementation of the Hyogo Framework for Action, An HFA Monitor update published by Prevention Web, <http://www.preventionweb.net> .
21. Turk T., Gumusay U. (2008) Design And Application Of Disaster Information System Infrastructure On The North Anatolian Fault Zone (Nafz), The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, Vol. XXXVII Part B8, Beijing.
22. USC Structural Laboratory (2001) Seismicity of Turkey, Earthquake Reconnaissance Report, Online Document, <http://www.usc.edu>.

**KAHRAMANMARAŞ SÜTÇÜ İMAM ÜNİVERSİTESİ SAĞLIK HİZMETLERİ
MESLEK YÜKSEKOKULU ÖĞRENCİLERİNİN ÖN LİSANS
MÜFREDATLARINDA YER ALAN ANATOMİ ÖĞRETİMİNE İLİŞKİN
GÖRÜŞLERİ ÜZERİNE BİR ANKET ÇALIŞMASI**

Doç. Dr. Mehmet DEMİR

Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, - 0000-0003 2405-9317

Dr. Fatih ÇAVUŞ

Tekirdağ Dr İsmail Fehmi Cumalıoğlu Şehir Hastanesi, - 0000-0002 0916-2159

Dr. Öğr. Üyesi M. Furkan ARPACI

Malatya Turgut Özal Üniversitesi, - 0000-0002-6217-6680

ÖZET

Amaç: Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Sağlık Hizmetleri Meslek Yüksekokullarındaki öğrenci görüşleri neticesinde anatomi eğitiminin mevcut durumunun ve eğitim-öğretim sürecine ilişkin sorunların öğrencilerin geribildirimleri ışığında belirlenmesidir.

Materyal ve Metot: Bu araştırmaya Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Sağlık Hizmetleri Meslek Yüksekokulu 2022-2023 eğitim öğretim yılı güz döneminde anatomi eğitimi almış Anestezi, İlk ve Acil Yardım, Tıbbi Laboratuvar Teknikleri, Tıbbi Görüntüleme Teknikleri, Yaşlı Bakımı, programları öğrencilerinin tamamı dahil edildi. Bu öğrencilere tamamen gönüllülük esasına dayalı olarak Google Forms üzerinden anatomi eğitimiyle ilgili 20 soruluk (Teorik eğitim 10, İnternet kullanımı 3, Testler 1, Sınavlar 4 ve Pratik eğitim 2 soru) bir anket gönderildi. Sorulara cevap seçenekleri olarak “katılmıyorum”, “fikrim yok” ve “katılıyorum” şeklinde üçlü Likert tipi ölçek kullanıldı.

Bulgular: Anestezi, ilk ve acil yardım ve tıbbi görüntüleme teknikleri bölümü öğrencileri büyük oranda teorik derslerin yeterli olmadığını düşünürken, tıbbi laboratuvar teknikleri ve yaşlı bakımı bölümü öğrencileri büyük oranda yeterli olduğu görüşünü bildirdiler. Tüm öğrencilerin büyük oranı pratik derslerin yetersiz olduğunu ifade etmişlerdir. Öğrencilerin büyük bir kısmı anatomi dersinin mesleki yaşamlarına katkı sağlayacağını düşünüyorlardı. Ancak tıbbi laboratuvar teknikleri ve yaşlı bakımı bölümü öğrencileri büyük oranda verilen anatomi eğitimiyle gelecekteki meslekleri arasında çok az ilişki olduğunu ifade etmişlerdir. Genel olarak öğrencilerin çoğu ders sunumlarında videolar, animasyonlar ve klinik vaka sunumları gibi araçların yer alması gerektiği görüşünü bildirmişlerdir.

Sonuç: Verilen anatomi eğitiminin, öğrencilerin ilerideki meslek hayatlarında ihtiyaçlarına yönelik farklılıklar barındırması gerektiği kanaatindeyiz. Literatürdeki çoğu çalışmalarda

görüldüğü gibi bizim yaptığımız anket sonucu da branşların geneli için pratik eğitimin önemini vurgulamaktadır.

Anahtar Kelimeler: Anatomi, eğitim, sağlık bilimleri, geribildirim, anket.

1. GİRİŞ

İnsan anatomisi bilgisi sadece tıp fakülteleri için değil aynı zamanda diğer sağlık bölümleri için de temel teşkil etmektedir. Öğrencilerin sonraki dönem dersleriyle ilişkisi ve ileride meslek hayatlarındaki verimliliğine katkı sunması bakımından alınan anatomi eğitiminin en verimli şekilde yapılması önemlidir (Abdullahi & Gannon, 2012). Bu bakımdan tıp hekimliği dışında tedavi, görüntüleme, hasta bakımı, rehabilitasyon gibi hizmetleri sunan sağlık profesyonellerinin anatomiye en iyi şekilde bilmesi, öğrenmesi elzemdir (M. Yıldırım, 2014).

Eğitim tekniklerindeki gelişim ve değişimler zamanla tıp eğitimindeki müfredatı etkilediği gibi anatomi eğitim biçimini de etkilemiştir. Bu değişim anatomi müfredatında da önemli değişikliklere yol açmıştır (Estai & Bunt, 2016; McBride & Drake, 2018). Sağlık meslek bölümlerindeki çoğu program için değişen müfredat; anatominin diğer alanlarla entegre verilmesini, anatomiye ayrılan zamanın daraltılması gibi sonuçları beraberinde getirmiştir (Craig vd., 2010; Estai & Bunt, 2016; Guimarães vd., 2017; Rockarts vd., 2020).

Türkiye’de anatomi eğitimi sağlık fakültelerinde ve yüksekokullarda teorik ve uygulamalı olmak üzere farklı şekillerde verilmektedir. Bu eğitimlerde amaçlanan şey; insan vücudunun bölümlerinin yapısını tanımak ve farklı bölümlerle ilişkisini görmektir. Eğitim konuları teorik olarak sunulduktan sonra uygulamalı laboratuvar dersleriyle pekiştirilmektedir. Uygulamalı derslerin biçimi her üniversitenin kendi imkanları doğrultusunda değişmektedir. Uygulamalı derslerde kadavralar, maketler, radyolojik görüntüler gibi çeşitlilikler arz eden materyallerden yararlanılmaktadır (Ateşoğlu Karabaş vd., 2022; Büyükmumcu, 2013; Cetkin vd., 2016; Demir vd., 2014).

Anatomi öğretimi, öğreten ve öğrenci arasında karşılıklı etkileşme şeklinde olduğu için bu konuda yapılan anket ve geri bildirim çalışmaları önem arz etmektedir. Yapılan anket ve geri bildirim çalışmaları, eğitimin daha verimli olması için yol gösterici olmaktadır (Demir vd., 2014; Warren & Brinkley, 2005). Biz de bu bağlamda KSÜ SHMYO öğrencilerinin aldıkları anatomi eğitimi üzerine yönlendirici sorular içeren bir anket çalışması yaptık. Bu çalışmayla öğrencilerin derse olan ilgisini ölçmek ve dersle ilgili görüşlerini ortaya koyarak eğitimin verimliliğine katkı sunmayı amaçladık.

2. MATERYAL VE METOT

2.1. Araştırmanın Türü: Araştırmamız münferit bir araştıma niteliğinde olup anket ve benzeri bilgi toplama araçları ile yapılan araştırmalar türü kategorisindedir.

2.2. Araştırmanın Amacı: Bu çalışmadaki amacımız; KSÜ SHMYO’daki öğrenci görüşleri neticesinde anatomi eğitiminin mevcut durumunun ve eğitim-öğretim sürecine ilişkin sorunların öğrencilerin geribildirimleri ışığında belirlenmesidir.

2.3. Araştırmanın Tasarımı: Kohort tanımlayıcı çalışma

2.4. Araştırmanın Evreni ve Örnekleme: KSÜ SHMYO’nda 2022-2023 eğitim öğretim yılındaki toplam öğrenci sayısı evreni oluşturmaktadır. SHMYO’nun öğrenci sayısı 2300 olarak belirtilmiştir. Örneklemeimiz anatomi eğitimi alan gönüllü katılımcılardan

oluşuyordu ve yapılan güç analizine göre bu sayı en az 504 kişi olmalıydı. Örneklemeye yöntemi sistematik rastgele (olasılıklı) şeklindeydi.

2.5. Katılımcıların öğrenim gördükleri bölüm programları;

- *Anestezi
- *İlk ve Acil Yardım
- *Tıbbi Laboratuvar
- *Teknikleri Yaşlı Bakımı
- *Tıbbi Görüntüleme Teknikleri

SHMYO’nda yukarıda belirtilen programların Anatomi eğitimi birinci sınıf güz müfredatında yer almaktadır. Birinci sınıf öğrencilerine bir yarıyıl boyunca haftada 2 saat teorik olmak üzere, 16 haftada toplam 32 saat anatomi eğitimi verilmektedir. Bu öğrencilere tamamen gönüllülük esasına dayalı olarak Google Forms üzerinden anatomi eğitimiyle ilgili 20 soruluk (Teorik eğitim 10, İnternet kullanımı 3, Testler 1, Sınavlar 4 ve Pratik eğitim 2 soru) bir anket gönderildi. Ayrıca, öğrencilerden ad-soyad ve başarı durum bilgileri istenmedi.. Soruların cevaplarında seçenek olarak “katılmıyorum”, “fikrim yok” ve “katılıyorum” şeklinde üçlü Likert tipi ölçek uygulandı. Çalışma için 2023/13 oturum ve 07 karar no’lu KSÜ Tıbbi Araştırmalar Etik Kurul onayı alınmıştır.

3. İstatistiksel Analiz: Verilerin değerlendirilmesinde nitel değişkenlerin kategorileri arasındaki dağılımsal farklılıklar chi square test ve exact test ile değerlendirilmiştir. İstatistik parametreleri n (sayı) ve % (oran) ile ifade edilmiştir. İstatistiksel anlamlılık $p < 0.05$ olarak kabul edilmiştir. Verilerin değerlendirilmesinde IBM SPSS versiyon 22 (IBM SPSS for Windows version 22, IBM Corporation, Armonk, NY, USA) yazılımından yararlanılmıştır.

4. GENEL DEĞERLENDİRME VE SONUÇLAR

Çizelge 1. Tüm katılımcılar

| | | n | % |
|-------------|------------------------------|-----|--------|
| Cinsiyet | Erkek | 136 | 27 % |
| | Kadın | 368 | 73 % |
| Program Adı | Anestezi | 128 | 25,2 % |
| | İlk ve Acil yardım | 75 | 14,8 % |
| | Tıbbi Görüntüleme Teknikleri | 24 | 4,7 % |
| | Tıbbi Laboratuvar Teknikleri | 129 | 25,4 % |
| | Yaşlı Bakımı | 151 | 29,8 % |

Çizelge 2 incelendiğinde tüm katılımcılarla ilgili bazı öne çıkan cevapları aşağıdaki gibi özetleyebiliriz:

“Anatominin ileriki mesleki yaşantınıza size herhangi bir katkı sağlayacağını düşünüyor musunuz?” sorusuna cevap olarak %72,9 oranında ‘katılıyorum’ şeklinde cevap verilmiştir.

“Ders sunumlarında videolar, animasyonlar ve klinik vaka sunumları gibi araçlar yer almalıdır.” ifadesine cevap olarak % 82 oranında ‘katılıyorum’ şeklinde yanıt verilmiştir.

“Anatomi dersini öğrenmekte genel anlamda zorlanıyorum.” ifadesine ‘katılıyorum’ diyenlerin oranı % 81,8 di.

“Ders malzemeleri (PDF, sunumlar, çizimler ...) web sayfasında bulunmalıdır.” ifadesini ‘katılıyorum’ diye yanıtlayanların oranı % 93,1 oranındaydı.

“Çoktan seçmeli sınavlar, konuyu kavrayış oranımızı belirlemede yardımcı olmaktadır.” ifadesine ‘katılıyorum’ diyenler % 73,6 oranındaydı.

“Vize /Final sınavlarında sorulan sorular derslerde anlatılan konular ile ilgilidir.” ifadesine ‘katılıyorum’ diyenler % 79,8 oranındaydı.

“Laboratuvar dersleri müfredata eklenmelidir ” ifadesine ‘katılıyorum’ diyenler % 80,1 oranındaydı.

Çizelge 2. Tüm katılımcıların anket cevapları

| | FİKRİM YOK | | KATILİY ORUM | | KATILMIY ORUM | |
|---|------------|------|--------------|------|---------------|------|
| | n | % | n | % | n | % |
| Anatominin ileriki mesleki yaşantınıza size herhangi bir katkı sağlayacağını düşünüyor musunuz? | 55 | 10,9 | 369 | 72,9 | 82 | 16,2 |
| Verilen anatomi eğitimi ile gelecekteki mesleğim arasında çok az ilişki vardır. | 46 | 9,1 | 215 | 42,5 | 245 | 48,4 |
| Anatomi dersinde anlatılan konular mesleğim ile ilgili olarak anlatılmaktadır | 49 | 9,8 | 319 | 63,5 | 134 | 26,7 |
| Derste anlatılan konuların mesleğimle ilgili klinik önemleri de örneklerle beraber vurgulanmaktadır | 79 | 15,7 | 258 | 51,2 | 167 | 33,1 |
| Anatomi dersine önceden konuları okuyarak, hazırlıklı bir şekilde geliyorum | 88 | 17,5 | 154 | 30,7 | 260 | 51,8 |
| Anatomi dersinin haftada 2 saat teorik olarak anlatılması yeterlidir. | 63 | 12,5 | 216 | 42,7 | 227 | 44,9 |
| Ders sunumlarında videolar, animasyonlar ve klinik vaka sunumları gibi araçlar yer almalıdır. | 23 | 4,5 | 415 | 82,0 | 68 | 13,4 |
| Dönem başında anatomi hocasının belirttiği Atlas, kitap v.b. dokümanları satın aldım. | 23 | 4,5 | 396 | 78,3 | 87 | 17,2 |
| Anatomi dersinde öğrendiğim Latince terimler diğer dersleri de anlamamı kolaylaştırdı. | 45 | 8,9 | 341 | 67,5 | 119 | 23,6 |
| Anatomi dersini öğrenmekte genel anlamda zorlanıyorum. | 22 | 4,3 | 414 | 81,8 | 70 | 13,8 |
| Ders malzemeleri(PDF, sunumlar, çizimler ...) web sayfasında bulunmalıdır. | 22 | 4,3 | 471 | 93,1 | 13 | 2,6 |
| Anatomi dersimle alakalı internette ücretsiz bulunan üç boyutlu anatomi uygulamalarını kullanıyorum | 75 | 14,8 | 146 | 28,9 | 285 | 56,3 |
| Anatomi dersini anlamada internetten faydalanıyorum. | 29 | 5,8 | 334 | 66,3 | 141 | 28,0 |
| Çoktan seçmeli sınavlar, konuyu kavrayış oranımızı belirlemede yardımcı olmaktadır. | 59 | 11,6 | 373 | 73,6 | 75 | 14,8 |
| Uygulanmakta olan ara sınavların (vize) sayısı yeterlidir | 60 | 11,9 | 382 | 75,9 | 61 | 12,1 |

| | | | | | | |
|--|-----|------|-----|------|-----|------|
| Vize /Final sınavlarında sorulan sorular derslerde anlatılan konular ile ilgilidir. | 42 | 8,3 | 404 | 79,8 | 60 | 11,9 |
| Vize /Final sınavlarındaki soru sayısı artırılmalıdır | 52 | 10,3 | 44 | 8,7 | 410 | 81,0 |
| Vize /Final sınavlarında çizim (resim) mutlaka yer almalıdır. | 82 | 16,2 | 258 | 51,0 | 166 | 32,8 |
| Laboratuvar dersleri müfredata eklenmelidir. | 57 | 11,3 | 403 | 80,1 | 43 | 8,5 |
| Anatomi eğitiminde kadavra olmaması mesleki gelişimimde önemli eksiklik oluşturmaktadır. | 110 | 21,9 | 321 | 63,8 | 72 | 14,3 |

Anketimizi katılımcıların öğrenim gördükleri eğitim programlarına göre gruplayıp incelediğimizde öne çıkan bazı cevaplar Çizelge 3'te gösterilmiştir.

