



GÜMÜŞHANE ÜNİVERSİTESİ



FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ DERGİSİ

Gümüşhane University Journal of Science and Technology Institute

GÜMÜŞHANE ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ YAYINI

PUBLISHED BY GÜMÜŞHANE UNIVERSITY SCIENCE AND TECHNOLOGY INSTITUTE

ISSN 2146 - 538X

CİLT / VOLUME: 9

SAYI / ISSUE : 4

YIL / YEAR : 2019

$$\text{Arf}(q) = \sum_{i=1}^n q(a_i) q(b_i) \in \mathbb{Z}_2$$

$a_i, b_i \quad i = 1, 2, 3, \dots, n.$



EBS CO



ULAKBİM TR DİZİN



Gümüşhane University Journal of Science and Technology Institute

Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi

Published by Gümüşhane University Science and Technology Institute

Cilt/Volume: 9 Sayı/Issue: 4 Yıl/Year: 2019

Üç ayda bir yayımlanır/ *Published four times a year*

ISSN 2146-538X



Sahibi / Owner

Prof. Dr. Halil İbrahim ZEYBEK

Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Adına

On the behalf of Gümüşhane University Science and Technology Institute

Sorumlu Yazı İşleri Müdürü / Editor in Chief

Dr. Öğr. Üyesi Hasan Tahsin BOSTANCI

Baş Editör / Executive Editor

Dr. Öğr. Üyesi Serhat DAĞ

Editörler / Editors

Prof. Dr. Bahri BAYRAM

Prof. Dr. Hüseyin DEMİR

Prof. Dr. Ferkan SİPAHİ

Doç. Dr. Selçuk ALEMDAĞ

Doç. Dr. Emre AYDINÇAKIR

Doç. Dr. İbrahim TURAN

Dr. Öğr. Üyesi Bülent AKAR

Dr. Öğr. Üyesi Özkan BİNGÖL

Dr. Öğr. Üyesi Lale CONA

Dr. Öğr. Üyesi Mehmet Ali GÜCER

Dr. Öğr. Üyesi Melih OKCU

Öğr. Gör. Salih TÜRK

Dergi Sekreteryası / Secretary

Doç. Dr. Enver AKARYALI

Dr. Öğr. Üyesi Recep ÇAKMAK

Arş. Gör. Şener ALİYAZICIOĞLU

Arş. Gör. İlker ERKAN

Arş. Gör. Ömer KARPUZ

Yayın Türü / Publication Type

Yaygın süreli ve hakemli/ Common term and refereed

Yayın Tarihi / Publication Date

15 / 10 / 2019

Hakemli bir dergi olan Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi üç ayda bir çevrimiçi olarak yayımlanmaktadır. Akademik usullere uygun atıf yapmak suretiyle dergide yapılan çalışmalardan yararlanılabilir. Bu dergide yayımlanan çalışmaların bütün sorumluluğu yazarlara aittir.