Çizelge 3. Farklı öğrenim programlarına göre gruplanmış katılımcı görüşleri

| | | Program | | | | | | | | | | p |
|---|--------------|----------|------|--------------------|------|------------------------------|------|------------------------------|------|--------------|------|---------|
| | | Anestezi | | İlk ve Acil Yardım | | Tıbbi Görüntüleme Teknikleri | | Tıbbi Laboratuvar Teknikleri | | Yaşlı Bakımı | | |
| | | n | % | n | % | n | % | n | % | n | % | |
| Anatominin ileriki mesleki yaşantınıza size herhangi bir katkı sağlayacağını düşünüyor musunuz? | FİKRİM YOK | 6 | 4,7 | 12 | 16,0 | 0 | 0,0 | 12 | 9,4 | 25 | 16,6 | <0.001* |
| | KATILYORUM | 112 | 87,5 | 58 | 77,3 | 23 | 95,8 | 82 | 64,1 | 94 | 62,3 | |
| | KATILMIYORUM | 10 | 7,8 | 5 | 6,7 | 1 | 4,2 | 34 | 26,6 | 32 | 21,2 | |
| Verilen anatomi eğitimi ile gelecekteki mesleğim arasında çok az ilişki vardır. | FİKRİM YOK | 3 | 2,3 | 6 | 8,0 | 0 | 0,0 | 23 | 18,0 | 14 | 9,3 | <0.001* |
| | KATILYORUM | 47 | 36,7 | 19 | 25,3 | 8 | 33,3 | 69 | 53,9 | 72 | 47,7 | |
| | KATILMIYORUM | 78 | 60,9 | 50 | 66,7 | 16 | 66,7 | 36 | 28,1 | 65 | 43,0 | |
| Anatomi dersinde anlatılan konular mesleğim ile ilgili olarak anlatılmaktadır | FİKRİM YOK | 7 | 5,5 | 5 | 6,8 | 1 | 4,2 | 19 | 15,1 | 17 | 11,3 | <0.001* |
| | KATILYORUM | 103 | 80,5 | 59 | 79,7 | 18 | 75,0 | 60 | 47,6 | 79 | 52,7 | |
| | KATILMIYORUM | 18 | 14,1 | 10 | 13,5 | 5 | 20,8 | 47 | 37,3 | 54 | 36,0 | |
| Derste anlatılan konuların mesleğimle ilgili klinik önemleri de örneklerle beraber vurgulanmaktadır | FİKRİM YOK | 17 | 13,3 | 13 | 17,3 | 4 | 16,7 | 16 | 12,7 | 29 | 19,2 | <0.001* |
| | KATILYORUM | 95 | 74,2 | 33 | 44,0 | 14 | 58,3 | 67 | 53,2 | 49 | 32,5 | |
| | KATILMIYORUM | 16 | 12,5 | 29 | 38,7 | 6 | 25,0 | 43 | 34,1 | 73 | 48,3 | |
| Anatomi dersine önceden konuları okuyarak, hazırlıklı bir şekilde geliyorum | FİKRİM YOK | 21 | 16,5 | 15 | 20,3 | 3 | 12,5 | 19 | 15,0 | 30 | 20,0 | 0.222 |
| | KATILYORUM | 50 | 39,4 | 19 | 25,7 | 5 | 20,8 | 42 | 33,1 | 38 | 25,3 | |
| | KATILMIYORUM | 56 | 44,1 | 40 | 54,1 | 16 | 66,7 | 66 | 52,0 | 82 | 54,7 | |
| Anatomi dersinin haftada 2 saat teorik olarak anlatılması yeterlidir. | FİKRİM YOK | 11 | 8,6 | 8 | 10,7 | 2 | 8,3 | 13 | 10,2 | 29 | 19,2 | 0.001* |
| | KATILYORUM | 52 | 40,6 | 20 | 26,7 | 9 | 37,5 | 65 | 50,8 | 70 | 46,4 | |
| | KATILMIYORUM | 65 | 50,8 | 47 | 62,7 | 13 | 54,2 | 50 | 39,1 | 52 | 34,4 | |
| Ders sunumlarında videolar, animasyonlar ve klinik vaka sunumları gibi araçlar yer almalıdır. | FİKRİM YOK | 5 | 3,9 | 5 | 6,7 | 1 | 4,2 | 4 | 3,1 | 8 | 5,3 | 0.712 |
| | KATILYORUM | 104 | 81,3 | 56 | 74,7 | 21 | 87,5 | 107 | 83,6 | 127 | 84,1 | |
| | KATILMIYORUM | 19 | 14,8 | 14 | 18,7 | 2 | 8,3 | 17 | 13,3 | 16 | 10,6 | |

| | | | | | | | | | | | | |
|---|--------------|-----|------|----|------|----|-------|-----|------|-----|------|---------|
| Dönem başında anatomi hocasının belirttiği Atlas, kitap v.b. dokümanları satın aldım. | FİKRİM YOK | 1 | 0,8 | 4 | 5,3 | 2 | 8,3 | 2 | 1,6 | 14 | 9,3 | <0.001* |
| | KATILYORUM | 120 | 93,8 | 51 | 68,0 | 19 | 79,2 | 114 | 89,1 | 92 | 60,9 | |
| | KATILMIYORUM | 7 | 5,5 | 20 | 26,7 | 3 | 12,5 | 12 | 9,4 | 45 | 29,8 | |
| Anatomi dersinde öğrendiğim Latince terimler diğer dersleri de anlamamı kolaylaştırdı. | FİKRİM YOK | 10 | 7,8 | 6 | 8,0 | 2 | 8,3 | 8 | 6,3 | 19 | 12,7 | <0.001* |
| | KATILYORUM | 109 | 85,2 | 59 | 78,7 | 20 | 83,3 | 76 | 59,4 | 77 | 51,3 | |
| | KATILMIYORUM | 9 | 7,0 | 10 | 13,3 | 2 | 8,3 | 44 | 34,4 | 54 | 36,0 | |
| Anatomi dersini öğrenmekte genel anlamda zorlanıyorum. | FİKRİM YOK | 10 | 7,8 | 2 | 2,7 | 0 | 0,0 | 5 | 3,9 | 5 | 3,3 | 0.327 |
| | KATILYORUM | 98 | 76,6 | 62 | 82,7 | 21 | 87,5 | 102 | 79,7 | 131 | 86,8 | |
| | KATILMIYORUM | 20 | 15,6 | 11 | 14,7 | 3 | 12,5 | 21 | 16,4 | 15 | 9,9 | |
| Ders malzemeleri(PDF, sunumlar, çizimler ...) web sayfasında bulunmalıdır. | FİKRİM YOK | 3 | 2,3 | 2 | 2,7 | 0 | 0,0 | 6 | 4,7 | 11 | 7,3 | 0.431 |
| | KATILYORUM | 123 | 96,1 | 70 | 93,3 | 24 | 100,0 | 118 | 92,2 | 136 | 90,1 | |
| | KATILMIYORUM | 2 | 1,6 | 3 | 4,0 | 0 | 0,0 | 4 | 3,1 | 4 | 2,6 | |
| Anatomi dersimle alakalı internette ücretsiz bulunan üç boyutlu anatomi uygulamalarını kullanıyorum | FİKRİM YOK | 18 | 14,1 | 14 | 18,7 | 4 | 16,7 | 14 | 10,9 | 25 | 16,6 | 0.459 |
| | KATILYORUM | 40 | 31,3 | 18 | 24,0 | 8 | 33,3 | 45 | 35,2 | 35 | 23,2 | |
| | KATILMIYORUM | 70 | 54,7 | 43 | 57,3 | 12 | 50,0 | 69 | 53,9 | 91 | 60,3 | |
| Anatomi dersini anlamada internetten faydalaniyorum. | FİKRİM YOK | 10 | 7,9 | 4 | 5,3 | 2 | 8,7 | 4 | 3,1 | 9 | 6,0 | 0.765 |
| | KATILYORUM | 84 | 66,1 | 53 | 70,7 | 15 | 65,2 | 82 | 64,1 | 100 | 66,2 | |
| | KATILMIYORUM | 33 | 26,0 | 18 | 24,0 | 6 | 26,1 | 42 | 32,8 | 42 | 27,8 | |
| Çoktan seçmeli sınavlar, konuyu kavrayış oranımızı belirlemede yardımcı olmaktadır. | FİKRİM YOK | 12 | 9,4 | 8 | 10,7 | 3 | 12,5 | 12 | 9,4 | 24 | 15,9 | <0.001* |
| | KATILYORUM | 109 | 85,2 | 60 | 80,0 | 16 | 66,7 | 99 | 77,3 | 89 | 58,9 | |
| | KATILMIYORUM | 7 | 5,5 | 7 | 9,3 | 5 | 20,8 | 17 | 13,3 | 38 | 25,2 | |
| Uygulanmakta olan ara sınavların (vize) sayısı yeterlidir | FİKRİM YOK | 6 | 4,7 | 6 | 8,1 | 3 | 12,5 | 13 | 10,2 | 32 | 21,2 | <0.001* |
| | KATILYORUM | 114 | 89,8 | 63 | 85,1 | 19 | 79,2 | 98 | 77,2 | 88 | 58,3 | |
| | KATILMIYORUM | 7 | 5,5 | 5 | 6,8 | 2 | 8,3 | 16 | 12,6 | 31 | 20,5 | |
| Vize /Final sınavlarında sorulan sorular derslerde anlatılan konular ile ilgilidir. | FİKRİM YOK | 3 | 2,3 | 9 | 12,0 | 0 | 0,0 | 8 | 6,3 | 22 | 14,6 | <0.001* |
| | KATILYORUM | 121 | 94,5 | 60 | 80,0 | 21 | 87,5 | 107 | 83,6 | 95 | 62,9 | |
| | KATILMIYORUM | 4 | 3,1 | 6 | 8,0 | 3 | 12,5 | 13 | 10,2 | 34 | 22,5 | |
| Vize /Final sınavlarındaki soru sayısı arttırılmalıdır | FİKRİM YOK | 12 | 9,4 | 11 | 14,7 | 1 | 4,2 | 9 | 7,0 | 19 | 12,6 | 0.532 |
| | KATILYORUM | 8 | 6,3 | 8 | 10,7 | 2 | 8,3 | 11 | 8,6 | 15 | 9,9 | |
| | KATILMIYORUM | 108 | 84,4 | 56 | 74,7 | 21 | 87,5 | 108 | 84,4 | 117 | 77,5 | |
| Vize /Final sınavlarında çizim (resim) mutlaka yer almalıdır. | FİKRİM YOK | 27 | 21,1 | 15 | 20,0 | 3 | 12,5 | 15 | 11,7 | 22 | 14,6 | 0.357 |
| | KATILYORUM | 60 | 46,9 | 31 | 41,3 | 12 | 50,0 | 73 | 57,0 | 82 | 54,3 | |
| | KATILMIYORUM | 41 | 32,0 | 29 | 38,7 | 9 | 37,5 | 40 | 31,3 | 47 | 31,1 | |
| Laboratuvar dersleri müfredata eklenmelidir. | FİKRİM YOK | 10 | 7,8 | 4 | 5,4 | 7 | 29,2 | 10 | 7,9 | 26 | 17,3 | <0.001* |
| | KATILYORUM | 109 | 85,2 | 67 | 90,5 | 9 | 37,5 | 112 | 88,2 | 106 | 70,7 | |
| | KATILMIYORUM | 9 | 7,0 | 3 | 4,1 | 8 | 33,3 | 5 | 3,9 | 18 | 12,0 | |
| Anatomi eğitiminde kadavra olmaması mesleki gelişimimde önemli eksiklik oluşturmaktadır. | FİKRİM YOK | 16 | 12,6 | 14 | 18,7 | 5 | 20,8 | 34 | 26,8 | 41 | 27,3 | <0.001* |
| | KATILYORUM | 102 | 80,3 | 53 | 70,7 | 11 | 45,8 | 72 | 56,7 | 83 | 55,3 | |
| | KATILMIYORUM | 9 | 7,1 | 8 | 10,7 | 8 | 33,3 | 21 | 16,5 | 26 | 17,3 | |

TARTIŞMA

Çalışmamızda sağlık meslek yüksekokulu öğrencilerinin anatomi dersi ile ilgili görüşleri ve bu dersten beklentilerini akademik olarak değerlendirdik. Öğrencilere anket olarak sorulan sorularla, benzer çalışmaların sorular ile karşılaştırılmıştır. Uygur ve ark. (Uygur vd., 2015) ‘nın öğrencilerin anatomi dersinde mesleki olarak bilinmesi gereken bilgilerin verildiğine %36.7 ile katıldığını, Bolatlı ve ark. (Bolatlı, 2021) çalışmasında öğrencilerin %92 ‘si, anatomi dersinin meslekleri için önemli bir ders olduğunu belirtmiştir. Bizim çalışmamızda da benzer olarak ‘‘Anatominin ileriki meslek yaşantınızda size herhangi bir katkı sağlayacağını düşünüyor musunuz?’’ sorusuna sağlık yüksekokulu öğrencilerinin %72.9 ‘unun katılıyorum görüşü, öğrencilerin ‘‘anatomi dersinin mesleğe faydası’’ konusunda bilinçli olduğunu göstermektedir.

Klinik anatominin önemi ile ilgili öğrencilerin görüşlerinin değerlendirildiği çalışmalar incelendiğinde, bazı çalışmalarda öğrenciler, klinik anatomi eğitiminin gelecekteki meslekleri için yetersiz olduğunu (Arı İ, Şendimir E., 2003) ve klasik anatomi derslerinde, daha çok klinik anatomi içeriğinin olması gerektiğini belirtmişlerdir (Turan-Özdemir vd., 2001). Pawlina ve ark (Pawlina & Lachman, 2004) çalışmasında ise buna ek olarak konuların en uygun zamanda ve klinik eğitime paralel olarak verilmesi gerektiği bildirilmiştir. Arı ve ark. (Arı İ, Şendimir E., 2003) anatominin klinik bilgilerle birlikte verilmesinde sağlanacak kazancın, öğrencilere göre % 90.1(n=172) oranında olduğunu ifade ederken, Bolatlı ve ark. (Bolatlı, 2021) anatomi dersinin klinik uygulamalarda gerekli olduğunu bildirmiştir.

Klinik eğitim yanında video ve animasyon gibi teknolojik gelişmelerin getirdiği eğitim tekniklerinin, anatomi eğitiminde yerini alması ile ilgili; Bolatlı ve ark. (Bolatlı, 2021) teknolojik araçlarla entegre edilmiş yardımcı ders araçlarının (mobil uygulama, tablet vs.) kullanılmasıyla öğrencilerin %69’unun dersin niteliğini ve kalıcılığını arttıracak olduğunu bildirmiştir. Küçük ve ark. (Küçük vd., 2015) anatomi eğitiminde ‘mobil artırılmış gerçeklik’ uygulamalarının yaygınlaştırılmasının faydalı olacağını, Acuner ve ark. (Acuner, 1999) ise öğrenme sürecinde görsel ve işitsel araç-gereçler kullanılmasının, öğrenmeye yaptığı katkının tartışılmaz bir gerçek olduğunu bildirmektedir. Bizim çalışmamızda ‘‘Ders sunumlarında videolar, animasyonlar ve klinik vaka sunumları gibi araçlar yer almalı mıdır?’’ sorusuna sağlık bilimleri yüksekokulu öğrencilerinin genelinin % 82’sinin, anestezi bölümü öğrencilerinin de %74.2’sinin katıldıkları cevabı, anatomi eğitiminde klinik ve animasyon içerikli kaynakların etkili olduğunu göstermektedir.

Öğrenciler arasında anatomi eğitiminin zorluğunun sorgulanmasında; Bolatlı ve ark. (Bolatlı, 2021) öğrencilerin en yüksek oranda (%37,5) zor yanıtını verdiğini bildirmiştir. Bizim çalışmamızda da benzer olarak öğrencilerin geneli % 81,8'i ‘‘Anatomi dersini öğrenmekte genel anlamda zorlanıyorum.’’ ifadesine ‘katılıyorum’ cevabını verdi.

Çalışmamızda sağlık bilimleri öğrencilerinin %93.1 oranında pdf ve sunumlar gibi ders malzemelerinin web sayfasında bulabildikleri ve bu kaynaklara ulaşılabildikleri sonucuna ulaştık. Benzer şekilde Acuner ve ark.’nın (Acuner, 1999) yaptıkları ankette öğrencilerin % 72,46’sı anatomi dersi ile ilgili öğretilecek konuya ilişkin ders notu, kitap, atlas vb. dokümanlara önceden ulaşamama sorunu yaşamadıklarını, Gözil ve ark. (Gözil vd., 2006) öğrencilerin %83.3’ünü, ders notlarının dağıtılmasının öğrenmelerinde faydalı olduğunu belirtmişlerdir.

Literatürde öğrencilere göre, anatomi sınavlarının test olması gerektiği görüşü yaygındır. Arı ve ark. (Arı İ, Şendimir E., 2003) teorik sınavlarda çoktan seçmeli (test) sorulara, öğrencilerin %70.9 oranında kesinlikle katıldığını, Sindel ve ark. (Sindel vd., 2008) teorik sınavlarda öğrencilerin neredeyse tamamına yakınının çoktan seçmeli sınav yöntemini tercih ettiklerini, Acuner ve ark. (Acuner, 1999) öğrencilerin büyük bir kısmının çoktan seçmeli beş seçenekli soru tipini (% 28,83) istediğini, Mutluay ve ark. (Mutluay & Açıkgoz, 2020) ebelik öğrencilerinin %91,3’ü ve hemşirelik öğrencilerinin ise %90,1’inin anatomi dersi teorik sınavlarında çoktan seçmeli soruları tercih ettiklerini bildirmiştir. Bizim çalışmamızda sağlık bilimleri yüksek okulu öğrencilerinin % 73,6’sı, ‘‘Çoktan seçmeli sınavlar, konuyu kavrayış oranımızı belirlemede yardımcı olmaktadır.’’ ifadesine ‘katılıyorum’ cevabını vererek literatür ile benzer sonuca sahiptir.

Ara sınav sayısı ile ilgili öğrencilerin görüşlerinin sorgulanmasında Arı ve ark. (Arı İ, Şendimir E., 2003) ara sınav (vize sınavı) sayısının yeterli olduğuna (%49.4 öğrenci) kesinlikle katıldığını benzer olarak Acuner ve ark. (Acuner, 1999) sınav sayısının yeterli olduğunu (% 85,99 öğrenci) bildirmiştir. Bizim çalışmamızda da öğrencilerinin %75.9’u uygulanmakta olan ara sınavların (vize) sayısının yeterli olduğu ifadesine ‘katılıyorum’ cevabını vererek, literatür ile benzer görüş bildirmiştir.

Sınavlarda sorulan teorik soru sayısı ile ilgili öğrencilerin görüşlerinin sorgulandığı çalışmalarda Arı ve ark. (Arı İ, Şendimir E., 2003) öğrencilerin teorik sınavlarda sorulan soru sayısının artırılmasına %40.5 oranında kesinlikle katılmadıklarını bildirirken, diğer yandan Mutluay ve ark. (Mutluay & Açıkgoz, 2020) hemşirelik bölümü öğrencilerinin sınavlarda sorulan teorik anatomi sorularının artırılması gerektiği konusunda fikir bildirmişlerdir. Bizim çalışmamızda da diğer sağlık bilimleri öğrencilerinin vize ve final sınavlarında soru sayısının

%81 oranında arttırılmaması gerektiği görüşü hakim olup çalışmamız Arı ve ark. ile benzer görüştedir.

Literatürdeki bazı çalışmalarda özellikle haftalık ders saatinin çok olduğu bölümlerde; teorik ders saatlerinin yeterli olduğu yanında fakat pratik ders saatlerinin arttırılması gerektiği de belirtilmiştir (Sabancıoğulları vd., 2017; Turan-Özdemir vd., 2001; Waterston & Stewart, 2005). Acuner ve ark. (Acuner, 1999) öğrencilerin haftalık teorik ders saatlerinin yüksek oranda (% 63,64) “yeterli” olduğunu, haftalık uygulama saati konusunda ise öğrencilerin % 52,94’unun “az, arttırılmalı” görüşünde olduğunu bildirmiştir. Ders saat sayısının daha az olduğu sağlık bilimleri yüksekokulu öğrencileri bu soru hakkında bizim çalışmamızda, tıbbi görüntüleme öğrencilerinin haftada 2 saat anatomi dersinin yeterli olduğuna katılmadıkları, tıbbi laboratuvar ve yaşlı bakımı gibi bölümlerin ise ders saati sayısını yeterli gördüğünü bildirmiştir.

Anatomi eğitiminde kadavra unsuru eğitimciler bakımından yadsınamaz bir gerekliliğe sahiptir. Bu önemin öğrencilerdeki farkındalığının sorgulandığı çalışmalarda, kadavranın anatomide öğrenilen bilgilerin kullanımını olumlu yönde etkileyen etkenlerin başında geldiği bildirilirken (Aggarwal vd., 2006; Older, 2004), Arı ve ark. (Arı İ, Şendemir E., 2003) kadavranın anatomi eğitiminde mutlaka olması (% 91.1’i (n=174)) gerektiğini, Büyükmumcu ve ark. (Büyükmumcu vd., 2013) öğrencilerin büyük bir çoğunluğunun anatomi eğitiminin kadavrasız olamayacağını düşündüklerini bildirmiştir. Bizim çalışmamızda da literatürle benzer olarak “ Anatomi eğitiminde kadavra olmamasının mesleki gelişimde önemli eksiklik oluşturduğuna” öğrencilerin %63.8’i katıldıklarını belirtmişlerdir.

SONUÇ

Yaptığımız çalışma sonucunda, farklı branşlarda eğitim alan sağlık bilimleri meslek yüksekokulu öğrencilerinin anatomi eğitimi üzerine istek ve görüşlerinin bazı durumlarda farklılıklar arz etmiştir. Verilen anatomi eğitiminin, öğrencilerin ilerideki meslek hayatlarında ihtiyaçlarına yönelik farklılıklar barındırması gerektiği kanaatindeyiz. Literatürdeki çoğu çalışmalarda görüldüğü gibi bizim yaptığımız anket sonucu da branşların geneli için pratik eğitimin önemini vurgulamaktadır.

KAYNAKÇA

- Abdullahi, A., & Gannon, M. (2012). Improving College Students' Success In Gateway Science Courses: Lessons Learned From An Anatomy And Physiology Workshop. *American Journal of Health Sciences (AJHS)*, 3(3), Article 3. <https://doi.org/10.19030/ajhs.v3i3.7134>
- Acuner, A. M. (1999). *Ankara üniversitesi tıp fakültesi anatomi dersine ilişkin öğretim-öğrenme sürecinin değerlendirilmesi.*
- Aggarwal, R., Brough, H., & Ellis, H. (2006). Medical student participation in surface anatomy classes. *Clinical Anatomy: The Official Journal of the American Association of Clinical Anatomists and the British Association of Clinical Anatomists*, 19(7), 627-631.
- Arı İ, Şendemir E. (2003). Anatomi Eğitimi Üzerine Öğrenci Görüşleri. *Uludağ Üniversitesi Tıp Fakültesi Dergisi*, 29(2):11-4.
- Ateşoğlu Karabaş, S., Demir, M., Yoldaş, A., & Çiçek, M. (2022). Opinions of Medical Faculty Students about Anatomy Practical Education: A Survey Study. *Medical Records*, 4(1), 55-59. <https://doi.org/10.37990/medr.990866>
- Bolatlı, G. (2021). Hemşirelik Bölümü Öğrencilerinin Anatomi Dersi Hakkındaki Düşünceleri. *Sürekli Tıp Eğitimi Dergisi*, 30(4), 238-244.
- Büyükmumcu, M. (2013). Medical Students' Views About Practical Lessons' Slides Which Used Education Of Practical Anatomy. *Selçuk Medical Journal*, 29(2), 71-74.
- Büyükmumcu, M., Aydın, A. D., Akın, D., Yılmaz, M. T., & Bodur, A. S. (2013). Tıp fakültesi öğrencilerinin anatomi pratik derslerinde kullanılan pratik ders slaytları hakkındaki görüşleri. *Selçuk Tıp Dergisi*, 29(2), 71-74.
- Cetkin, M., Turhan, B., Bahşi, I., & Kervancıoğlu, P. (2016). *The opinions of medicine faculty students about anatomy education.* 22, 82-88. <https://doi.org/10.5578/GMJ.32156>
- Craig, S., Tait, N., Boers, D., & McAndrew, D. (2010). Review of anatomy education in Australian and New Zealand medical schools. *ANZ Journal of Surgery*, 80(4), 212-216. <https://doi.org/10.1111/j.1445-2197.2010.05241.x>
- Demir, M., Kiliç, M., İpekçi, N. N., & Atay, E. (2014). Kilis 7 Aralık Üniversitesi lisans ve ön lisans eğitiminde öğrencilerin anatomi dersi ile ilgili görüşlerinin karşılaştırılması. *Sağlık Bilimleri Dergisi*, 23(3), Article 3.
- Estai, M., & Bunt, S. (2016). Best teaching practices in anatomy education: A critical review. *Annals of Anatomy = Anatomischer Anzeiger: Official Organ of the Anatomische Gesellschaft*, 208, 151-157. <https://doi.org/10.1016/j.aanat.2016.02.010>
- Gözil, R., Özkan, S., Bahçelioğlu, M., Kadioğlu, D., Çalgüner, E., Öktem, H., Şenol, E., Mutlu, M. S., Kürkcüoğlu, A., Yücel, D., & Babus, T. (2006). Gazi üniversitesi tıp fakültesi 2. sınıf öğrencilerinin anatomi eğitimini değerlendirmeleri. *Tıp Eğitimi Dünyası*, 23(23), Article 23.

- Guimarães, B., Dourado, L., Tsisar, S., Diniz, J. M., Madeira, M. D., & Ferreira, M. A. (2017). Rethinking Anatomy: How to Overcome Challenges of Medical Education's Evolution. *Acta Medica Portuguesa*, 30(2), 134-140. <https://doi.org/10.20344/amp.8404>
- Küçük, S., Kapakin, S., & Göktaş, Y. (2015). Tıp fakültesi öğrencilerinin mobil artırılmış gerçeklikle anatomi öğrenimine yönelik görüşleri. *Yükseköğretim ve Bilim Dergisi*, 3, 316-323.
- M. Yıldırım. (2014). *Topografik Anatomi*. Nobel Tıp Kitabevi.
- McBride, J. M., & Drake, R. L. (2018). National survey on anatomical sciences in medical education. *Anatomical Sciences Education*, 11(1), 7-14. <https://doi.org/10.1002/ase.1760>
- Mutluay, Ş. D., & Açıkgöz, A. K. (2020). Öğrenci ebe ve hemşirelerin anatomi eğitimi hakkındaki görüşlerinin değerlendirilmesi. *Mersin Üniversitesi Tıp Fakültesi Lokman Hekim Tıp Tarihi ve Folklorik Tıp Dergisi*, 10(2), 201-208.
- Older, J. (2004). Anatomy: A must for teaching the next generation. *The Surgeon*, 2(2), 79-90.
- Pawlina, W., & Lachman, N. (2004). Dissection in learning and teaching gross anatomy: Rebuttal to McLachlan. İçinde *The Anatomical Record Part B: The New Anatomist: An Official Publication of the American Association of Anatomists* (C. 281, Sayı 1, ss. 9-11). Wiley Online Library.
- Rockarts, J., Brewer-Deluce, D., Shali, A., Mohialdin, V., & Wainman, B. (2020). National Survey on Canadian Undergraduate Medical Programs: The Decline of the Anatomical Sciences in Canadian Medical Education. *Anatomical Sciences Education*, 13(3), 381-389. <https://doi.org/10.1002/ase.1960>
- Sabancıoğulları, V., Çimen, K., Doğruyol, G., Taştumur, Y., Otağ, İ., Sönmez, M., & Çimen, M. (2017). Recommendations of 5th-grade Medical Faculty students about clinical anatomy course. *Cumhuriyet Medical Journal*, 39(4), 671-674.
- Sindel, M., Şenol, Y., & Gürpınar, E. (2008). Akdeniz üniversitesi tıp fakültesinde anatomi eğitiminin öğrenciler tarafından değerlendirilmesi. *Tıp Eğitimi Dünyası*, 28(28), 31-36.
- Turan-Özdemir, S., Cankur, N. Ş., & Kurt, M. A. (2001). Tıp fakültesi öğrencilerinin anatomi uygulamaları hakkındaki görüşleri: Bir geri bildirim örneği. *Uludağ Üniversitesi Tıp Fakültesi Dergisi*, 27(1), 1-8.
- Uygur, R., Çağlar, V., Topçu, B., Aktaş, S., & Özen, O. (2015). Anatomi Eğitimi Hakkında Öğrenci Görüşlerinin Değerlendirilmesi. *International Journal of Basic and Clinical Medicine*, 1(2), Article 2.
- Warren, W., & Brinkley, J. F. (2005). Knowledge-Based, Interactive, Custom Anatomical Scene Creation for Medical Education: The Biolucida System. *AMIA Annual Symposium Proceedings, 2005*, 789-793.
- Waterston, S. W., & Stewart, I. J. (2005). Survey of clinicians' attitudes to the anatomical teaching and knowledge of medical students. *Clinical Anatomy: The Official Journal of the American Association of Clinical Anatomists and the British Association of Clinical Anatomists*, 18(5), 380-384.

LACTIFLUUS BERTILLONII MANTARINDAN YEŞİL SENTEZLE DEMİR NANO PARTİKÜLLERİN SENTEZLENMESİ, KARAKTERİZASYONU

Dr.Öğr.Üyesi, Aybek YİĞİT

Iğdır Üniversitesi Tuzluca Meslek Yüksekokulu Eczane Hizmetleri Bölümü,
aybek.yigit@igdir.edu.tr - 0000-0001-8279-5908

ÖZET

Bu çalışmada, *Lactifluus bertillonii* mantarından yeşil sentez yöntemiyle elde ettiğimiz demir nano partiküllerinin karakterizasyonu gerçekleştirildi. Karakterizasyonlarda FT-IR, SEM, TEM, UV-Vis cihazlarından yararlanıldı. Yapılan karakterizasyonlarda değişimler belirgin olarak saptandı. TEM analizlerinde ortalama partikül boyutu 9.071 nm olarak tespit edildi. Literatür araştırmalarında karşılaştığımız karakterizasyonlarla eşleştirdiğimizde FeNPs yapılarının oluştuğu kanaatine vardık.

Anahtar Kelimeler: Nano partikül, *Lactifluus bertillonii*, Yeşil sentez

1. GİRİŞ VEYA BAŞLIK

KNT'lerin 1991 yılında Iijima tarafından keşfedilmesi (Wang ve ark.,2023; Chen ve ark.,2021), nanoteknolojinin entegre olduğu çeşitli alanlardaki bilimsel araştırmaları ve teknolojiyi harekete geçirmiştir. Bu durum bilim dünyasında devrim niteliğindedir (Chen ve ark.,2021). KNT'lerle ilgili etkileyici özelliklerin, malzeme dünyası gibi alanlarda, özellikle iletken polimerlerde ve KNT bazlı kompozitler alanında yeni kapılar açtığı düşünülüyordu. O zamandan beri, KNT'leri polimer yapısına dahil etmek için çeşitli yöntemler, çok fonksiyona sahip yeni ileri malzemeler üretme arzusuyla tasarlandı (Ahmadi ve ark.,2016). Ayrıca, bitkilerinde içinde bulunduğu nano partikül çalışmaları son süreçte bilim insanlarının ilgisini çekmiştir. Köktürk ve ark., 2023 yılında yaptığı çalışmada demir nano partiküllerinin zebra balığı üzerindeki toksisite özelliklerini belirlemişlerdir (Köktürk ve ark.,2023).