Gümüşhane University Journal of Science and Technology Institute

Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi

Published by Gümüşhane University Science and Technology Institute

Cilt/Volume: 9 Sayı/Issue: 4 Yıl/Year: 2019

Üç ayda bir yayımlanır/ Published four times a year

ISSN 2146-538X



Yayın Danışma Kurulu / Editorial Advisory Board

- Prof. Dr. Jose Francisco Gomez Aguilar-Cenidet
Prof. Dr. Vecihi AKSAKAL-Bayburt Üniversitesi
Prof. Dr. İsmail Hakkı ALTAŞ-Karadeniz Teknik Üniversitesi
Prof. Dr. Gökhan APAYDIN- Karadeniz Teknik Üniversitesi
Prof. Dr. Zafer ASLAN-Balıkesir Üniversitesi
Prof. Dr. Charyyar ASHYRALYYEV-Gümüşhane Üniversitesi
Prof. Dr. Fetullah ARIK-Selçuk Üniversitesi
Prof. Dr. Mehmet ARSLAN-Karadeniz Teknik Üniversitesi
Prof. Dr. Abdon ATANGANA-Free State University
Prof. Dr. Hasan BALTAŞ-Recep Tayyip Erdoğan Üni.
Prof. Dr. Bahri BAYRAM-Gümüşhane Üniversitesi
Prof. Dr. Fikri BULUT-Karadeniz Teknik Üniversitesi
Prof. Dr. Kamil COŞKUNÇELEBİ-Karadeniz Teknik Üni.
Prof. Dr. Çetin CÖMERT- Karadeniz Teknik Üniversitesi
Prof. Dr. Günay ÇAKIR-Gümüşhane Üniversitesi
Prof. Dr. Tufan ÇAKIR-Gümüşhane Üniversitesi
Prof. Dr. Necati ÇELİK-Gümüşhane Üniversitesi
Prof. Dr. Adem DOĞANGÜN-Uludağ Üniversitesi
Prof. Dr. Abdurrahman DOKUZ-Gümüşhane Üniversitesi
Prof. Dr. Çiğdem SAYDAM EKER-Gümüşhane Üniversitesi
Prof. Dr. Murat EKİNCİ-Karadeniz Teknik Üniversitesi
Prof. Dr. Abdelhai ELAZZOZI-Sidi Mohamed Ben Abdellah U.
Prof. Dr. Saffet ERDOĞAN-Harran Üniversitesi
Prof. Dr. Yener EYÜBOĞLU-Karadeniz Teknik Üniversitesi
Prof. Dr. Ertan GÖKALP-Karadeniz Teknik Üniversitesi
Prof. Dr. Candan GÖKÇEOĞLU-Hacettepe Üniversitesi
Prof. Dr. Levent GÜMÜŞEL-Karadeniz Teknik Üniversitesi
Prof. Dr. Oğuz GÜNGÖR-Karadeniz Teknik Üniversitesi
Prof. Dr. Zülfü GÜROCAK-Fırat Üniversitesi
Prof. Dr. Zakia HAMMOUCH-Moulay Ismail University
Prof. Dr. Cahit HELVACI-Dokuz Eylül Üniversitesi
Prof. Dr. Muazzez ÇELİK KARAKAYA-Selçuk Üniversitesi
Prof. Dr. Necati KARAKAYA-Selçuk Üniversitesi
Prof. Dr. Hakan KARSLI-Karadeniz Teknik Üniversitesi
Prof. Dr. Abdullah KAYGUSUZ-Gümüşhane Üniversitesi
Prof. Dr. Cemal KÖSE-Karadeniz Teknik Üniversitesi
Prof. Dr. Birgül KURAL-Karadeniz Teknik Üniversitesi
Prof. Dr. Murat KÜÇÜK-Karadeniz Teknik Üniversitesi
Prof. Dr. Ramazan LİVAOĞLU-Uludağ Üniversitesi
Prof. Dr. Nafiz MADEN-Gümüşhane Üniversitesi
Prof. Dr. Halim MUTLU-Ankara Üniversitesi
Prof. Dr. Salim Serkan NAS-Gümüşhane Üniversitesi
Prof. Dr. Kolade M. OWOLABI-Federal Uni. of Technology
Prof. Dr. Sultan ÖZTÜRK-Karadeniz Teknik Üniversitesi
Prof. Dr. Sunil PROHIT- Rajasthan Technical University
Prof. Dr. Abedallah RABABAH-Jordan Uni. Sci. and Tech.
Prof. Dr. M. Burhan SADIKLAR-Karadeniz Teknik Üni.
Prof. Dr. İsmet SEZER-Gümüşhane Üniversitesi
Prof. Dr. Zehra ŞAHİN- Karadeniz Teknik Üniversitesi
Prof. Dr. Selim ŞEN-Gümüşhane Üniversitesi
Prof. Dr. Ahmet TUTUŞ-Kahramanmaraş Sütçü İmam Üni.
Prof. Dr. Coşkun ÜLSER-Ondokuz Mayıs Üniversitesi
Prof. Dr. Mualla YALÇINKAYA-Karadeniz Teknik Üni.
Prof. Dr. Şükrü YETGİN-Gümüşhane Üniversitesi
Prof. Dr. Keewook YI-Korea Basic Science Institute
Prof. Dr. Ali Osman YILMAZ Karadeniz Teknik Üniversitesi
Prof. Dr. Yong WANG- University of Manchester
Prof. Dr. Emel ABDİOĞLU YAZAR-Karadeniz Teknik Üni.
Prof. Dr. Özcan YİĞİT-Çanakkale 18Mart Üniversitesi
Prof. Dr. Halil YOLCU-Gümüşhane Üniversitesi
Doç. Dr. Enver AKARYALI-Gümüşhane Üniversitesi
Doç. Dr. Bilge BAHAR-Gümüşhane Üniversitesi
Doç. Dr. Cemalettin BALTACI-Gümüşhane Üniversitesi
Doç. Dr. Zafer ÇAKIR-Alaaddin Keykubat Üniversitesi
Doç. Dr. Özlem ÇAVDAR-Gümüşhane Üniversitesi
Doç. Dr. Mustafa ÇULLU-Gümüşhane Üniversitesi
Doç. Dr. Fatih DÖNER-Gümüşhane Üniversitesi
Doç. Dr. Elif Çelenk KAYA-Gümüşhane Üniversitesi
Doç. Dr. Afşin Ahmet KAYA-Gümüşhane Üniversitesi
Doç. Dr. Ayberk KAYA- Recep Tayyip Erdoğan Üni.
Doç. Dr. Emine TANIR KAYIKÇI- Karadeniz Teknik Üni.
Doç. Dr. Mustafa KUMRAL-İstanbul Teknik Üni
Doç. Dr. Tayfur KÜÇÜKÖMEROĞLU -Karadeniz Teknik Üni.
Doç. Dr. Müdahir ÖZGÜL-Atatürk Üniversitesi
Doç. Dr. Serkan ÖZTÜRK-Gümüşhane Üniversitesi
Doç. Dr. S. Beyza Ö. SARIKAYA-Gümüşhane Üniversitesi
Doç. Dr. Ayhan TOZLUOĞLU-Düzce Üniversitesi
Doç. Dr. Osman ÜÇÜNCÜ-Gümüşhane Üniversitesi
Doç. Dr. Alaaddin VURAL-Gümüşhane Üniversitesi
Doç. Dr. Hilal YILDIZ-Nevşehir Hacı Bektaş Veli Üni.
Doç. Dr. Cem YÜCEL-Gümüşhane Üniversitesi
Dr. Öğr. Üyesi Hazan ALKAN AKINCI Artvin Çoruh Üni.
Dr. Öğr. Üyesi Eda Feyza AKYÜREK-Erzurum Teknik Üni.
Dr. Öğr. Üyesi Yusuf AŞIK-Gümüşhane Üniversitesi
Dr. Öğr. Üyesi Hacı Alim BARAN-Batman Üniversitesi
Dr. Öğr. Üyesi Mehmet BAŞOĞLU-Gümüşhane Üniversitesi
Dr. Öğr. Üyesi İbrahim ÇAVUŞOĞLU-Gümüşhane Üni.
Dr. Öğr. Üyesi Kemal ÇELİK-Gümüşhane Üniversitesi
Dr. Öğr. Üyesi İbrahim DÜZGÜN-Gümüşhane Üniversitesi
Dr. Öğr. Üyesi Muhammet M. KAHRAMAN-Gümüşhane Üni.
Dr. Öğr. Üyesi Selim KAYA-Gümüşhane Üniversitesi
Dr. Öğr. Üyesi Selami KESLER-Pamukkale Üniversitesi
Dr. Öğr. Üyesi Nurçin KÜÇÜK KENT-Gümüşhane Üniversitesi
Dr. Öğr. Üyesi Kemal KUVVET- Recep Tayyip Erdoğan Üni.
Dr. Öğr. Üyesi Abdurrahman LERMİ-N. Ömer Halisdemir Üni.
Dr. Öğr. Üyesi Seda NEMLİ- Ege Üniversitesi
Dr. Öğr. Üyesi Yasin OĞUZ-Gümüşhane Üniversitesi
Dr. Öğr. Üyesi Zuhale OKCU-Gümüşhane Üniversitesi
Dr. Öğr. Üyesi Emre ÖZKOP-Karadeniz Teknik Üniversitesi
Dr. Öğr. Üyesi Abdulveli SİRAT-Gümüşhane Üniversitesi
Dr. Öğr. Üyesi Birol ŞAHİN- Recep Tayyip Erdoğan Üni.
Dr. Öğr. Üyesi Mustafa Nuri URAL-Gümüşhane Üniversitesi
Dr. Öğr. Üyesi Uğur ŞİMŞEK-Iğdır Üniversitesi
Dr. Öğr. Üyesi Yener TOP-Gümüşhane Üniversitesi
Dr. Öğr. Üyesi Sefa YALVAÇ-Gümüşhane Üniversitesi
Dr. Ilyas KHAN- Majmaah University
Dr. Rizwan Ul HAQ-Bahria University
Dr. Chokka RAVICHANDRAN-Bharathiar University

İÇİNDEKİLER / CONTENTS

Araştırma Makalesi / Research Article

Kadir KARAMAN	A Comparative Analysis of Slope Height Using Simple Methods <i>Basit Yöntemlerle Şev Yüksekliğinin Karşılaştırmalı Analizi</i>	600
Veli SÜME Turan YÜKSEK Ayberk KAYA	Trabzon ve Rize kıyılarındaki T-mahmuzların plaj olarak kullanılabilirliği üzerine alan çalışması <i>A case study on the usability of T- head groins as beach at Trabzon and Rize coasts</i>	610
Ergin HAMZAOĞLU Murat KOÇ	Bazı <i>Dianthus</i> (Caryophyllaceae) Taksonlarının Türkiye'deki Varlığı Üzerine Bir Araştırma <i>A Research on The Presence of Some <i>Dianthus</i> (Caryophyllaceae) Taxa in Turkey</i>	620
Hürmet Fulya AKIZ	I-Dizisel Hausdorff Uzaylar <i>I-Sequentially Hausdorff Spaces</i>	628
Emrah ŞİMŞEK Barış ÖZYER Gülşah T. ÖZYER	Fotokapan Görüntülerinde Yerel Özellikler ile Nesne Tespiti <i>Object Detection on Camera-Trap Images with Local Features</i>	633
Elif HACIALIOĞLU Volkan TAŞDEMİR Hasan GENÇ İsrafil TOZLU	Synthesis and Some Reactions of Pyrazole-3-carboxylic acid Having Trifluoromethyl Unit <i>Triflorometil Grubuna Sahip Pirazol-3-karboksilik Asit Sentezi ve Bazı Tepkimeleri</i>	645
Zeynel BAŞIBÜYÜK Gökhan EKİNCİOĞLU	Kırşehir (Akınar) Bölgesi Lössitlerinin Kaplama Taşı Olarak Kullanılabilirliği <i>Usability of Lössites of Kırşehir (Akınar) Region as Covering Stone</i>	655
Deniz ÇELİK Dilara DEMİRTAŞ	Kentsel Tarihi Çevrelerde Sokak Sağlıklaştırma Çalışmaları: Bartın Örneği <i>Street Rehabilitation in Urban Historical Environments: The of Case Bartın</i>	664
Osman ÜÇÜNCÜ Cemalettin BALTACI Şeyda Merve KARATAŞ Ayşe MUSLU Demet BÜYÜKÇEKİÇ Hasan EJDERHA Elif Ezgi ÖZDEMİR	<i>Galanthus ikariae</i> Baker Bitkisinin Toprak Üstü Kısımlarının Uçucu Yağının Kimyasal Bileşimi ve Biyolojik Aktiviteleri <i>Chemical Constituents and Biological Activities of Essential Oil from Aerial Parts of <i>Galanthus ikariae</i> Baker</i>	674
Erol İSKENDER	Asfalt Kaplama Kalınlığının Karışım Homojenitesi Üzerindeki Etkisi <i>Effect of Asphalt Pavement Thickness on Mixture Homogeneity</i>	681
Uğur SERENCAM	Küçük Hidrolik Santrallerde Kapasite Faktör Analizi ve Giresun Özelinde Bir Uygulama <i>Capacity Factor Analysis in Small Scale Hydropower Plants and a Practice Specific to Giresun</i>	691
Ebru E. TONYALOĞLU	Assessment of Road-Induced Landscape Fragmentation and Implications for Landscape Planning: the case of İzmir Province <i>Yollardan Kaynaklanan Peyzaj Parçalanmasının Belirlenmesi ve Peyzaj Planlama Açısından Değerlendirmeler: İzmir İli Örneği</i>	699
Kadir KINALIOĞLU Sinem AYDIN Bahar BİLGİN SÖKMEN	Antimicrobial Potential of <i>Usnea longissima</i> Ach. Lichen Against Human Pathogens <i><i>Usnea longissima</i> Ach. Likeninin İnsan Patojenlerine Karşı Antimikrobiyal Potansiyeli</i>	710
Tuğça BİLENLER İncilay GÖKBULUT	Hastane Patojenlerinin Ticari Uçucu Yağlara Karşı Hassasiyetlerinin Belirlenmesi <i>Determination of Sensitivity of Hospital Pathogens Against Commercial Essential Oil</i>	716
Atilla MUTLU	Hava Kalitesi ve Meteoroloji: Korelasyon, Trend ve Epizot Analizleri <i>Air Quality and Meteorology: Analysis of Correlations, Trends and Episodes</i>	724

Bingül KURT URHAN Tuba ÖZNÜLÜER ÖZER Hülya ÖZTÜRK DOĞAN	PbO-Grafen Elektrot Yüzeyinde Askorbik Asit ile Dopaminin Eşzamanlı Elektrokimyasal Tespiti <i>Simultaneous Electrochemical Detection of Ascorbic Acid and Dopamine on PbO-Graphene Electrode</i>	742
Orkide MİNARECİ Özge SUNGUR	Akgöl ve Gebekirse Göllerinde (Selçuk, İzmir, Türkiye) Bazı Fiziko-Kimyasal Parametrelerin Mevsimsel Değişimi <i>The Seasonal Changes of Some Physico-Chemical Parameters in Akgöl and Gebekirse Lakes (Selçuk, İzmir, Turkey)</i>	751
Volkan ŞENAY	Optical and Surface Properties of Nanostructured ZnO Semiconductor Thin Films Synthesized by RF Magnetron Sputtering <i>RF Magnetron Sıçratma ile Sentezlenen Nano Yapılı ZnO Yarıiletken İnce Filmlerin Optik ve Yüzey Özellikleri</i>	759
Melih GÜZEL Özlem AKPINAR	Meyve ve Sebze Kabuklarının Fitokimyasal ve Antioksidan Özelliklerinin İncelenmesi <i>Investigation of Phytochemical and Antioxidant Properties of Fruit and Vegetable Peels</i>	768
Hande G. AKDEMİR	Beklentile Dayalı Riske Maruz Değer Kriterli Gazete Satıcısı Modeli <i>Newsvendor Model with Expectile-based Value at Risk Criterion</i>	781
M. Enes BAYRAKDAR	Yeraltı Kablosuz Algılayıcı Ağlar için Bulanık Mantık Tabanlı Toplayıcı İstasyon Karar Yaklaşımı <i>Fuzzy Logic Based Collector Station Decision Approach for Underground Wireless Sensor Networks</i>	789
Alper POLAT	Investigation of the Frictionless Contact Problem in A Rigidly Supported Homogeneous Layer by Using FEM <i>Rijit Olarak Mesnetlenmiş Homojen Tabakada Sürtünmesiz Temas Probleminin Sonlu Elemanlar Metodu ile İncelenmesi</i>	797
Arda ÖZEN	Analysis of Inland Aquaculture Sector in Çankırı Province, Problems and Solution Suggestions <i>Çankırı İlinin Su Ürünleri Sektör Analizi, Sorunlar ve Çözüm Önerileri</i>	808
Mehtap DURSUN	Doğu Anadolu Projesi Bölge Kalkınma İdaresinde Yer Alan Organize Sanayi Bölgelerinin Etkinlik Değerlendirmesi <i>Efficiency Evaluation of Organized Industrial Zones in East Anatolian Project Regional Development Administration</i>	816
Mustafa Alper AKKAŞ Tunçer BAYKAŞ	Yüksek Frekanslarda İnsan Derisinin Kablosuz Vücut Alan Ağlarına Etkisi <i>Human Skin Effects in Wireless Body Area Networks at High Frequencies</i>	825

A Comparative Analysis of Slope Height Using Simple Methods

Basit Yöntemlerle Şev Yüksekliğinin Karşılaştırmalı Analizi

Kadir KARAMAN*

Department of Mining Eng., Karadeniz Technical University, 61080 Trabzon, Turkey

• Geliş tarihi / Received: 18.03.2019 • Düzeltilerek geliş tarihi / Received in revised form: 08.05.2019 • Kabul tarihi / Accepted: 23.05.2019

Abstract

Analysis of slope stability is crucial for the design of many engineering processes such as open pit mine and highway. Slope stability is generally evaluated by limit equilibrium and numerical analyses, and rock mass classification systems. The slope height is used as the input parameter in many of these methods. Advanced methods such as LiDAR and TLS are expensive and time consuming and they require professional use. Therefore, researchers generally need to use simple methods for the measurement of slope height because of their cheapness, rapidity and portability. In this study, height of the rock slopes was determined with tape line, laser meter, altimeter, clinometer and geological compass. Measurements were taken from steep (90°) and inclined slopes (75°). Further, various models were developed in the laboratory for understanding the mechanism of methods in inclined slopes (45°–90°). The findings of methods used compared with each other and the reliability of the methods was discussed. Strengths and weakness of the methods were highlighted. This study indicated that some factors (measurement distance, slope width, the inclination of the ground, rugged surface in toe of the slope, etc.) can negatively affect the estimations of slope height.