Bu çalışmada, bu bağlamda *Lactifluus bertillonii* mantarından elde ettiğimiz demir nano partiküllerinin karakterizasyonu üzerine gerçekleştirdik.

Lactifluus bertillonii yaprak döken, tercihen ılıman geniş yapraklı ormanlarda yetişir. Çoğunlukla *Quercus*, *Fagus*, *Betula* ve *Castanea* ile ilişkilidir (Heilmann-Clausen ve ark. 1998, Basso 1999).

2. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

2.1. Mantar Ekstresinin Hazırlanması:

Lactifluus bertillonii alınarak saf su ile iyice yıkandıktan sonra 1 gün boyunca düşük ısıda (35°C) etüvde muhafaza edildi. Etüvden alınan mantar örnekleri blender yardımıyla iyice parçalandı. Daha sonra parçalanan mantarlar içinde 100 ml saf su bulunan 250 ml'lik erlene alınarak 20 dk boyunca yaklaşık olarak 100-105 °C' de etrafı alüminyum folyo ile kapatılarak magnetik karıştırıcıda sürekli dönmesi sağlandı. 20 dk sonra alınan erlendeki mantar numunesi daha önce hazırlanan 250 ml erlenlerde süzme (0.22mm por boyutuna sahip filtre kağıdı ile) işlemine maruz bırakıldı. Süzme işlemi sonunda elde edilen süzüntü daha sonra kullanılmak üzere +4°C'de muhafaza edildi (Devi ve ark., 2019).

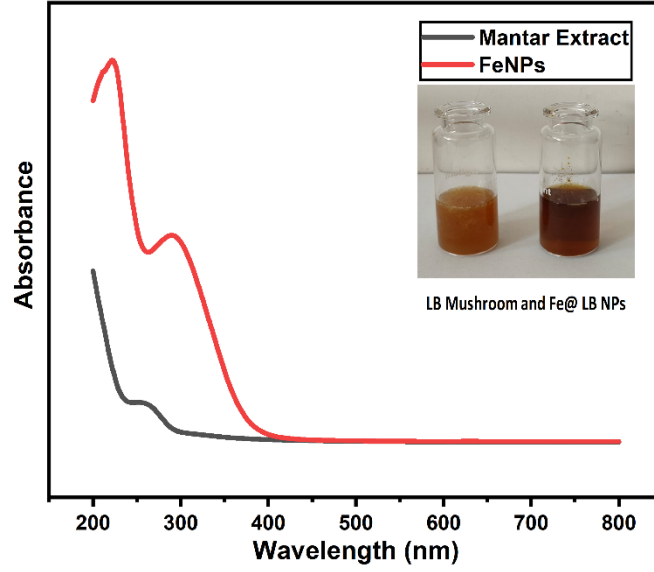
2.2. Demir Nano Partiküllerinin Sentezi (Fe@ LB NPs) :

0.6 M 100 ml FeCl₃ çözeltisi saf su ile hazırlandı. Hazırlanan çözelti 15dk oda koşullarında tamamen çözünmesi sağlanıncaya kadar magnetik karıştırıcıda karıştırıldı. Daha sonra hazırlanan stok demir çözeltisinden 80ml ve 20 ml mantar ekstresi 250ml erlende karıştırılarak 4 saat boyunca çalkalamalı su banyosunda 60°C,100rpm'de üzeri tamamen kapatılarak karıştırıldı. Daha sonra alınan karışım 2 saat boyunca oda koşullarında soğumaya bırakıldı. 2 saat sonunda alınan karışımdan katı madde eldesi için santrifüj işlemlerine geçildi. Santrifüj işlemlerinde (5000 rpm ve 10 dk) iki defa saf su ve bir defa da etil alkol ile yıkama işlemi gerçekleştirildi. Son olarak santrifüj işleminin sonunda alınan katı numunenin (Fe@ LB NPs) karakterizasyon işlemleri için 60°C'de etüvde kurumaya bırakıldı.

3. SONUÇLAR VE DEĞERLENDİRME

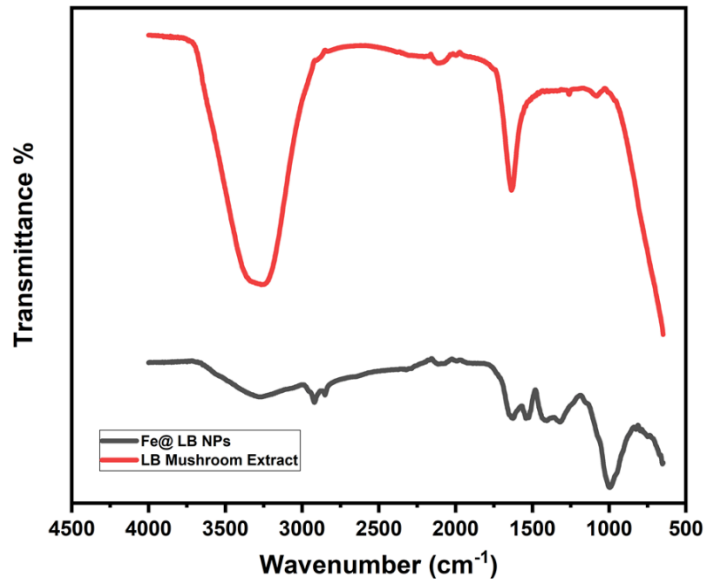
Değerlendirme aşamasında FT-IR, UV-Vis, SEM, TEM ve LC-MS-MS cihazlarından yararlanıldı.

3.1.UV-Vis: Spektroskopik çalışmalarda (Cary 60 UV-Vis Spectrophotometer) model cihazıyla gerçekleştirildi. Görsel 1'de UV-Vis ile gerçekleştirilen görüntüleme mantar ekstresi ve mantar ekstresinden elde edilen demir nano partiküllere aittir. Adsorbans spektroskopisinde, *Lactifluus Bertillonii* mantarının ekstresinde 265 nm'de bir pik öte taraftan Fe@ LB NPs 225 ve 288 nm iki tane pik görüntülenmektedir (Balu ve ark.,2020).



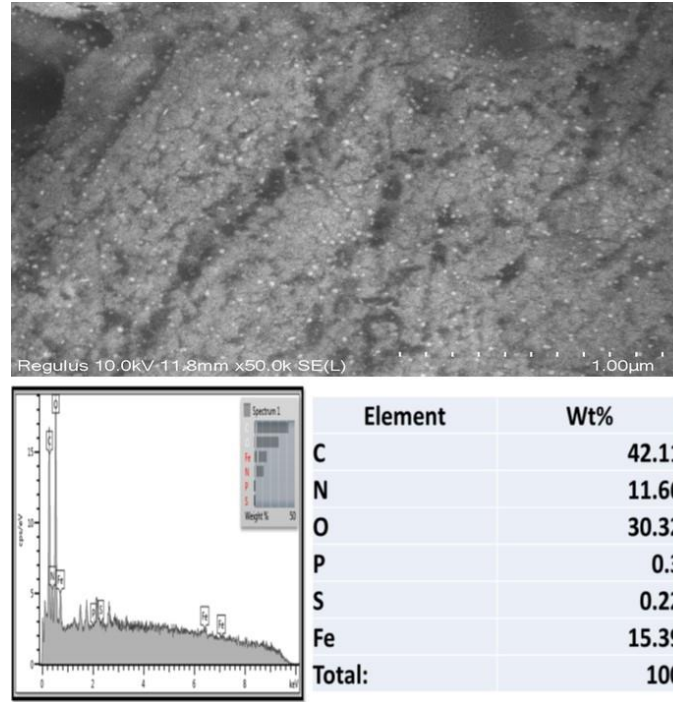
Görsel 1. *Lactifluus Bertillonii* mantarının ekstresi ve Fe@ LB NPs ait UV-Vis görüntüsü

3.2.FT-IR: Numunlere ait karakterizasyonlarda (Agilent Cary 630 FT-IR) model FT-IR cihazından yararlanılmıştır (Görsel 2). FT-IR cihazından elde edilen görüntülere göre; 3000-4000 cm^{-1} arasındaki titreşimler fenolik bileşiklerin (OH) gruplarıyla, 1500-2000 cm^{-1} arasındaki titreşimler polyfenol (C=C) gruplarıyla, yaklaşık 1000 cm^{-1} elde edilen keskin pik (Fe-O) gruplarıyla eşleştirildi (Balı ve ark.,2020).



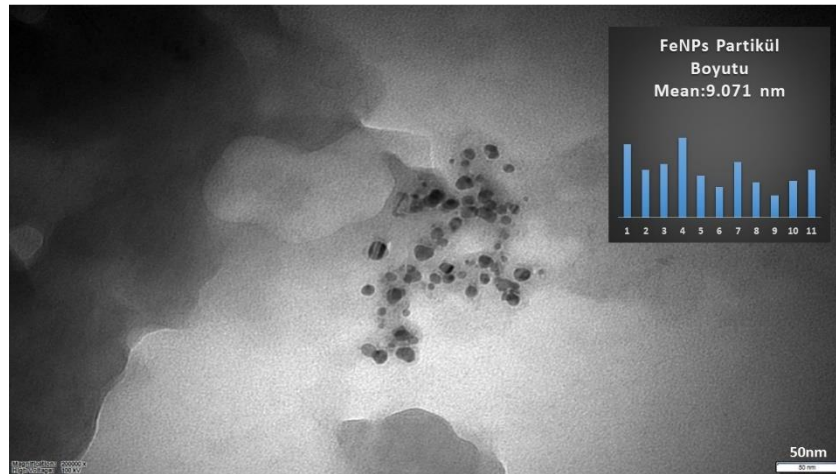
Görsel 2. *Lactifluus Bertillonii* mantarının ekstresi ve Fe@ LB NPs ait FT-IR görüntüsü

3.3.SEM: Bu karakterizasyon basamağında Hitachi Regulus 8230 FE-SEM model cihazdan yararlanıldı. Ayrıca cihazın EDS dedektörüne ait veriler aşağıda verilmiştir (Görsel 3). Görüntüleme yardımıyla yapısal morfoloji belirlendi. Görüntülemeye granül şeklinde parlak yapılar göze çarpmaktadır. Bu yapıların Fe@ LB NPs olduğu düşünülmektedir (Görsel 3). EDS detektörüyle gerçekleştirilen element analizinde Fe elementi 15.39 % olarak belirlendi (Arde ve ark., 2020; Nkosinathi ve ark.,2020).



Görsel 3. Fe@ LB NPs ait SEM görüntüsü

3.4.TEM: Bu karakterizasyon basamağında Hitachi HT7800 modeline sahip TEM cihazından yararlandık. Görüntüleme 200000X, 100kV voltajda gerçekleştirildi. Yapılan görüntülemeye ortalama partikül boyutu 9.071nm olarak tespit edildi (Arde ve ark., 2020).



Görsel 4. Fe@ LB NPs ait TEM görüntüsü

4. GENEL DEĞERLENDİRME VE SONUÇLAR

Lactifluus bertillonii mantarı üzerinden ekstraksiyon işlemi gerçekleştirildi. Daha sonra karakterizasyon basamaklarına geçildi. Bu karakterizasyon basamaklarında (Fe@ LB NPs) yapılarının oluştuğu kanaatine varıldı. Bu çalışma neticesinde doğal yöntemlerle elde edilen nano yapıların daha sonraki çalışmalarda kullanılabileceği kanaati taşımaktayız. Ayrıca, TEM cihazıyla gerçekleştirilen karakterizasyonda elde edilen partikül boyutu 10 nm altında olduğu tespit edildi.

Bu çalışmada mantar temini ve teşhisi konusundaki desteğinin yanı sıra bilgi ve birikimini bizden esirgemeyen Hakkari Üniversitesi Yüksekova Meslek Yüksekokulu akademik personel Öğr.Gör.Sedat KESİCİ'ye çok ama çok teşekkür ederim.

KAYNAKÇA

- 1-Heilmann-Clausen, J., Verbeken, A., & Vesterholt, J. (1998). Fungi of Northern Europe. Vol. 2: The genus *Lactarius*. *Svampetryk, Copenhagen. Search in*.
- 2-Wang, S., Chen, F., Zhuang, G., Wei, K., Chen, T., Zhang, X., ... & Du, P. (2023). Synthesis of an all-carbon conjugated polymeric segment of carbon nanotubes and its application for lithium-ion batteries. *Nano Research*, 1-6.
- 3- Chen, J., Wei, S., & Xie, H. (2021, June). A brief introduction of carbon nanotubes: history, synthesis, and properties. In *Journal of Physics: Conference Series* (Vol. 1948, No. 1, p. 012184). IOP Publishing.
- 4- Ahmadi, M., Zabihi, O., Masoomi, M., & Naebe, M. (2016). Synergistic effect of MWCNTs functionalization on interfacial and mechanical properties of multi-scale UHMWPE fibre reinforced epoxy composites. *Composites Science and Technology*, 134, 1-11.
- 5-Köktürk, M., Yiğit, A., & Sulukan, E. (2023). Green Synthesis Iron Oxide Nanoparticles (Fe@ AV NPs) Induce Developmental Toxicity and Anxiety-Like Behavior in Zebrafish Embryo-Larvae. *Marine Science and Technology Bulletin*, 12(1), 39-50.
- 6-Balu, P., Asharani, I. V., & Thirumalai, D. (2020). Catalytic degradation of hazardous textile dyes by iron oxide nanoparticles prepared from *Raphanus sativus* leaves' extract: a greener approach. *Journal of Materials Science: Materials in Electronics*, 31, 10669-10676.
- 7- Arde, S. M., Patil, A. D., Mane, A. H., Salokhe, P. R., & Salunkhe, R. S. (2020). Synthesis of quinoxaline, benzimidazole and pyrazole derivatives under the catalytic influence of biosurfactant-stabilized iron nanoparticles in water. *Research on Chemical Intermediates*, 46, 5069-5086.
- 8- Nkosinathi, D. G., Albertus, B. K., Jabulani, S. S., Siboniso Siphephelo, M., & Pullabhotla, R. V. (2020). Biosynthesis, characterization, and application of iron nanoparticles: In dye removal and as antimicrobial agent. *Water, Air, & Soil Pollution*, 231, 1-10.