Keywords: Altimeter, Clinometer and compass, Height of slope, Laser meter, Tape line

Öz

Şev duraylılık analizi açık işletme ve karayolu gibi birçok mühendislik işlemlerinin tasarımı için çok önemlidir. Şev duraylılığı genellikle limit denge ve sayısal analizler ile kaya kütlesi sınıflama sistemleri kullanılarak değerlendirilmektedir. Şev yüksekliği bu yöntemlerin çoğunda girdi parametresi olarak kullanılmaktadır. LiDAR ve TLS gibi ileri yöntemler pahalı ve zaman alıcıdır ve profesyonel kullanım gerektirirler. Bu nedenle, araştırmacılar taşınabilirlikleri, ucuzlukları ve hızlılıkları nedeniyle genellikle şev yüksekliğinin belirlenmesinde basit yöntemlere ihtiyaç duyarlar. Bu çalışmada kaya şevlerinin yüksekliği şerit metre, altimetre, lazer metre, klinometre ve jeolog pusulası ile belirlenmiştir. Ölçümler dik (90°) ve eğimli şevlerden (75°) alınmıştır. Ayrıca, eğimli şevlerde (45°–90°) yöntemlerin mekanizmasını anlamak için laboratuvarında çeşitli modeller geliştirilmiştir. Kullanılan yöntemlerin bulguları birbiriyle kıyaslanmış ve yöntemlerin güvenilirliği tartışılmıştır. Yöntemlerin güçlü ve zayıf yanları vurgulanmıştır. Bu çalışma bazı etkenlerin (ölçüm mesafesi, şev genişliği, zeminin eğimi, şev topuğu önünde engebeli yüzey, vb.) şev yüksekliği tahminlerini olumsuz etkilediğini göstermiştir.

Anahtar kelimeler: Altimetre, Klinometre ve Pusula, Şev Yüksekliği, Lazer metre, Şerit metre

* Kadir KARAMAN; kadirkaraman@ktu.edu.tr; Tel: (0462) 377 4264; orcid.org/0000-0002-3831-4465

1. Introduction

Analysis of slope stability is vital for safety design in geotechnical engineering and open-pit mining (Güroçak et al., 2008; Kaya et al., 2015). It can also reduce costs, extend the mine life and decrease the stripping ratio (Bye and Bell, 2001; Karaman et al., 2013). Various methods are performed for the evaluation of the slope stability. Kinematic, limit equilibrium, numerical analyses and rock mass classification systems are widely used by engineers for assessment of slope stability (Barton, 1976; Hoek and Bray, 1981; Bieniawski, 1989; Laubscher, 1990; Alejano et al., 2011; Kanik and Ersoy, 2019). Each method requires different parameters such as internal friction angle, cohesion, seismic force, water pressure, slope dip/dip direction, and slope height, etc.

Slope height is a significant parameter used in the limit equilibrium (Kesimal et al., 2008), numerical analyses (Kadağcı Koca and Koca, 2014), some rock mass classification systems (Karaman et al., 2013; Karaman, 2013) and fuzzy logic system (Mohamed et al., 2012). Kadağcı Koca and Koca (2014) mentioned that slope angle, water saturation, seismic force and slope height are the important parameters that affect the stability of the slopes. Karaman (2013) and Karaman et al. (2013) utilized the Slope Stability Probability Classification (SSPC) system (Hack, 1998) and determined the maximum slope height for design of safe slopes using current height of slopes as an input parameter. Mohamed et al. (2012) performed the fuzzy logic method for the investigation of slope stability and pointed out that the slope height is one of the most significant input parameters.

There are advanced methods such as LiDAR (Light Detection And Ranging) and TLS (Terrestrial Laser Scanning) for the evaluation of slope stability (Bellian et al., 2005; Rosser et al., 2005; Nguyen et al., 2011). However, it is mostly impossible to use the advanced methods which necessitate professional use especially for the preliminary studies of geotechnical works. Further, they are not suitable for daily use in open pit mines and exploration of slopes in the field. Therefore, researchers and appliers generally need to use simple methods for the measurement of slope height because of their simplicity, rapidity and portability. The objective of this study is to conduct a comparative study between various simple methods for obtaining slope height measurements in steep and inclined slopes.

2. Experimental Studies

Height measurements were performed in the Black Sea Region (Ordu and Trabzon Cities), North of Turkey. In this study, measurements were taken from heights of steep slopes (90°) and an inclined slope (75°). While tape line was utilized as a direct method of measurement, laser meter, altimeter, clinometer and geological compass were used as indirect method of measurement (Fig. 1).



Figure 1. Measurement tools used in this study

Tape line is commonly used in discontinuity surveys of rock masses (Jennings, 1970; Priest and Hudson, 1981; ISRM, 1978; Ulusay and Sonmez, 2007). In this study, for the measurements of tape line, one person stands on top edge of slope and other stands by toe of the slope in order to measure height of the slope. As for altimeter method, slope height is calculated from the differences between slope top and toe of the slope readings. Laser meter calculates the slope height based on the geometric relations using the points targeted from top and toe of the slope. Clinometer and geological compass are based on the angular measure (Fig. 2). Measurements were performed for clinometer and compass using the Eqs. 1, 2, respectively. Fig. 3 shows some field studies.

$$\text{Slope height (H)} = (A\% + B\%) \times \text{distance} \quad (1)$$

A% and B% are inclinations in percentage.

$$\text{Slope height (H)} = \text{Tan (B)} \times \text{distance} + \text{observer's eye height (h)} \quad (2)$$

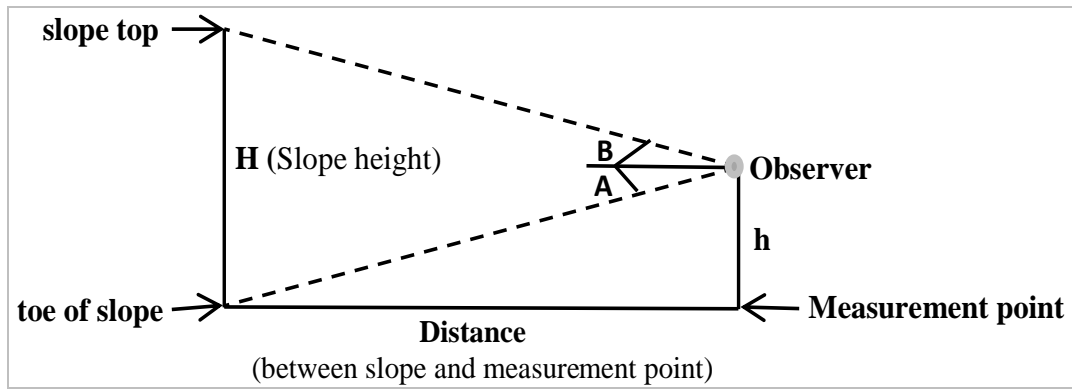


Figure 2. Parameters used in the measurements of clinometer and compass

Measurements were performed from different distances (10, 15 and 20 meters) for more accurate determination of slope height in proper distance. Measurements related to slope 1 were given in Table 1. Laser meter readings were not taken from these distances due to the clear day. Therefore, short distances (2 and 5 meters) were evaluated in order to use laser meter in the measurements of other slopes studied.

Same distances (2 and 5 meters) were taken into account for the slopes given in Table 2. Because measurements of tape line and altimeter were carried out on slope top and toe of the slope, they are independence of distance. Slope heights changes between 2.4 meters to 21.3 meters with tape for steep and inclined slopes.

Table 1. Measurements for slope 1

Slope 1 --- dip angle 90°		
methods		height, <i>H</i> (m)
Tape line		6.3
Altimeter		8
10 meters	Clinometer	5.7
	Compass	6
15 meters	Clinometer	5.4
	Compass	5.6
20 meters	Clinometer	5.1
	Compass	5.2



Figure 3. Images from different methods used in the field

Table 2. Measurements of slope height taken from standard distances

Dip angle: 90°		S-2	S-3	S-4	S-5	S-6	S-7	S-8	S-9
Distance from the slope	Methods	H (m)	H (m)	H (m)	H (m)	H (m)	H (m)	H (m)	H (m)
		Tape line	2.4	3	3.83	4.39	6.05	7.6	7.7
	Altimeter	3	3	4	4	5	8	7	7
2 meters	Laser meter	2.42	3.2	3.98	4.58	5.96	7.67	6.97	7.48
	Clinometer	2.19	2.34	2.72	3.4	3.34	3.44	4.60	4.24
	Compass	2.23	2.81	3.13	4.05	3.43	3.7	5.0	4.73
5 meters	Laser meter	2.95	3.6	4.05	5.23	6.47	7.38	7.39	8.32
	Clinometer	2.15	2.9	3.30	3.8	4.0	4.7	5.80	6.30
	Compass	2.32	2.98	3.50	4.33	4.1	4.8	6.54	5.4

3. Results and Discussion

3.1. Evaluation of Steep Slopes

Measurement of slope heights by different methods for slope-1 is shown in Fig. 4. Slope height value obtained from altimeter tool was higher than that of tape line measurement. Tape line, clinometer and compass measurements were close each other when the distance was 10 meters. As shown in Fig. 4, measurement of slope height may be influenced by distance from measurement point because slope height values derived from the clinometer and compass decreased as distance from measurement point increased.

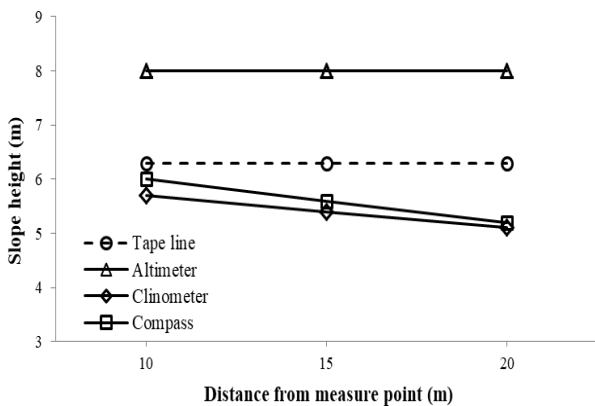


Figure 4. Slope height predicted by different methods (slope 1)

Different methods in the estimation of slope height and distance effects of measuring point (for slopes 2–9) are depicted in Fig. 5. As shown in the figures, compass and clinometer measures give lower values in the estimation of slope height. Altimeter readings are generally consisted with the tape line measures. Different height values were obtained from the laser meter, clinometer and compass tools when distance is changed between the slope and measurement point. This study indicated that the predictions of slope height are affected by distance between measurement point and the slope studied.

The measured (from tape line) versus predicted plots were constructed for tape line and other methods in the estimation of slope height. The error in the estimated height value is represented by the distance that each data point plots from the 1:1 diagonal line (Fig. 6). A point falling on the line in Fig. 6, indicates an exact estimation. Fig. 6 shows the measured and estimated slope heights obtained from different methods. For the altimeter method, the data points fall close to the line at all height values. The laser meter results indicated that the points fall closer to the line for a distance of 2 meters but become a little bit more scattered for a distance of 5 meters from the slopes (Fig. 6b). Two different situations are observed based on the data points for clinometer and compass methods in terms of the current slope heights (< 5 meters and > 5 meters) (Figs. 6c-d). The data points fall closer to the line for the heights of slope less than 5 meters. This shows that the ability to estimate the slope height using the clinometer and the compass methods are the best for the slopes having height less than 5 meters. Further, the points fall closer to the line for a distance of 5 meters for both methods.

The mean absolute percentage error (MAPE) analyses were also performed between measured and the estimated values. Lewis (1982) indicated that the MAPE is the most useful measure to compare the accuracy of the forecasts between different items because it measures relative performance. Based on the MAPE analysis, the lower the percentage errors, and more accurate the forecasts. If the MAPE calculated value is less than 10 %; it is interpreted as “highly accurate forecasting”, between 10–20 % “good forecasting”, between 20–50 % “reasonable forecasting” and over 50 % “inaccurate forecasting”. MAPE analyses indicated that the best estimation capacity was obtained from laser meter method especially for measurement distance of 2 meters (Table 3).