GENÇLİK VE CİNSEL MİTLER

Doç. Dr. Çiğdem GÜN KAKAŞCI

Süleyman Demirel Üniversitesi, - 0000-0003-1951-563X

Öğrenci Nisa Gökçen TEPE

Süleyman Demirel Üniversitesi, - 0009-0002-2451-7285

ÖZET

Cinsel mitler cinsellik ile ilgili konularda bilimsel gerçekliği olmamasına rağmen doğru olduğuna inanılan, genellikle abartılmış, cinsel yaşamı sınırlandıran, kalıplaşmış ve yanlış yargılardır. Cinsellikle ilgili yanlış inançlar ve kavramlar, bireylerin cinsellikle ilgili tutum ve davranışlarını etkilemektedir. Oturmuş bir cinsel eğitim programının olmadığı ve cinselliğin tabu olarak kabul edildiği toplumlarda, o toplumların geleceği olarak görülen gençlerin cinsel bilgi düzeyleri, cinselliğe bakış açısı, cinsellik hakkındaki inanışları öncelikle ele alınması gereken konulardan biridir. Ailenin genellikle cinselliğe yönelik yasaklayıcı tutumlar sergilemesi daha çocukluk döneminden başlayan cinsellik ile ilgili tabuların gelişimine zemin hazırlamaktadır. Bu nedenle çoğunlukla cinsellik konusunda aileden yeterli bilgi alınamaz ve cinsellik hakkında açık iletişim kurulamaz. Bu süreç gençlerin gelecekteki cinsel hayatlarını, aile hayatlarını ve üreme sağlığını önemli ölçüde etkilemektedir. Cinsel mitlere inanma özellikle ülkemizde yapılan çalışmalarda gençler arasında yaygın bir sorundur. Oysa cinsellik konusunda doğru bilgi edinmek, cinsiyeti sağlıklı bir şekilde deneyimleyebilmenin ana göstergelerinden biridir. Adölesan dönemi ve çocukluk döneminde edinilen yanlış veya yetersiz bilgiler ve abartılı beklentiler, insanların yetişkinlik dönemindeki cinsel inanç ve davranışlarına da yansıtılabilmektedir. Ne yazık ki cinsel sağlık problemlerine neden olabilen bu yanlış inanışlar çiftlerin cinsel yaşantısında da sıkıntılar yaratabilmektedir. Cinselliğe yönelik bilimsellikten uzak, eksik, yanlış ve kulaktan dolma bilgilerin yerini profesyonellerin eşliğinde anlaşılabilir, net ve bilimsel cinsel eğitim programları almalıdır. Cinsel eğitimlerin yaş ve eğitim düzeyine göre tasarlanması ve sürdürülebilir özellikte olması önemlidir. Özellikle gençlerde bu eğitim programlarının içeriği oluşturulurken cinsel mitlere yönelik araştırma sonuçlarında dikkate alınması önerilir

Anahtar Kelimeler : Gençlik, Cinsellik, Cinsel Mit

Cinsellik, insan olmanın önemli bir yönü olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu kavram cinsiyet, cinsel yönelim ve üreme gibi birçok unsur içermektedir. Cinsellik, kişilerin duygu, düşünce, tutum, davranış ve ilişkileriyle yaşadığı ve ifade ettiği bir deneyimdir (WHO, 2006). Bu deneyim biyolojik, psikolojik ve sosyokültürel olmak üzere farklı boyutlarla ilişkilidir. Bu boyutlar cinsel davranışları, kimlikleri, rolleri ve ilişkileri tanımlar ve anlamlandırır. Ancak cinsellik bireysel ve toplumsal düzeyde pek çok faktör tarafından şekillendirilir ve kısıtlanır. Örneğin, sağlık durumu, hormonlar, genetik gibi biyolojik faktörler cinsel işlevleri ve tepkileri etkiler. Duygular, düşünceler, inançlar, değerler gibi psikolojik faktörler cinsel tercihleri ve doyumları etkiler. Aile, arkadaşlar, medya, eğitim, din, hukuk gibi sosyokültürel faktörler ise cinsel normları ve beklentileri etkiler. Bu faktörler arasındaki etkileşim cinselliği karmaşık ve dinamik bir olgu haline getirmektedir (WHO, 2017; WHO,2013).

Cinsellik topluluklara göre çok değişken bir kavram olarak karşımıza çıkmaktadır. Bazı toplumlarda insanlar cinsel konularda daha rahat paylaşımlar yapabilirlerken, bazı toplumlarda ise bu konuda daha sınırlı bir paylaşım söz konusu olabilmektedir (Bozdemir ve Özcan, 2011). Oturmuş bir cinsel eğitim programının olmadığı ve cinselliğin tabu olarak kabul edildiği toplumlarda, o toplumların geleceği olarak görülen gençlerin cinsel bilgi düzeyleri, cinselliğe bakış açısı, cinsellik hakkındaki inanışları öncelikle ele alınması gereken konulardan biri olarak karşımıza çıkmaktadır (Aygin ve ark., 2017).

Cinsel mitler cinsellik ile ilgili konularda bilimsel gerçekliği olmamasına rağmen doğru olduğuna inanılan, genellikle abartılmış (Torun, Torun ve Özaydın, 2011), cinsel yaşamı sınırlandıran, kalıplaşmış ve yanlış yargılardır (Sungur, 1998). Cinsellekle ilgili yanlış inanışlar ve kavramlar, bireylerin cinsellekle ilgili tutum ve davranışlarını doğrudan etkiler. Bu yanlış inanışların gelişmesinde cinsellekle ilgili başvuru kaynaklarının bilimsel olmaması temel bir nedendir (Kukulu, Gürsoy ve Sözer; 2009). Özellikle gençlerin cinsel konularda verdikleri kararların yaşamları üzerinde çok boyutlu etkileri olduğu düşünülürse bu durumun ne kadar önemli olduğu yadsınamaz bir gerçek olarak karşımıza çıkmaktadır (Bostancı ve ark. 2007). Çalışmalar bazı toplumlarda gençlerin doğum kontrolü, üreme fizyolojisi, cinsel yolla bulaşan hastalıklar (CYBH) gibi cinsellekle ilgili konularda yeterli bilgiye sahip olmadığını göstermektedir (Dağ ve ark., 2012; Bulduk ve Erdoğan, 2012; Polat ve ark., 2012).

Cinsel mitler özellikle gençler arasında yaygındır (Civil ve Yıldız, 2010 ; Eşsizoglu ve ark. 2011; Apay, Akpınar ve Arslan, 2013). Ailenin genellikle cinselliğe yönelik yasaklayıcı

tutumlar sergilemesi daha çocukluk döneminden başlayan cinsellik ile ilgili tabuların gelişimine zemin hazırlamaktadır. Bu nedenle çoğunlukla cinsellik konusunda aileden yeterli bilgi alınamaz ve cinsellik hakkında açık iletişim kurulamaz. Bu süreç gençlerin gelecekteki cinsel hayatlarını, aile hayatlarını ve üreme sağlığını önemli ölçüde etkilemektedir (Gürsoy ve Gençalp, 2010). Cinsel mitlere inanma özellikle ülkemizde yapılan çalışmalarda gençler arasında yaygın bir sorundur (Avcıbay, 2020). Oysa cinsellik konusunda doğru bilgi edinmek, cinsiyeti sağlıklı bir şekilde deneyimleyebilmenin ana göstergelerinden biridir.

Adölesan dönemi ve çocukluk döneminde edinilen yanlış veya yetersiz bilgiler ve abartılı beklentiler, insanların yetişkinlik dönemindeki cinsel inanç ve davranışlarına da yansiyabilmektedir. Ne yazık ki cinsel sağlık problemlerine neden olabilen bu yanlış inanışlar çiftlerin cinsel yaşantısında da sıkıntılar yaratabilmektedir (WHO, 2017). Cinsel mitler nedeniyle kişiler bilişsel şemalarını hatalı oluşturabilmektedir. Bu durum ise kişilerde kaygı, gerçekçi olmayan beklentiler, suçluluk ve başaramama korkusuna yol açarak cinsel işlev bozuklukları ile sonuçlanabilmektedir (Keçe, 2013; Yaşan ve Gürgen, 2004).

Cinsel mitleri etkileyen faktörlerin başında eğitim gelmektedir. Yeterli cinsel eğitim alınmamış olması veya hiç cinsel eğitim alınmaması, bireyi informal kaynaklardan öğrenmeye itmektir. Bu durum cinsel mitlerin oluşmasına neden olmaktadır. Bu süreçte bilgiler abartılı inanışlara dönüşerek kişilerin cinsel yaşamlarını etkileyen bir sorun haline gelmektedir (Ogur, Utkualp ve Aydınoglu, 2016). Yine yapılan çalışmaların sonuçlarında düşük eğitim düzeyinde olan kişilerin eğitim düzeyi yüksek olanlara göre cinsel mitlere daha fazla inandığı bildirilmektedir. Yüksek eğitim düzeyi olan kişilerde ise inanılan cinsel mitlerin daha çok bu kişilerin çevresel yapısından ve bu çevresel yapının inanışlarından etkilendiği bildirilmiştir (Kısa ve ark., 2013; Torun, Torun ve Özaydın, 2011).

İlk gençlik ve çocukluk dönemlerini kırsal alanlarda yaşayan gençlerin bu dönemlerini il ve ilçe merkezlerinde yaşamış olan gençlere oranla cinsel mitlere inanma düzeyleri daha fazla bulunmuştur (Torun, Torun ve Özaydın; 2011). Yine farklı çalışmalarda hayatının ilk 15 yılını şehir merkezinde yaşamış olan gençlerin kırsalda yaşayanlara oranla cinsel mitlere katılma oranının daha düşük olduğu bildirilmiştir (Şahbaz, 2017; Uyar, 2015).

Cinsel mitlere inanma düzeyi ile ilişkili bir diğer faktör ise ebeveynlerin eğitim seviyesidir. Ebeveynlerin eğitim seviyesi yükseldikçe cinsel mitlere inanma düzeyinin düştüğünü belirten araştırma sonuçları mevcuttur (Evcili ve Gölbaşı, 2017; Kısa ve ark., 2013; Kilci ve Özsoy, 2019). Cinsel mitlere inanma düzeyinin cinsiyet faktörüne göre araştırıldığı bazı çalışmalarda

ise erkeklerin daha çok cinsel mitlere katıldığını gösteren bulgular mevcuttur (Evcili ve Gölbaşı, 2017; Torun, Torun ve Özaydın, 2011; McMahon, 2010).

Cinsel mitler cinsel deneyimden de etkilenebilmektedir. Cinselliği deneyimlemiş kişilerde cinsel mitlere inanma düzeyi zamanla birlikte az da olsa azalabilmektedir. Cinsel partneri bulunmayanlarda ise cinsel mitlere inanma düzeyinin daha fazla olabilmektedir (Yaşan ve Gürgen, 2004).

Cinsel bilgilerin yanlış bilgi kaynaklarından edinilmesi cinsel mitlere inanmayı kolaylaştıran bir diğer faktör olarak karşımıza çıkmaktadır. Bazı çalışma sonuçları kardeş, dost, basın ve pornografik içeriklerden edinilen ilk cinsel bilgilerin cinsel ilişkileri negatif yönde etkilediğini bildirmiştir ayrıca bu durum cinsel işlev bozuklukları ile sonuçlanabilmektedir (Özmen, 1999). Torun, Torun ve Özaydın (2011) pornografik içeriklerden edinilen cinsel bilgilerin özellikle diğer bilgi kaynaklarına göre daha çok abartılı, yanlış ve hatalı düşünce kalıplarına neden olduğunu belirtmiştir.

Cinsellik konusunda doğru bilgi kaynaklarına ulaşmada sıkıntı yaşanması gençleri yanlış bilgileri edilebileceği farklı kaynaklara yönlendirebilmekte bu durumda cinselliğe ilişkin abartılı, yanlış veya eksik bilgilerin öğrenilmesine neden olabilmektedir. Cinselliğe yönelik doğru bilgiye ulaşamama bireylerde önyargı oluştururken, yanlış bilgilendirmelerde cinsel mitler ile sonuçlanabilmektedir (Apay, Akpınar ve Arslan; 2013). Literatür ebeveynlerin ve eğitimcilerin iletişimlerini, cinselliği görmezden gelmek ve/veya engel olmak yerine doğru tutumları anlatma yönünde kullanmalarını tavsiye etmektedir (Somers ve Paulson; 2000). Aslında ana hedefimiz gençleri korumak olduğu halde bu şekilde yanlış tutum sergilenmesi cinsellik konusunda gençleri yalnız, bilgisiz ve çözümsüz bırakabilmektedir. Bu duruma çarpıcı bir örnek toplumlarda sıklıkla görülen mitlerden birisi olan tecavüz mitidir (Senn ve ark., 2017). Bu mitle ilgili kadını suçlayan inanç ve tutumlar çoğu zaman mağdurunda kendisini suçlamasına neden olabilmektedir. Mağdur suçu ihbar etmeyebilir, yeterli düzeyde yardım alamayabilir ve bu durumlarda mite inanan toplumlarda mağdur rehabilitasyon yerine daha çok örselenip toplum dışına itilebilmektedir. Yine ergenlik döneminde suistimal yaşayan gençlerde yalnızlık ve çaresizlik duygusu yaşanabilmektedir. İçerisinde yaşadığı toplumun tepkisinden korkan ve geleceğine yönelik endişeleri bulunan bu gençlerin resmi kanallara veya ailelerine başvurmaları genellikle ya geç olmaktadır veya hiç olmamaktadır. Gençlere verilen eğitimde hukuki düzeyde hakları ve ihtiyaç duyduklarında ulaşabilecekleri kurumlar mutlaka anlatılmalıdır. Gençlere tüm bu bilgiler verilse bile hukuki düzeyde haklarına sahip çıkma veya

ilgili kurumlara başvurmaları sonucunda yaşayacakları dışlanma, horgörülme ve geleceğinin tehlikeye girmesi gibi korkularla, geri duracakları tahmin edilmektedir. İşte bu nedenle cinselliğe yönelik stigmatizasyonları toplumdaki kaldırmak ana hedef olmalıdır (Davul ve Yazıcı, 2019)

Sonuç ve Öneriler

Bu kapsamda cinselliğe yönelik bilimsellikten uzak, eksik, yanlış ve kulaktan dolma bilgilerin yerini profesyonellerin eşliğinde anlaşılabilir, net ve bilimsel cinsel eğitim programları almalıdır. Cinsel eğitimlerin yaş ve eğitim düzeyine göre tasarlanması ve sürdürülebilir özellikte olması önemlidir. Özellikle gençlerde bu eğitim programlarının içeriği oluşturulurken cinsel mitlere yönelik araştırma sonuçlarında dikkate alınması önerilir.

KAYNAKÇA

- Apay, S. E., Akpınar, R. B., & Arslan, S. (2013), Öğrencilerin Cinsel Mitlerinin İncelenmesi. *Anadolu Hemsirelik ve Sağlık Bilimleri Dergisi*, 16, 2.
- Avcıbay, B. (2020), Üniversite Öğrencilerinin Cinsel Mitlere İlişkin İnanç ve Tutumları . *Mersin Üniversitesi Tıp Fakültesi Lokman Hekim Tıp Tarihi ve Folklorik Tıp Dergisi* , 10 (3) , 392-403 .
- Aygin D, Açıl H, Yaman Ö, Çelik Yılmaz A.(2017), Üniversitede Okuyan Kadın Öğrencilerin Cinsel Mitler İle İlgili Görüşleri. *Androloji Bülteni*; 19(2):44–49.
- Bostancı, N., Buzlu, S., Tufek, F., Kalaycıoğlu, D., Yıldırım, N., & Yılmaz, S. (2007), Üniversite Öğrencilerinde Cinsel Mitler: On Değerlendirme Sonuçları. *Androloji Bülteni*, 31, 362–364.
- Bozdemir N, Özcan S. Cinselliğe ve Cinsel Sağlığa Genel Bakış (2011), *Turkish Journal of Family Medicine and Primary Care (TJFMPC)*;5:37–46.
- Bulduk, S., & Erdoğan, S. (2012), The Effects Of Peer Education On Reduction Of The HIV/Sexually Transmitted Infection Risk Behaviors Among Turkish University Students. *Janac*, 23, 233–243.
- Civil, B., & Yıldız, H. (2010), Erkek Öğrencilerin Cinsel Deneyimleri ve Toplumdaki Cinsel Tabulara Yönelik Görüşleri. *DEUHYO Ed*, 3(2), 58–64.
- Dag, H., Donmez, S., Sirin, A., & Kavlak, O. (2012), Akran Eğitiminin Üniversite Öğrencilerinin Cinsel Sağlık Konusundaki Bilgi Düzeylerine Etkisi. *Anadolu Hemsirelik ve Sağlık Bilimleri Dergisi*, 15, 1.