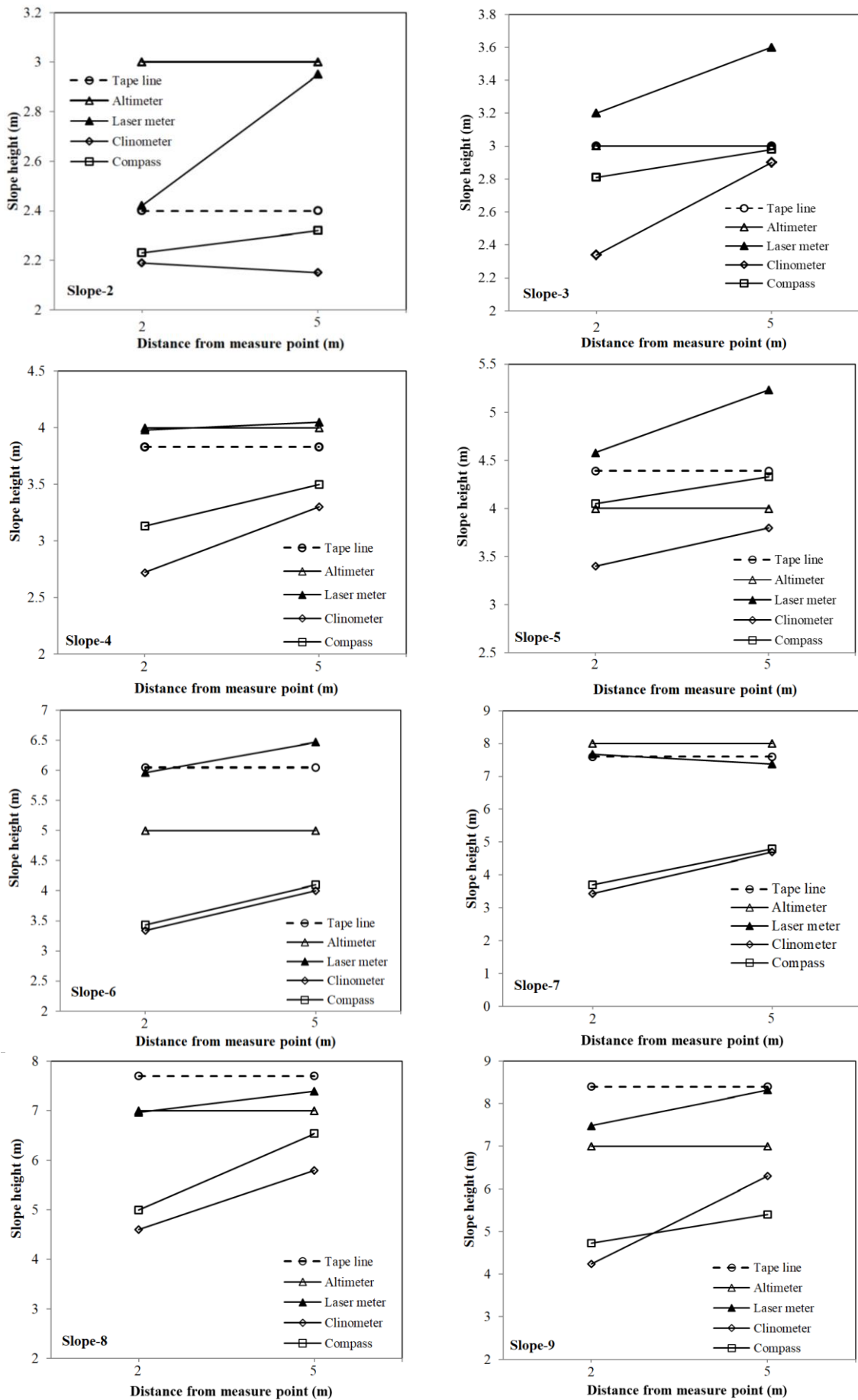


Figure 5. Different methods in the estimation of slope height and distance effect

Table 3. The values of MAPE, and definitions for all slopes

Methods	Distance between slope and measurement point	MAPE %	Definition
Altimeter		10.8	Good forecasting
Laser meter	2 meters	4.8	Highly accurate forecasting
	5 meters	10.3	Good forecasting
Clinometer	2 meters	33.9	Reasonable forecasting
	5 meters	20.3	Reasonable forecasting
Compass	2 meters	26.6	Reasonable forecasting
	5 meters	16.7	Good forecasting

According to the Fig. 6, the plotted points lie close to the 1:1 line implying a good prediction capacity for the slope height < 5 meters when clinometer and compass are used. However, as it is shown in Figs. 6c-d, clinometer and compass were less reliable in the estimation of slope height for > 5 meters. Therefore, MAPE values related to clinometer and compass were calculated again for the slopes < 5 meters height and > 5 meters height

(Table 4). Compass became the best tool in terms of the estimation capacity (highly accurate forecasting) for the slopes < 5 meters height based on the Table 4. Methods were evaluated in this study for generally small slopes (< 10 meters height). Therefore, evaluation of slope height for > 5 meters is valid for the slopes < 10 meters height, not all heights.

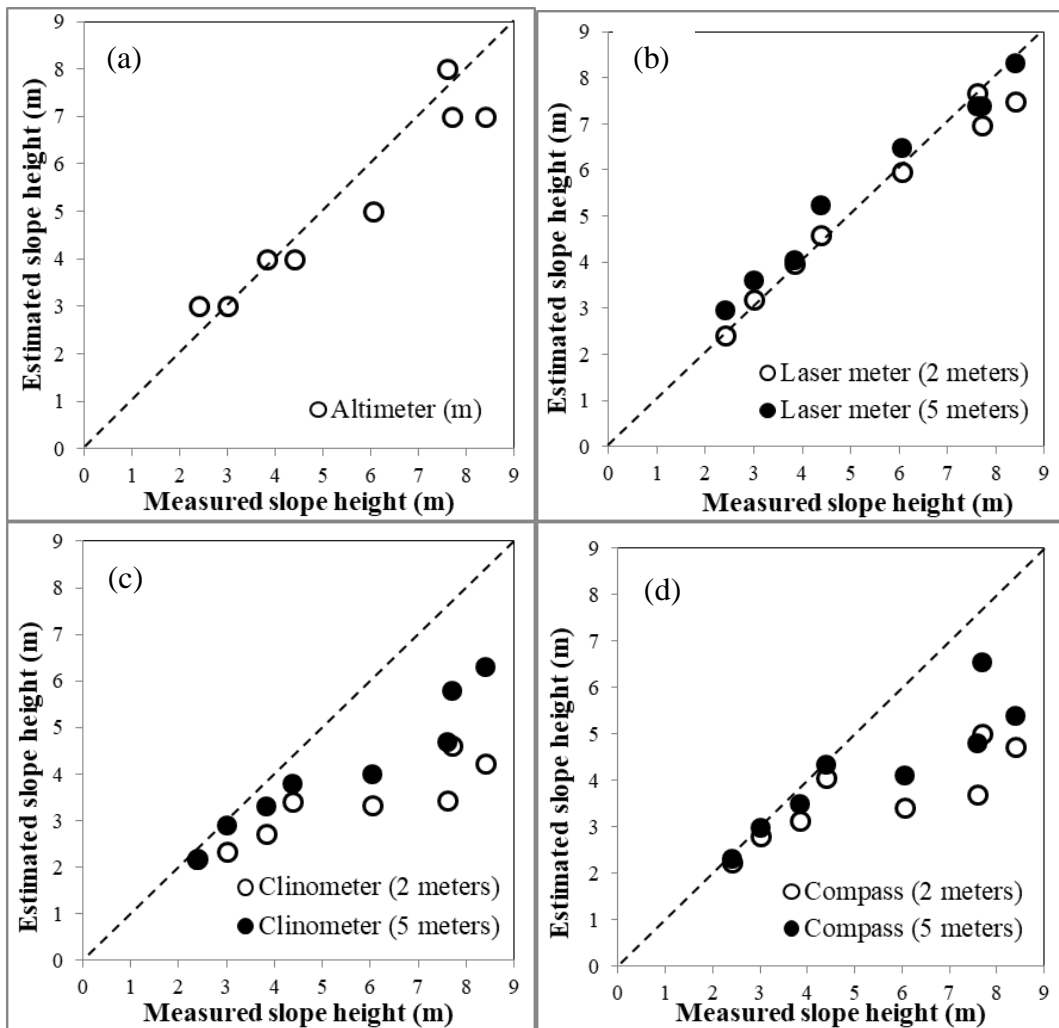


Figure 6. Measured (tape line) and the estimated values obtained from the methods

Table 4. The values of MAPE, and definitions for the slopes < 5 m, and > 5 m

Methods	Distance between slope and measurement point	Slope heights	MAPE %	Definition
Clinometer	2 meters	< 5 meters	20.6	Reasonable forecasting
		> 5 meters	47.3	Reasonable forecasting
Compass	2 meters	< 5 meters	9.9	Highly accurate forecasting
		> 5 meters	43.3	Reasonable forecasting
Clinometer	5 meters	< 5 meters	10.3	Good forecasting
		> 5 meters	30.4	Reasonable forecasting
Compass	5 meters	< 5 meters	3.5	Highly accurate forecasting
		> 5 meters	30.0	Reasonable forecasting

3.2. Understanding the Mechanism of Inclined Slopes

An inclined slope (75°) with the height of 21.3 m was evaluated. Altimeter and laser meter measurements were similar with the tape line survey. However, findings obtained from clinometer and compass methods were quite different from tape line (Table 5). Therefore, different models were developed in the laboratory in order to understand which factors affect the height measurements in inclined slopes (Fig. 7). Different angles (90°, 75°, 60° and 45°) and constant distance (5 m) between the slope bottom and

measurement point were used. The results of slope height calculations indicated that all methods were consistent with the results of tape line for the slope dip is 90°. However, predicted slope height decreased with decreasing slope dip from 90° to 45° which was presumably due to the slope width affecting the distance between slope bottom and the measure point. Therefore, lower angle values were obtained from top of slope which is measured by clinometer and compass. Slope width was zero in case of the slope dip is 90°. However, slope width/slope height ratio increased from 0 to 100 % when the slope dip decreased from 90° to 45° (Figure 8a).

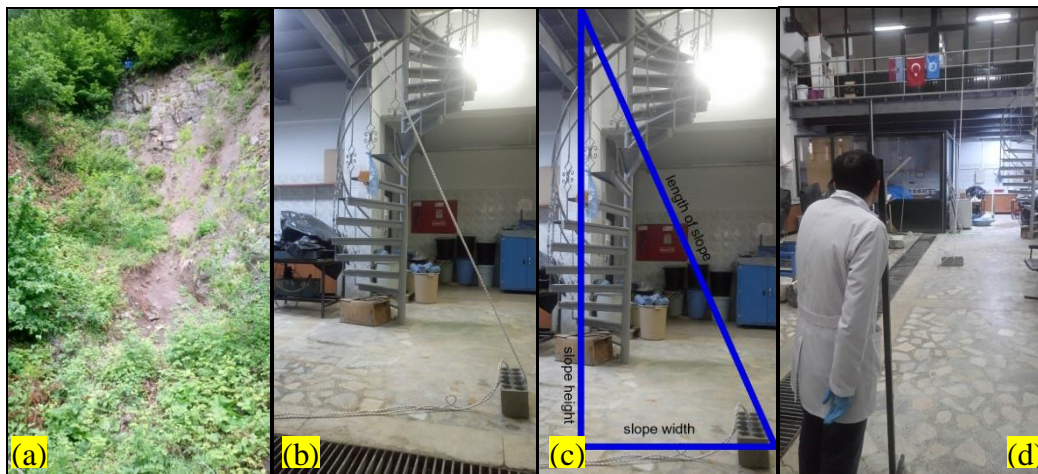


Figure 7. Measurement of inclined surfaces, field (a) and laboratory (b-d)

Table 5. Results of height according to different methods

Methods		S-10 75°	S-10 (corrected) 75°	M-1 90°	M-2 75°	M-3 60°	M-4 45°
Slope width (m)				0	1.3	2.8	4.9
		<i>H (m)</i>	<i>H (m)</i>	<i>H (m)</i>	<i>H (m)</i>	<i>H (m)</i>	<i>H (m)</i>
Tape line		21.3	-	4.9	4.9	4.9	4.9
Altimeter		20	-	5	5	5	5
Distance from slope bottom: 5 meters	Laser meter	21.5	23.8	4.8	4.6	3.7	3.4
	Clinometer	13.3	14.6	4.8	4.3	3.9	3.5
	Compass	13.20	14.7	4.8	4.2	3.9	3.5

S-10: Slope-10, M-1, 2, 3 and 4: Models developed in the laboratory

Percentage error (differences) (%) between predicted and measured height values were determined and plotted against slope dip (Figure 8b-d). High correlation coefficients (R^2 =between 0.94 and 0.99) between data pairs were obtained for clinometer, compass and laser meter. Similar differences (max: 28–30) were shown for three methods mentioned. In this regard, it is possible to measure the height of slope with the percentage error of about 30 % when the slope dip is 45°.

Therefore, slope height value must be corrected using the percentage error values derived from the equations in Figure 8. Values of slope-10 were corrected based on the percentage error but low height values were obtained compared with those of tape line. This study has shown that there are some factors (slope width, rugged surface, weathered soil/rock at the base of slope-10) affecting the measurements for inclined slopes.

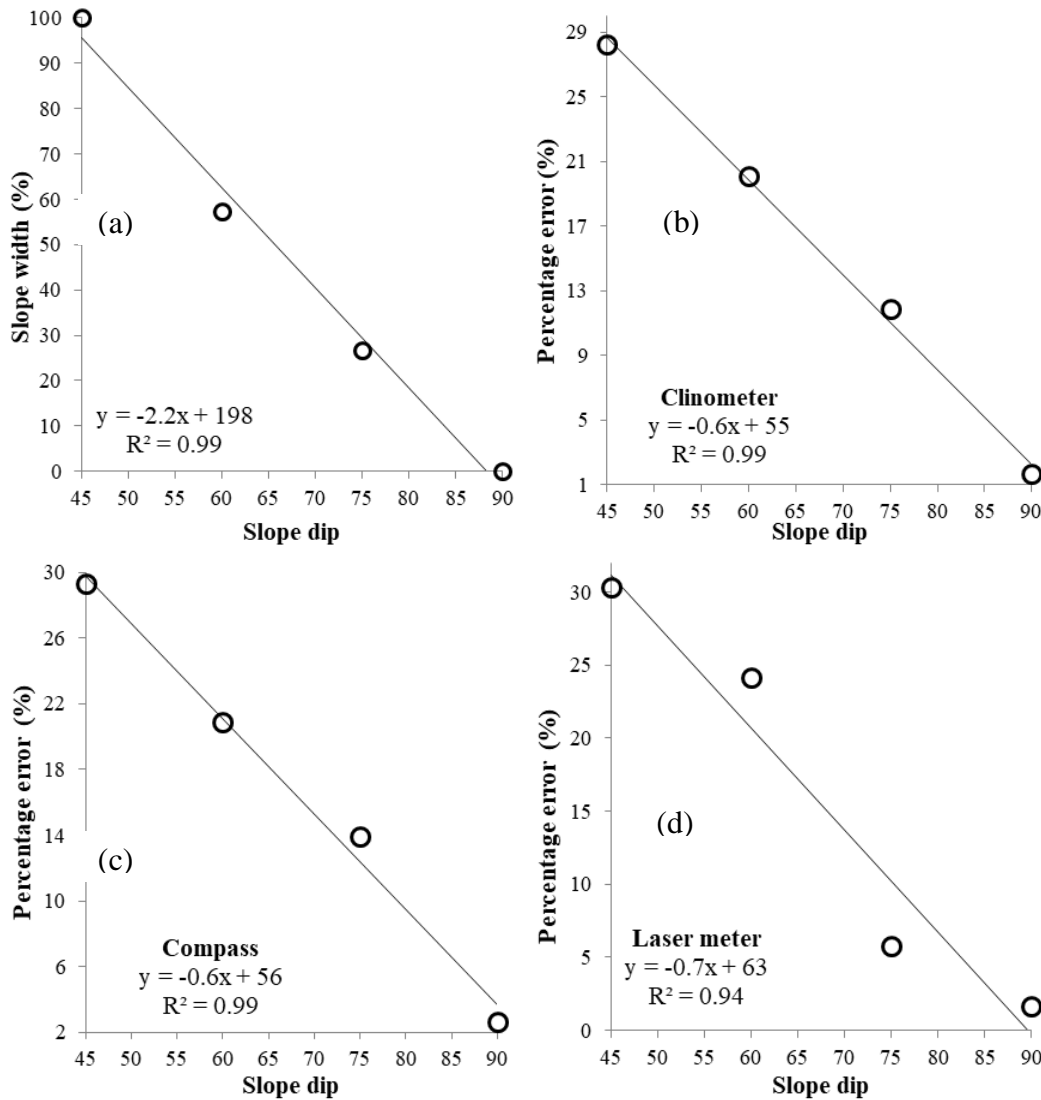


Figure 8. Relationships between slope dip and slope width (a) and percentage error (b – d)

3.3. The Advantage and Disadvantage of the Methods Used

Slope face can be directly measured by the tape line. This method is more suitable for small slopes (< 8 – 10 meters) which haven't risks (failure and rock fall). However, there are some disadvantages of this method; two people are required for the measurements of top and toe of slope. It is

dangerous to stand in the bottom of risky slopes. Further, a person may fail to reach top slopes due to the rugged terrain.