- Davul, Ö. E., & Yazıcı, A. E. (2019), Üniversite Yaşamının Cinsel Mit Ve Tutumlara Etkisi. *Cukurova Medical Journal*, 44(4), 1432-1441.
- Essizoglu, A., Yasan, A., Yildirim, E. A., Gurgun, F., & Ozkan, M. (2011), Double Standard For Traditional Value Of Virginity And Premarital Sexuality İn Turkey: A University Students Case. *Women and Health*, 51(2), 136–150.
- Evcili, F., Gölbaşı, Z. (2017), “Sexual Myths and sexual Health Knowledge Levels of Turkish University Students”. *Sexuality&Culture*, 21, 976–990.
- Gürsoy, D. E. & Gençalp, Y. D. D. N. S. (2010), Cinsel Sağlık Eğitiminin Önemi . *Sosyal Politika Çalışmaları Dergisi* , 23 (23) , 29-36 .
- Keçe, C.,(2013), *Cinselliğin Dayanılmaz Ağırlığı*, Pusula Yayınevi, Ankara.
- Kısa, S., Zeyneloğlu, S., Yılmaz, D., Verim, E., (2013), “Knowledge and Beliefs Related to Sexuality of Couples Doing Marriage Preparation” *TAF Preventive Medicine Bulletin*, 12(2).
- Kilci,Ş ve Özsoy,S.(2019), “Evlilik Hazırlığı Yapan Çiftlerin Mitlere İnanma Durumları Ve Etkileyen Faktörler.”*Kadın Sağlığı Hemşireliği Dergisi*. 5(2):1-28.
- Kukulu K, Gürsoy E, Sözer GA. Turkish University Students’ Beliefs İn Sexual Myths. *Sex Disabil*, 27(1):49–59.
- Mcmahon S. (2010), Rapemyth Beliefs And Bystanderattitudes Amongin Coming College Students.”*Journal Of AmericanCollegeHealth*. ;59(1):3–11.
- Ogur, P., Utkualp, N. ve Aydınoglu, N.,(2016), “Sağlık Yüksekokulu Öğrencilerinin Cinsellikle İlgili İnanışları” *Sürekli Tıp Eğitimi Dergisi*, 1(25): 13-21.
- Özmen, H. E., (1999), “Cinsel Mitler ve Cinsel İşlev Bozuklukları” *Psikiyatri Dünyası*, 3(2): ss.49- 53.
- Polat, S., Atıcı, A., Karakas, D., Culha, G. G., & Erdogan, S. (2012), Peer Education İncrases The Level Of Knowledge On Sexual And Reproductive Health İn Adolescents. *Journal of Tropical Pediatrics*, 58(2), 96–101.
- Somers CL, Paulson SE. (2000), Students’ Perceptions Of Parent-Adolescent Closeness And Communication About Sexuality: Relations With Sexual Knowledge, Attitudes And Behaviors. *J Adolesc.*;23:629-44.
- Senn CY, Eliasziw M, Hobden KL, Newby-Clark JR, Barata PC, Radtke HL et al. (2017), Secondary And 2-Year Outcomes Of A Sexual Assault Resistance Program For University Women. *Psychol Women Q*;41:147- 62.
- Sungur, M.Z.(1998) Cinsel Eğitim. *Klinik Psikiyatri*. 2: 103-8

Şahbaz, T. (2017), Cinsel Mitlerin Cinsel İşlev Bozukluğu ve Kaygı Üzerindeki Etkisi. Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi. Işık Üniversitesi/Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul.

Torun, F. Torun, S.D, Özaydın, A.N . (2011)” Erkeklerde Cinsel Mitlere İnanma Oranları Ve Mitlere İnanmayı Etkileyen Faktörler”. *Düşünen Adam Psikiyatri ve Nörolojik Bilimler Dergisi* 24-31

Uyar, B. (2015), “İnfertilite Tedavisi Gören Kadınlarda Cinsel Mitlere İnanma Düzeyi”. Uzmanlık Tezi. Dicle Üniversitesi/Tıp Fakültesi, Diyarbakır

World Health Organisation (WHO) (2006).https://www.who.int/reproductivehealth/topics/sexual_health/sh_definitions/en/ Erişim Tarihi: 01.10.2023.

World Association of Sexual Health (2013). Working Definitions after WHO Technical Consultation on Sexual Health. Erişim: <http://176.32.230.27/worldsexology.org/wp-content/uploads/2013/08/working-definitions-after-who.pdf>.

World Health Organisation (WHO), (2017). Sexual health and its linkages to reproductive health: an operational approach. Geneva: WHO. Erişim: <https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/258738/9789241512886-eng.pdf;jsessionid=EA80278CEB5F05A76F3C2C6530DB9D54?sequence=1>

Yaşan, A. ve Gürgen, F., (2004), “Cinsel Partneri Olan Bir Hemşire Grubu ile Hiç Partneri Olmamış Bir Hemşire Grubunun Cinsel Bilgi Edinme Yolları ve Cinsel Mitlerin Yaygınlığının Karşılaştırılması” *Yeni Symposium*, 42(2):72-76.

EPİZYOTOMİ İYİLEŞME SÜRECİNDE LAVANTA KULLANIMI

Doç. Dr. Çiğdem GÜN KAKAŞCI

Süleyman Demirel Üniversitesi, - 0000-0003-1951-563X

Öğrenci Nisa Gökçen TEPE

Süleyman Demirel Üniversitesi, – 0009-0002-2451-7285

ÖZET

Epizyotomi 1850'de ilk kez Amerika Birleşik Devletleri'nde tanıtılmıştır. Epizyotomi distosi, makat doğum, fetal makrozomi, uzamış ikinci evre, obstetrik anal sfinkter hasarı ve hızlı doğum gibi durumlarda doğru ve uygun zamanda yapıldığında doğumu kolaylaştırabilir. Epizyotomi için tipik iyileşme süresi kesiğin boyutuna ve yarayı kapatmak için kullanılan dikiş malzemesinin türüne bağlı olarak 4-6 hafta civarındadır. Bu süreçte yara iyileşmesindeki gecikme kötü anatomik sonuçlara yol açabilir, enfeksiyon riskini artırabilir ve sonuçta tehlikeli komplikasyonlara ve hatta ölüme yol açabilir. Ayrıca perine ağrısı annenin yaşam kalitesini düşürebilmekte ve annenin bebeğine karşı tutumunu değiştirebilmektedir. Epizyotomi sonrası yara izi ve ağrı emzirme pozisyonunu ve etkili emzirmeyi etkileyerek emzirmenin başlamasının gecikmesine neden olur. Bu nedenle yara iyileşmesini hızlandırmak için kullanılan bitkisel preparatlar benimsenen tedavi sürecinde kullanılabilen yöntemler arasındadır. Bunlardan biri olan lavanta (*Lavandula angustifolia*) nane familyasından Lamiaceae'ye ait otsu bir bitkidir. Linalool ve linalil asetat bu bitkinin pozitif ve etkili bileşikleri arasındadır. Gastrointestinal ve merkezi sinir sistemleri üzerinde önemli etkileri vardır. Ayrıca analjezik, antiinflamatuvar ve sedatif etkileri de çeşitli çalışmalarda kanıtlanmıştır. Araştırmalar lavantanın epizyotomi için kullanılmasının, plasebo ve diğer mevcut yöntemler ile karşılaştırıldığında iltihaplanma ve ağrıda önemli bir azalmayla sonuçlandığını bildirmektedir. Üstelik bu çalışmalarda bildirilen hiçbir yan etki olmamıştır. Birçok çalışma postpartum dönemde lavantanın ağrı ve epizyotomi iyileşmesinde önemli etkisi olduğunu göstermiş olsada çalışmalardaki heterojenite göz önünde bulundurulduğunda konuyu açıklığa kavuşturabilmek için daha fazla kanıt düzeyi yüksek çalışmalar yapılması önem arz etmektedir.

Anahtar Kelimeler : Epizyotomi, lavanta, tedavi

GİRİŞ

Epizyotomi 1850'de ilk kez Amerika Birleşik Devletleri'nde tanıtılmıştır. Epizyotomi distosi, makat doğum, fetal makrozomi, uzamış ikinci evre, obstetrik anal sfinkter hasarı ve hızlı doğum gibi durumlarda doğru ve uygun zamanda yapıldığında doğumu kolaylaştırabilir (Klein., ve Kaczorowski., 2020; Zilberman ve ark., 2009). Epizyotomi prevalansı ülkeden ülkeye değişmektedir. Örneğin Asya ırkı perineal yaralanmalara daha yatkın olabilmektedir ve doğum sırasında diğer ırklara göre epizyotomi oranı daha yüksek görülebilmektedir (Lam., 2006). Epizyotomi oranı, ABD'de %62.5, Tayvan'da %100, İsviçre'de %9.7, Avrupa'da ise %30 olarak bildirilmektedir (Graham ve ark., 2005). Epizyotomi için tipik iyileşme süresi kesğin boyutuna ve yarayı kapatmak için kullanılan dikiş malzemesinin türüne bağlı olarak 4-6 hafta civarındadır (Elizabeth, 2009). Bu süreçte yara iyileşmesindeki gecikme kötü anatomik sonuçlara yol açabilir, enfeksiyon riskini artırabilir ve sonuçta tehlikeli komplikasyonlara ve hatta ölüme yol açabilir (Shahraki ve ark., 2011). Ayrıca perine ağrısı annenin yaşam kalitesini düşürebilmekte ve annenin bebeğine karşı tutumunu değiştirebilmektedir (Karbanova ve ark., 2014). Epizyotomi sonrası yara izi ve ağrı emzirme pozisyonunu ve etkili emzirmeyi etkileyerek emzirmenin başlamasının gecikmesine neden olur (Singh ve ark., 2016). Ayrıca uzun süreli postpartum perineal ağrı, uzun vadede cinsel yaşamın işlevsiz olmasına, kaygıya, uykusuzluğa ve depresyona neden olabilir. Ancak çoğu anne bu sorunların tamamını doğumun doğal bir sonucu olarak değerlendirebilir (Riskin-Mashiah, Smith ve Wilkins, 2002). Ağrı yönetimi ve epizyotomi iyileşmesi sırasında komplikasyonların önlenmesi, hem anne hem de sağlık profesyonelleri için önemlidir. Dolayısıyla etkin konfor ve hızlı iyileşme annelerin ihtiyacıdır (Sari, Hamranani ve Sawitri, 2020). Yara iyileşmesi ve ağrının hafifletilmesi, kriyoterapi, elektrik stimülasyonu, akupunktur, lazer tedavisi, pelvik taban kas eğitimi egzersizleri, epidural analjezi ve ayrıca asetaminofen, mefenamik asit gibi ilaçların alınması dahil olmak üzere çeşitli yollarla sağlanabilmektedir (Crichton, 2001) Ayrıca yara iyileşmesini hızlandırmak için kullanılan bitkisel preparatlar benimsenen tedavi sürecinde kullanılabilen yöntemler arasındadır (Niazi ve ark., 2018). Bunlardan biri olan lavanta (*Lavandula angustifolia*) nane familyasından Lamiaceae'ye ait otsu bir bitkidir. Linalool ve linalil asetat bu bitkinin pozitif ve etkili bileşikleri arasındadır. Gastrointestinal ve merkezi sinir sistemleri üzerinde önemli etkileri vardır. Ayrıca analjezik, antiinflamatuvar ve sedatif etkileri de çeşitli çalışmalarda kanıtlanmıştır (Erland ve Mahmoud, 2016; Wells ve ark., 2018). Lavanta, linalool alkol keton esterzoaldehit içerir. Lavantadaki ketonlar ağrıyı ve iltihaplanmayı etkili bir şekilde

azaltır ve uykuya dalmaya yardımcı olur. Esterler kas spazmını önleyerek stresi ve depresyonu azaltır (Starck, 1998).

Eminov ve arkadaşları (2022) epizyotomi iyileşmesinde buz ve lavanta uygulamasının etkinliğini saptamak için yaptıkları çalışmada katılımcıları 3 gruba ayırmıştır. Bu gruplar kontrol grubu, buz uygulanan ve lavanta uygulanan gruplardır. Uygulama sonrasında gruplar arasında VAS düzeylerine bakılmış ve aradaki fark anlamlı bulunmuştur. Buna göre postpartum dönemde epizyotomi iyileşme sürecinde uygulanan lavanta yağı ve buz uygulamalarının yara iyileşmesini hızlandırdığını ve perine ağrısını azalttığını saptamışlardır (Eminov ve ark., 2022).

Hables (2021) Mısır'da postpartum dönemdeki kadınlar üzerinde yaptığı çalışmada lavanta kullanan, zeytinyağı kullanan ve bitkisel yağ kullanan grupları karşılaştırmıştır. Sonuçları görsel analog skala (ağrı ölçeği) ve REEDA (kızarıklık, ödem, ekimoz, Akıntı, Yara dudaklarında ayrılma) skalası kullanarak ölçmüştür. Üç grup arasında epizyotomi sonrası beşinci, dokuzuncu ve on dördüncü günlerde ağrı yoğunluğu açısından anlamlı fark saptamıştır REEDA puanında ise beşinci, dokuzuncu ve on dördüncü günlerde çalışılan üç grup arasında $p < 0.01$ değerinde ileri derecede anlamlı fark bulmuştur. Çalışma sonucunda lavanta yağı veya zeytinyağı kullanımının epizyotomi sonrası perineal rahatsızlığı azaltmada ve yara iyileşmesini hızlandırmada etkili olabileceği ancak lavanta yağının en yüksek faydayı sağladığı bildirilmiştir (Hables, 2021).

Bir başka çalışmada ise epizyotomi dikişinden sonra bölge hemen normal salinle temizlenmiş ve ardından steril lavanta yağı uygulanmıştır. Uygulama epizyotomi üzerine günde iki kez gerçekleştirilmiştir. Kontrol grubunda ise povidin-iyot kullanılmıştır. Çalışma sonucunda lavanta yağının deney grubunda 1. günden 5. güne kadar epizyotomi iyileşmesine yardımcı olduğu saptanmıştır. Lavanta yağının epizyotomi yara iyileşmesinde 1. günden 3. güne kadar povidin-iyot ile karşılaştırıldığında daha etkili olduğu bildirilmiştir. Fakat 5. Gündeki karşılaştırma sonucunda hem lavanta yağı hem de povidin iyot istatistiksel olarak eşit derecede etkili bulunmuştur (Harpreet ve Monika, 2016). Benzer bir çalışmada Jahdi ve arkadaşları (2009) lavanta uçucu yağı ve Betadine oturma banyosunu karşılaştırmış (5 litre / 6 damla) gruplara 5 gün boyunca günde 2 kez 20 dakika oturma banyosu uygulamışlardır. Sonuçta lavanta kullanan grupta betadine kullanan gruba göre ağrı yoğunluğu daha az bulunmuştur ($P < 0.001$).

Behmaneseh ve ark. (2011) nullipar 89 kadın üzerinde yaptığı bir çalışmada lavantanın epizyotomi insizyon yerindeki iyileşme ve ağrı kesici etkileşimini araştırmıştır. Grup 1'de 10

damla lavanta esansiyel yağı %2 zeytinyağı bazlı oturma banyosu (5 litre), grup 2'de 10 damla zeytinyağı oturma banyosu (5 litre) ve grup 3 (kontrol grubu 10 damla distile su (5 litre) ile 10 gün boyunca günde 2 kez oturma banyosu uygulanmıştır. Zeytinyağı ve lavanta yağı grupları kontrol grubuna kıyasla ağrı ve iyileşme yönünden daha avantajlı bulunmuştur (Behmanesh ve ark., 2011)

Benzer şekilde Vaziri ve ark. (2017) lavanta esansiyel yağı ile yapılan aromaterapinin epizyotomi ağrısı üzerindeki etkisini değerlendirmiştir. Müdahale grubuna nefes alma anında %1 lavanta esansiyel yağı 10-15 dakika boyunca 10 cm mesafeden esansiyel yağ emdirilmiş pamuk ile uygulanırken, kontrol grubuna susam yağı uygulamışlardır. Bu uygulama 24 saatte 3 doz şeklinde gerçekleşmiştir. Değerlendirmeyi ilk müdahaleden önce ve sonra ve ertesi sabah taburcu olmadan önce yapmışlardır. Sonuç olarak, lavanta esansiyel yağının ağrı yoğunluğu üzerindeki etkisinde iki grup arasında deney grubu lehine istatistiksel olarak anlamlı bir fark olduğunu bildirmişlerdir ($P<0.001$), (Vaziri ve ark., 2017).

SONUÇ VE ÖNERİLER

Araştırmalar lavantanın epizyotomi iyileşme sürecinde kullanılmasının, plasebo ve diğer mevcut yöntemler ile karşılaştırıldığında ağrıda önemli bir azalmayla ve iyileşme sürecinde hızlanmayla sonuçlanabildiğini bildirmektedir. Üstelik bahsi geçen bu araştırma bulgularında bildirilen hiçbir yan etki olmaması dikkat çeken bir başka bulgu olarak karşımıza çıkmaktadır. Birçok çalışma postpartum dönemde lavantanın ağrı ve epizyotomi iyileşmesinde önemli etkisi olduğunu göstermiş olsada çalışmalardaki heterojenite göz önünde bulundurulduğunda konuyu açıklığa kavuşturabilmek için daha fazla kanıt düzeyi yüksek çalışmalar yapılması önem arz etmektedir.

KAYNAKÇA

Behmanesh, F., Tofighi, M., Delavar, M. A., Zeinalzadeh, M., Moghadamnia, A. A., & Khafri, S. (2011). *A Clinical trial to compare the effectiveness of Lavender essential oil and olive oil at healing postpartum mother's perinea. Healthmed, 5(6), 1512-6.*

Crichton, N. (2001). Visual analogue scale (VAS). *J Clin Nurs, 10(5), 706-6.*

Elizabeth V JMA. (2009). Quasi experimental study to evaluate the effectiveness of infrared radiation therapy on pain perception and wound healing among primi postnatal women episiotomy in Christian Mission Hospital, Madhurai.

- Eminov, A., Kavlak, O., Eminov, E., Ergenoğlu, A., & İtil, İ. M. (2022). The effects of lavender oil and ice applications used in episiotomy care on episiotomy pain. *Ege Tıp Dergisi*, *61*(4), 626-635.
- Erland, L. A. E., & Mahmoud, S. S. (2016). Lavender (*Lavandula angustifolia*) Oils. Essential Oils in Food Preservation, Flavor and Safety, 501–508.
- Graham, I. D., Carroli, G., Davies, C., & Medves, J. M. (2005). Episiotomy rates around the world: an update. *Birth*, *32*(3), 219-223.
- Hables, R. M. (2021). Effect of Olive Oil, Lavender Oil and Placebo on Pain Intensity and Healing of Episiotomy in Women. *Tanta Scientific Nursing Journal*, *20*(1), 47-63.
- Harpreet, K., & Monika, K. B. (2016). A study to assess the effectiveness of lavender oil versus povidine iodine on healing of episiotomy wound among postnatal mothers. Prof. RK Sharma, *7*(2), 3.
- Jahdi F, Sheikhan F, Marghati KE, Haghani H. (2009) The effect of lavender essence on the postepisiotomy pain intensity of perineum. *J Sabzevar Univ Med Sci.*;16(3):127-33.
- Karbanova, J., Rusavy, Z., Betincova, L., Jansova, M., Necesalova, P., & Kalis, V. (2014). Clinical evaluation of early postpartum pain and healing outcomes after mediolateral versus lateral episiotomy. *International Journal of Gynecology & Obstetrics*, *127*(2), 152-156.
- Klein, M. C., & Kaczorowski, J. (2020). Routine use of episiotomy with forceps should not be encouraged. *CMAJ*, *192*(8), E190-E190.
- Lam, K. W., Wong, H. S., & Pun, T. C. (2006). The practice of episiotomy in public hospitals in Hong Kong.
- Niazi, A., Yousefzadeh, S., Rakhshandeh, H., & Esmaili, H. (2018). Comparison of purslane cream and lanolin on nipple pain among breastfeeding women: a randomized clinical trial. *The Iranian Journal of Obstetrics, Gynecology and Infertility*, *20*(12), 77-85.
- Riskin-Mashiah, S., Smith, E. B., & Wilkins, I. A. (2002). Risk factors for severe perineal tear: can we do better?. *American journal of perinatology*, *19*(05), 225-234.

Sari, D. P., Hamranani, S. S. T., & Sawitri, E. (2020, April). Effectiveness of lavender sitzbath therapy on epissiorraphy of postpartum mother. In *Journal of Physics: Conference Series* (Vol. 1517, No. 1, p. 012046). IOP Publishing.

Shahraki, A. D., Aram, S., Pourkabirian, S., Khodae, S., & Choupannejad, S. (2011). A comparison between early maternal and neonatal complications of restrictive episiotomy and routine episiotomy in primiparous vaginal delivery. *Journal of Research in Medical Sciences: the Official Journal of Isfahan University of Medical Sciences*, 16(12), 1583.

Sheikhan, F., Jahdi, F., Khoei, E. M., Shamsalizadeh, N., Sheikhan, M., & Haghani, H. (2012). *Episiotomy pain relief: Use of Lavender oil essence in primiparous Iranian women. Complementary therapies in clinical practice*, 18(1), 66-70.

Singh, S., Thakur, T., Chandhiok, N., & Dhillon, B. S. (2016). Pattern of episiotomy use & its immediate complications among vaginal deliveries in 18 tertiary care hospitals in India. *The Indian journal of medical research*, 143(4), 474.

Starck, M. (1998). *Handbook of Natural Therapies: Exploring the Spiral of Healing*. Crossing Press.

Vaziri F, Shiravani M, Najib FS, Pourahmad S, Salehi A, Yazdanpanahi Z.(2017). Effect of lavender oil aroma in the early hours of postpartum period on maternal pains, fatigue, and mood: a randomized clinical trial. *Int J Prev Med.*;28:29

Wells, R., Truong, F., Adal, A. M., Sarker, L. S., & Mahmoud, S. S. (2018). Lavandula essential oils: a current review of applications in medicinal, food, and cosmetic industries of lavender. *Natural Product Communications*, 13(10), 1934578X1801301038.

Zilberman, A., Sheiner, E., Barrett, O., Hamou, B., and Silberstein, T. Correction (2019) Once episiotomy, always episiotomy?. *Archives of gynecology and obstetrics*, 300(2), 489, *Operative Obstetrics*.2009;11th ed 253.

YETİŞKİN POPÜLASYONDA İZOMETRİK KUVVET VE EKLEM HAREKET AÇIKLIĞI İLİŞKİSİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ

Doç. Dr. UMUT CANLI¹

¹ Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi, Spor Bilimleri Fakültesi,
0000-0001-8603-3492

ÖZET

Kuvvet ve eklem hareket açıklığı ile ilişkili esneklik ve mobilizasyon yaş düzeyinin artışı ile birlikte azalmaktadır. Bu fizyolojik sürecin hızı ve etkisinin en aza indirilmesindeki en önemli strateji doğru planlanmış bir egzersiz rutini içerisinde yer almaktadır. Bu noktada, kuvvet ve eklem hareket açıklığının geliştirilmesinde belirtilen değişkenlerin birbirleri ilişkisinin ortaya konması kaliteli egzersiz programlarının tasarlanmasına katkı sağlayacaktır. Araştırmada yetişkin bireylerin izometrik kuvvet düzeyleri ile eklem hareket açıklıkları arasındaki ilişkinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Araştırmaya gönüllü olarak (erkek = 67; kadın = 53) toplam 120 yetişkin birey katılmıştır. Katılımcıların izometrik kas kuvvetini belirlemek için (Lafayette Manual Muscle Test System, Model 01165) ekipman kullanılmıştır. Bu sistemi, kas gücünü objektif olarak ölçmek için kullanılan ergonomik bir elde tutulan cihazdır. Katılımcıların eklem hareket açıklıklarını ölçmek için Dualer IQ Pro Eğimölçer (J-TECH Medical, Salt Lake City, UK, USA) ekipmanı kullanılmıştır. Dualer IQ Pro Dijital İnklinometre ile çift sensörlü ölçüm sayesinde kolay ve güvenilir veri toplanarak eklem hareket açıklığı değerlendirilmesi yapılabilmektedir. Değişkenler arasında ilişkinin belirlenmesinde Pearson Sıra Korelasyon analizinden yararlanılmıştır. Araştırmada katılımcıların alt ve üst ekstremitte kuvvetini temsil eden parametreler ile yine alt ve üst ekstremitte eklem hareket açıklığını temsil eden parametreler arasındaki ilişki belirlenmeye çalışılmıştır. Bu noktada; özellikle omuz fleksiyon ve ekstansiyon izometrik kuvvetinin omuz fleksiyon eklem hareket açıklığı ile pozitif yönlü zayıf ilişkisi olduğu belirlenmiştir (sırasıyla: $r=0.25$, $p<0.01$; $r=0.23$, $p<0.05$). Kalça fleksiyon izometrik kuvveti ile diz fleksiyon eklem hareket açıklığı arasında pozitif yönlü zayıf bir ilişkinin olduğu tespit edilmiştir ($r=0.20$, $p<0.05$). Diz fleksiyon kuvveti ve diz eklem hareket açıklığı kuvveti arasında pozitif yönlü zayıf bir ilişkinin olduğu ortaya konulmuştur ($r=0.24$, $p<0.05$). Sonuç olarak, izometrik kuvvetin hem alt hem de üst ekstremitede eklem hareket açıklığı ile ilişkisi olduğu belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Kuvvet, stabilizasyon, mobilizasyon

1. GİRİŞ

Eklem hareket açıklığı (EHA) vücut ekleminde mevcut belirli bölümler arasında bir hareket ölçüsünü ifade etmektedir (Park, 2010). Statik ve dinamik, pasif ve aktif insan hareketlerinde eklem hareket açıklığının ölçümü, eklem işlevini incelemek, eklemi tespit etmek için fizyoterapistler ve bazı kuvvet ve kondisyon antrenörleri tarafından yaygın olarak gerçekleştirilen kas-iskelet değerlendirmelerinde temel bir beceridir (Keogh, 2019).

Bir eklemdeki hareket açıklığının değerlendirilmesi, ortopedik cerrahlar ve fizyoterapistler tarafından tedavi ve eklem iyileşmesinin seyrini belirlemek için kullanılan yöntemler arasındadır (Ndou, 2018). Kardiyorespiratuar, direnç, esneklik ve nöromotor egzersiz uygulamalarını içeren düzenli egzersiz programları günlük yaşam aktivitelerinin yerine getirilmesinin ötesinde fiziksel zindeliği ve sağlığı iyileştirmek ve sürdürülebilmek adına çoğu yetişkin için gereklidir. Benzer şekilde eklem hareket açıklığını korumak için de her bir ana kas-tendon grubu için esneklik egzersizlerinin hafta da 2 gün ve üzerinde yapılması büyük bir öneme sahiptir (Garber, 2011). Çünkü EHA insan sağlığı açısından önemli bileşenlerden bir tanesidir. EHA egzersizleri; uygulandıkları eklem esnekliğini ve hareketliliğini korumayı amaçlayan aktivitelerdir. Kendine güveni artırma, yaşam kalitesini geliştirme, eklem esnekliğini artırma ve kaygı düzeyini azaltma gibi yararları da bulunmaktadır (Tseng, 2007).

Bir çalışmada gövde EHA açısından, gövde fleksiyonu, ekstansiyonu ve rotasyonlarının hafif ve orta dereceli parkinson hastalarında yaşam kalitesi ile ilişkili olduğu tespit edilmiştir (Cano-de-la-Cuerda, 2020). Özellikle, yaşlı insanlarda ayak bileği eklem hareket açıklığının artırılması için fiziksel terapiler gibi programların uygulanmasının onların yaşam kalitelerini arttırmak adına dengelerini korumak ve geliştirmek için faydalı olacağı belirtilmektedir (Lee, 2012). EHA, performansın ve hareket genişliğinin artırılmasının yanı sıra yaralanmaların önlenmesinde de önemlidir (Marek, 2005; Bieze, 2006). Bu noktada, EHA hem yaşam kalitesi hem de genel sağlık açısından önemli bir yere sahiptir. Günlük aktivitelerin arzu edilen seviyede, tatminkâr bir şekilde yapılabilmesi için EHA olmazsa olmaz bir bileşendir. İnsanların günlük yaşam aktivitelerinin ötesinde ise eklem hareket açıklığının sportif performans ile olan etkileşiminin de dikkate değer bir öneme sahip olabileceği aşikardır. Bu sebeple eklem hareket açıklığının iyileştirilmesi gerek sağlık gerek performans açısından önem arz etmektedir. Bu noktada, EHA'yı etkileyebilecek birçok faktörü dışında özellikle EHA'nın geliştirilmesi sürecinde izometrik kuvvet ve EHA ilişkisinin ortaya konulması önemli görülmektedir.

2. METOT

2.1. Eklem Hareket Açıklığı (Range Of Motion) Ölçüm Protokolü

Katılımcıların eklem hareket açıklıklarını ölçmek için Dualer IQ Pro Eğitimölçer (J-TECH Medical, Salt Lake City, UK, USA) ekipmanı kullanılmıştır. Dualer IQ Pro Dijital İnklinometre ile çift sensörlü ölçüm sayesinde kolay ve güvenilir veri toplanarak eklem hareket açıklığı değerlendirilmesi yapılabilmektedir. Cihaz Amerikan Tabipler Birliği (AMA) tarafından önerilmektedir (AMA Guides 5th edition). Klinikte eklem hareket açıklığı ölçümünde kullanılan, hata payı 1 derece olan ve kalibre edilebilen bir cihazdır. Bilgisayar olmadan omurga ve ekstremite hareket aralıklarını ölçmek için iki uçbaşı arasındaki potansiyel farkı belirler ve bu potansiyel farkı ilgili eklem açısına çevirir. 20 ölçüme kadar sonuçları kaydettiği için, klinisyenlere veri kaybetmeden ölçüm yapma imkanı sunar ve böylece verilere rahat ulaşılır. Klinisyenlerin eklem açısını dinamik çift inklinometre ve statik tek inklinometre (goniometre kullanmaya benzer şekilde) kullanarak değerlendirmelerine olanak tanır. Ölçümler alınmadan

önce, kullanım talimatlarındaki adımlar takip edilerek cihaz kalibre edilmiştir (Dualer IQ Pro Manual, 2023).

Dijital inklinometre sagittal, frontal, transversal ve rotasyonel dahil olmak üzere her yönde eklem hareket açıklığı ölçmek için kullanılan standart bir yöntem aracı olarak kabul edilir (Reddy, R. S., ve Diğerleri, 2022). Eklem hareket açıklığının belirlenmesi ile hekimler ve fizyoterapistler, kas-iskelet fonksiyonunu teşhis etmek, bir müdahalenin ilerleyişini izlemek, verileri kaydetmek veya gelecekteki takibi yapmak ve uygulanabilir olduğunda, bozulma derecelendirmesi ve sakatlık belirlemeleri için yasal ve yasal gereklilikleri karşılamak için yararlı bir yöntem sağlar (Youdas J.W., ve Diğerleri, 1991). Ayrıca spor bilimcilerin profesyonel sporcularda atletik performanslarının belirlenmesi ve bireysel olarak egzersiz programları hazırlanırken fiziksel performansın belirlenmesinde önemli bir rolü vardır (Özer, 2009; Şentürk, 2022). Normal eklem hareketi ölçümünde en yaygın olan kullanılan kriterlerden biri olan Amerikan Ortopedik Cerrahlar Derneğinin (AAOS) belirlediği ortalama değerler dikkate alınarak ölçümler yapılacaktır. (American Academy of Orthopaedic Surgeons, 1965).

2.2. İzometrik Kas Kuvveti Ölçüm Protokolü

Katılımcıların izometrik kas kuvvetini belirlemek için (Lafayette Manual Muscle Test System, Model 01165) ekipmanı kullanılmıştır. Lafayette Manuel Kas Test Cihazı (MMT) Sistemi, kas gücünü objektif olarak ölçmek için kullanılan ergonomik bir elde tutulan cihazdır. Test, klinisyenin hastanın uzuvlarına kuvvet uygulamasıyla gerçekleştirilir. Testin amacı, klinisyenin hastanın direncini yenmesi veya "kırmasıdır". MMT, güvenilir, doğru ve kararlı kas gücü okumaları sağlayarak "kırılma" elde etmek için gereken tepe kuvveti ve zamanı kaydeder. MMT ayrıca veri depolama, önceden ayarlanmış test süreleri ve uygulanacak kuvvet eşikleri gibi çok çeşitli seçeneklere izin veren etkileşimli menülere sahiptir. Ergonomik tasarımı, manuel kas testi protokollerine kolayca uyum sağlarken hem hasta hem de test cihazı konforu sağlar (Lafayette Manual Muscle Test System User, Instructions, 2023).

Manuel kas testi (MMT), tıp, osteopatik, kayropratik, fizik tedavi, rehabilitasyon, nörolojik ve atletik eğitim uzmanları tarafından sağlık hizmetlerinde çeşitli amaçlar için kullanılır ve klinik açıdan faydalı bir araçtır (Cuthbert ve Goodheart, 2007; Haas ve diğ., 2007; Conable ve Rosner, 2011). Kas gücü, en temel fiziksel unsurlardan biridir. Günlük fiziksel aktivitelerde ve sporcuların atletik performansında hareketi oluşturma ve yürütme kalitesi ile ilişkilidir. Güç seviyelerini ölçmek ve sınıflandırmak, fiziksel egzersiz reçetesi ve tedavisinde karar vermek için çok önemlidir (Wikholm ve Bohannon, 1991; Drummond ve Soares, 2016).

2.3. İstatistiksel Analiz

Araştırmada elde edilen veriler SPSS 18.0 programına aktarılarak ve analizler bu istatistik programı kullanılarak yapılmıştır. Verilerin analizinde araştırma grubunun özelliklerinin tanımlanması için tanımlayıcı istatistikler (ortalama, standart sapma, medyan, min-maks değer, oran, frekans vb.) kullanılacak, grafik ve tablolar yardımıyla ifade edilmiştir. Değişkenlerin karşılaştırmalarına geçilmeden önce normallik ve homojenlik varsayımların karşılanıp

karşılanmadığı incelenmiştir (Tabachnick ve Fidell, 2001). Ölçümsel değişkeler arasındaki ilişkiler için Pearson korelasyon analizi kullanılmıştır. İstatistiksel olarak $p < 0,05$ değeri anlamlı kabul edilmiştir.

3. BULGULAR

Çizelge 1. Katılımcıların yaş ve cinsiyetlerine ait tanımlayıcı veriler

| Değişkenler | Ortalama | Ss |
|-----------------|----------|----------|
| Yaş (yıl) | 34.62 | 11.82 |
| Cinsiyet | f | % |
| Erkek | 67 | 55.8 |
| Kadın | 53 | 44.2 |

Katılımcıların yaş düzeylerine ilişkin ortalama ve standart sapma değerleri ve cinsiyete ilişkin frekans ve yüzdeler Çizelge 1’de detaylı olarak gösterilmiştir.

Çizelge 2. Katılımcıların izometrik kuvvet değerlerine ait tanımlayıcı veriler

| Değişkenler | Ortalama | Ss |
|---------------------------|----------|------|
| Shoulder flexion (peak) | 20.87 | 7.96 |
| Shoulder extension (peak) | 16.38 | 6.20 |
| Shoulder abduction (peak) | 18.45 | 6.74 |
| Shoulder adduction (peak) | 15.72 | 5.67 |
| Hip flexion (peak) | 23.65 | 8.07 |
| Hip extension (peak) | 23.93 | 9.48 |
| Hip abduction (peak) | 26.24 | 9.11 |
| Hip adduction (peak) | 17.45 | 6.84 |
| Knee flexion (peak) | 17.22 | 6.74 |
| Knee extension (peak) | 20.23 | 6.48 |

Çizelge 3. Katılımcıların eklem hareket açıklığı değerlerine ait tanımlayıcı veriler

| Değişkenler | Ortalama | Ss |
|------------------|----------|-------|
| Shoulder flexion | 170.00 | 14.09 |

| | | |
|--------------------|--------|-------|
| Shoulder extension | 61.80 | 18.60 |
| Shoulder abduction | 174.92 | 20.50 |
| Shoulder adduction | 25.01 | 14.18 |
| Knee flexion | 118.76 | 17.23 |
| Hip flexion | 105.13 | 30.38 |
| Hip extension | 50.02 | 26.74 |
| Hip abduction | 32.20 | 15.28 |
| Hip adduction | 32.85 | 11.30 |
| Dorsiflexion | 27.29 | 7.06 |
| Plantarflexion | 52.86 | 10.90 |

Çizelge 4. Katılımcıların izometrik ve eklem hareket açıklığı değerlerine ait ilişkisel veriler

| Değişkenler | | Shoulder fleksiyon | Shoulder ekstansiyon | Shoulder abdüksiyon | Shoulder addüksiyon | Knee fleksiyon | Hip fleksiyon | Hip eks. | Hip abd. | Hip add. | Dorsi flek. | Plantar flek. |
|-------------------------|---|-----------------------|-------------------------|------------------------|------------------------|-------------------|------------------|---------------|----------------|--------------|----------------|------------------|
| Shoulder fleksiyon | r | 0,25** | -0,08 | 0,11 | 0,05 | 0,06 | -0,07 | 0,20* | -0,27** | -0,03 | 0,13 | -0,22* |
| | p | 0,00 | 0,35 | 0,19 | 0,56 | 0,45 | 0,40 | 0,02 | 0,00 | 0,72 | 0,13 | 0,01 |
| Shoulder ekstansiyon | r | 0,23* | -0,00 | 0,07 | 0,10 | 0,17 | -0,04 | 0,19* | -0,24** | 0,03 | 0,20* | -0,12 |
| | p | 0,01 | 0,96 | 0,40 | 0,27 | 0,05 | 0,60 | 0,03 | ,007 | ,686 | ,027 | ,168 |
| Shoulder abdüksiyon | r | 0,25** | -0,06 | 0,18* | 0,08 | 0,11 | -0,04 | 0,13 | -0,20* | -0,07 | 0,20* | -0,15 |
| | p | 0,00 | 0,46 | 0,04 | 0,37 | 0,20 | 0,65 | 0,13 | 0,02 | 0,44 | 0,02 | 0,09 |
| Shoulder addüksiyon | r | 0,26** | -0,11 | 0,14 | -0,04 | 0,07 | -0,03 | 0,24** | -0,21* | 0,01 | 0,21* | -0,10 |
| | p | 0,00 | 0,20 | 0,12 | 0,65 | 0,45 | 0,67 | 0,00 | 0,01 | 0,88 | 0,01 | 0,26 |
| Hip fleksiyon | r | 0,30** | -0,00 | 0,05 | 0,04 | 0,20* | 0,01 | 0,20* | -0,16 | 0,05 | 0,09 | -0,10 |
| | p | 0,00 | 0,95 | 0,52 | 0,62 | 0,02 | 0,83 | 0,02 | 0,07 | 0,52 | 0,29 | 0,25 |
| Hip ekstansiyon | r | 0,27** | 0,00 | 0,19* | 0,01 | 0,25** | 0,13 | 0,15 | -0,11 | 0,10 | 0,10 | -0,07 |
| | p | 0,00 | 0,97 | 0,03 | 0,89 | 0,00 | 0,14 | 0,09 | 0,21 | 0,24 | 0,26 | 0,45 |
| Hip abdüksiyon | r | 0,29** | -0,00 | 0,18* | 0,11 | 0,21* | 0,10 | 0,07 | -0,17 | 0,11 | 0,11 | -0,07 |
| | p | 0,00 | 0,93 | 0,03 | 0,21 | 0,02 | 0,24 | 0,40 | 0,05 | 0,20 | 0,22 | 0,44 |
| Hip addüksiyon | r | 0,32** | -0,00 | 0,28** | 0,05 | 0,19* | 0,07 | 0,15 | -0,03 | 0,23* | 0,20* | 0,09 |
| | p | 0,00 | 0,92 | 0,00 | 0,51 | 0,03 | 0,42 | 0,09 | 0,69 | 0,01 | 0,02 | 0,28 |
| Knee fleksiyon | r | 0,34** | 0,01 | 0,19* | 0,05 | 0,24** | 0,04 | 0,21* | -0,15 | 0,16 | 0,08 | -0,17 |
| | p | 0,00 | 0,90 | 0,03 | 0,56 | 0,00 | 0,64 | 0,01 | 0,09 | 0,07 | 0,34 | 0,06 |
| Knee ekstansiyon | r | 0,23* | -0,07 | 0,11 | 0,03 | 0,14 | -0,02 | 0,17 | -0,19* | -0,01 | 0,17 | -0,04 |
| | p | 0,01 | 0,42 | 0,20 | 0,71 | 0,11 | 0,79 | 0,05 | 0,03 | 0,91 | 0,05 | 0,59 |

4. GENEL DEĞERLENDİRME VE SONUÇLAR

EHA gelişimi için kullanılan birçok farklı stratejinin olduğu bilinmektedir. Günümüzde hala optimal EHA artırma stratejilerinin neler olduğu ve yeni metotların geliştirilmesine yönelik

araştırmalar devam etmektedir. Bu konuda yapılmış olan bir araştırmada kronik bel ağrısı olan hastalara 4 hafta boyunca haftada 3 gün uygulanan core egzersizlerinin ağrıyı azalttığı ve eklem hareket açıklığını arttırdığı ifade edilmiştir (Cho, 2014). Akut olarak uygulanan statik ve dinamik germelerin EHA üzerine etkisini inceleyen bir çalışmada ise dinamik germe egzersizlerinin kas kuvvetini azaltmadan EHA arttırmak için statik germelerden daha fazla uygulanabilir olduğu belirtilmektedir (Kimoto, 2015). Bu sonucu destekler nitelikte başka bir araştırmada yine dinamik germe modellerinin yaşlılarda kalça ekstansiyonunu etkili bir şekilde geliştirebileceği ifade edilmiştir (Zhou, 2019).

Düzenli olarak uygulanan statik germelerin pre-adölesan cimnastikçilerde eklem hareket açıklığında önemli artışlar sağladığı rapor edilmiştir (Donti, 2021). Statik ve dinamik germelerin kombine olarak uygulanmasının da dikey sıçrama, denge ve eklem hareket açıklığında akut olarak önemli artışlar sağladığı bildirilmektedir (Morris, 2013). Akuatik egzersiz terapisinin EHA üzerinde etkisini araştıran bir çalışmada 8 hafta boyunca, haftada 3 gün ve günde 45-60 dk süren egzersizlerin hemofili hastalarının günlük işlevselliklerini ve yaşam kalitelerini arttırmak için eklemlerin kuvvetini ve hareket açıklığını iyileştirmede faydalı bir yöntem olabileceği belirtilmiştir (Kargarfard, 2013). Diğer bir sağlık problemi olan serebral palside (SP) en sınırlayıcı koşullardan biri kas-iskelet mobilitesindeki bozulmalar olarak bilinmektedir. Bu durum da bireylerin hareket yeteneğini bozabilir. Bu hastalara uygulanan dans egzersizlerinin alt ekstremite eklem hareket açıklığına etkisi bir araştırmaya konu olmuştur. İki ay boyunca haftada 2 gün, günde 1 saat uygulanan dans uygulamalarının kalça fleksiyon, ekstansiyon, abdüksiyon, addüksiyon, internal ve eksternal rotasyon, diz fleksiyon ve ekstansiyon, ayak bileği dorsal ve plantar fleksiyon ve inversiyon, eversiyon değerlerinde anlamlı gelişmeler sağladığı ortaya konmuştur (Teixeira-Machado, 2019). Yaşlılarda ayak bileği kas kuvvetinin düşük olmasının postüral salınımları artırdığı ve dengeyi kötüleştirdiği öne sürülmektedir (Laughton ve ark., 2003). Genç erişkinlerde yapılan az sayıda çalışmada ise farklı sonuçlar bulunmaktadır. Kim ve ark. (2018) hem plantar hem de dorsifleksör kas kuvvetinin denge yeteneği ile pozitif ilişkili olduğunu, kas kuvveti arttıkça dengenin de iyileştiğini bildirmişlerdir

KAYNAKÇA

- Bieze A, Gnacinski M, Rouse A, et al. (2006). Effects of a chronic Pnf stretching program on speed and explosiveness in division 3 collegiate athletes. *J Undergraduate Kin Res*, 2(1):21-25.
- Cano-de-la-Cuerda R, Vela-Desojo L, Moreno-Verdú M, et al. (2020). Trunk range of motion is related to axial rigidity, functional mobility and quality of life in Parkinson's Disease: an exploratory study. *Sensors*, 20(9): 2482.
- Cho HY, Kim EH, Kim J. (2014). Effects of the core exercise program on pain and active range of motion in patients with chronic low back pain. *J Phys Ther Sci*, 26(8):1237-1240
- Donti O, Papia K, Toubekis A, et al. (2021). Acute and long-term effects of two different static stretching training protocols on range of motion and vertical jump in preadolescent athletes. *Biology of Sport*, 38(4): 579-586.
- Garber CE, Blissmer B, Deschenes MR, et al. (2011). American College of Sports Medicine position stand. Quantity and quality of exercise for developing and maintaining

cardiorespiratory, musculoskeletal, and neuromotor fitness in apparently healthy adults: guidance for prescribing exercise. *Med Sci Sports Exerc*, 43(7):1334-1359

Kargarfard M, Dehghadani M, Ghias R. (2013). The effect of aquatic exercise therapy on muscle strength and joint's range of motion in hemophilia patients. *Int J Prev Med*, 4(1):50-56.

Keogh JWL, Cox A, Anderson S, et al. (2019). Reliability and validity of clinically accessible smartphone applications to measure joint range of motion: A systematic review. *PLoS One*, 8;14(5):e0215806

Kim SG ve Kim WS. Effect of ankle range of motion (ROM) and lower-extremity muscle strength on static balance control ability in young adults: a regression analysis.(2018). *Med Sci Monit*, 24:3168-75.

Kimoto Y, Wakasa M, Shuit, C, et al. (2015). Acute effects of static stretching and dynamic stretching on range of motion and isometric muscle strength of the quadriceps. *Physiotherapy*,101:e753-e754.

Laughton CA, Slavin M, Katdare K, Nolan L, Bean JF, Kerrigan DC ve ark. (2003). Aging, muscle activity, and balance control: physiologic changes associated with balance impairment. *Gait Posture*, 18(2):101-8.

Lee JW, Yoon SW, Kim JH, et al. The effect of ankle range of motion on balance performance of elderly people. *Journal of Physical Therapy Science*. 2012;24(10):991-994.

Marek MS, Cramer TJ, Fincher LA, et al. (2005). Acute effects of static and proprioceptive neuromuscular facilitation stretching on muscle strength and power output. *J Athlet Train*, 40(2):94-103.

Morrin N, Redding E. (2013). Acute effects of warm-up stretch protocols on balance, vertical jump height, and range of motion in dancers. *J Dance Med Sci*, 17(1):34- 40.

Ndou R. (2018). The significance of the supratrochlear aperture (STA) in elbow range of motion: an anatomical study. *Anatomical Science International*, 93(1):88-97.

Park W, Ramachandran J, Weisman P, et al. (2010). Obesity effect on male active joint range of motion. *Ergonomics*, 53(1):102-108.

Teixeira-Machado L, DeSantana JM. (2019). Effect of dance on lower-limb range of motion in young people with cerebral palsy: a blinded randomized controlled clinical trial. *Adolesc Health Med Ther*, 10:21-28.

Tseng CN, Chen CCH, Wu SC, et al. (2007). Effects of a range-of-motion exercise programme. *J Adv Nurs*, 57(2):181-191.

Zhou WS, Lin JH, Chen S. (2019). Effects of dynamic stretching with different loads on hip joint range of motion in the elderly. *J Sports Sci Med*,