One person can perform the altimeter, laser meter, clinometer and compass readings alone. There is no complicated geometric calculation in altimeter method. Measurements are independent of slope dip angle. However, it contains some risks as in

the method of tape line because of the topographic conditions.

The laser meter method gives rapid evaluation in the measurements provided that measurement point is near the slope studied (distance less than 10 meters). However, it is not possible to measure from long distance on a clear day.

Clinometer and compass are based on geometric calculations. Because horizontal distance should be calculated between slope and measurement point, second tool is required for measuring such as tape line or laser meter. Measurements are affected by inclined surface and rugged terrain in toe of the slope. Also, the inclination of the ground affects the measurement of distances that is important input parameter used in calculations of height. The results obtained from the laser meter, clinometer and compass methods should be corrected based on the different slope dip.

4. Conclusions and Recommendations

In this study, slope heights were calculated by using different simple methods such as tape line, laser meter, altimeter, clinometer and geological compass. Effect of distance between slope and measurement point on the slope height estimation was also investigated. Although, different findings were obtained from the methods used, altimeter and laser meter methods provided a more accurate estimate of slope height according to the 1:1 line graphs and MAPE analyses in steep slopes. This study revealed that the predictions of slope height are affected by distance between measurement point and the slope studied. While laser meter provided more reliable estimates of slope height at a short distance (2 meters), clinometer and compass methods gives lower MAPE values (more reliable) for the distance of 5 meters. More reliable estimates of slope heights were also obtained using clinometer and compass for the slopes less than 5 meters based on the 1:1 line graphs and MAPE.

If there are some risks that the slopes contain such as rock fall and failures, it can be dangerous measuring with tape line and altimeter methods for a researcher. It may not be possible to measure with laser meter from long distance (> 10 meters) on a clear day. Clinometer and compass measurements are affected by inclined surface and rugged surface in toe of the slope especially for inclined slopes which have slope width. However, a person can perform easily measurements of altimeter, laser meter, clinometer and compass.

Laser meter provides rapid evaluation at a short distance. When it comes to short steep slopes that have a smooth surface in front of it, slope height can be determined by using clinometer and compass tools. Further, equations developed in this study can be used for the estimation of slope height in inclined slopes having dip angles from 45° to 90°.

Consequently, this study indicated that the simple methods can utilize for assessing the height of slopes especially for the preliminary geotechnical investigations. However, two simple methods (compass–laser meter, clinometer–altimeter, compass–altimeter, etc.) may be used in order to obtain more accurate evaluation. Further, keep in mind that some factors (measurement distance, slope width, rugged surface in toe of the slope, etc.) can negatively affect the estimations of slope height. Therefore, proper method should be selected considering these factors. It may be remarked that measuring error can be reduced through meticulous attention in the field.

Acknowledgments The author would like to acknowledge the Karadeniz Technical University (KTU) for funding this work through research project no: 5593. The author would like to express his sincere thanks and appreciation to Ali Osman Cakir, Musa Karaman and Mertcan Efe for the field works.

References

- Alejano, L.R., Ferrero, A.M., Oyanguren, P.R. and Fernandes, M.I.A., 2011. Comparison of limit–equilibrium, numerical and physical models of wall slope stability. *International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences*, 48, 16–26.
- Barton, N.R., 1976. Recent experiences with the Q system of tunnel support design. In: Bieniawski ZT (ed) *Proceedings Symposium on Exploration for Rock Engineering*. Johannesburg. Balkema, Rotterdam, 107–117.
- Bellian, J.A., Kerans, C. and Jennette, D.C., 2005. Digital outcrop models: applications of terrestrial scanning lidar technology in stratigraphic modeling. *Journal of Sedimentary Research*, 75, 166–176.
- Bieniawski, Z.T., 1989. *Engineering Rock Mass Classification*. Wiley, Chichester. 251 p.
- Bye, A.R. and Bell, F.G., 2001. Stability assessment and slope design at Sandsloot open pit, South Africa. *International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences*, 38, 449–466.

- Gürocak, Z., Alemdag, S. and Zaman, M.M., 2008. Rock slope stability and excavatability assessment of rocks at the Kapıkaya Dam Site, Turkey. *Engineering Geology*, 96, 17–27.
- Hack, R., 1998. *Slope Stability Probability Classification*, SSPC, 2nd edn. ITC, Enschede, The Netherlands, 258, ISBN 9061641543.
- Hoek, E. and Bray, J.W., 1981. *Rock Slope Engineering*. 3rd edition. London, Institute of Mining and Metallurgy, 358 p.
- ISRM (International Society for Rock Mechanics), 1978. Commission on Standardization of Laboratory and Field Tests: Suggested Methods for the Quantitative Description of Discontinuities in Rock Masses, *International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences and Geomechanics, Abstracts*, 15, 319–68.
- Jenning, J.E., 1970. A Mathematical Theory for the Calculation of the Stability of Slopes in Open Cast Mines, *Symposium on Planning Open Pit Mines*, Balkema, August, Cape Town, Proceedings book, 87–112.
- Kadağcı, Koca, T. and Koca, M.Y., 2014. Açık ocak albit işletmesindeki kaya şevlerinin sonlu elemanlar yöntemi kullanılarak duraylılık değerlendirmesi. *Jeoloji Mühendisliği Dergisi*, 38, 1, 1–18.
- Kanik, M. And Ersoy, H., 2019. Evaluation of the engineering geological investigation of the Ayvalı dam site (NE Turkey). *Arabian Journal of Geosciences*, 12, 89, doi:10.1007/s12517-019-4243-1.
- Karaman, K., 2013. Kaya şev duraylılığının farklı yöntemlerle değerlendirilmesi (Ünye, Ordu). *Jeoloji Mühendisliği Dergisi*, 37, 27–47.
- Karaman, K., Ercikdi, B. and Kesimal, A., 2013. The assessment of slope stability and rock excavatability in a limestone quarry. *Earth Sciences Research Journal*, 17, 169–181.
- Kaya, A., Akgün, A., Karaman, K. and Bulut, F., 2015. Understanding the mechanism of a slope failure on nearby a highway tunnel route by different slope stability analysis methods: A case from NE Turkey. *Bulletin of Engineering Geology and the Environment*, 75, 945–958.
- Kesimal, A., Ercikdi, B. and Cihangir, F., 2008. Environmental impacts of blast-induced acceleration on slope instability at a limestone quarry. *Environmental Geology*, 54, 381–389.
- Laubscher, D.H., 1990. Geomechanics classification system for rating of rock mass in mine design. *Journal of the South African Institute of Mining and Metallurgy*, 90, 10, 257–273.
- Lewis, C.D., 1982. *International and Business Forecasting Methods*. Butterworths, London.
- Mohamed, T., Kasa, A. And Taha, M.R., 2012. Fuzzy logic system for slope stability prediction, *International Journal on Advanced Science Engineering Information Technology*, 2, 38–42.
- Nguyen, H.T., Fernandez-Steeger T.M., Wiatr, T., Rodrigues, D. and Azzam, R., 2011. Use of terrestrial laser scanning for engineering geological applications on volcanic rock slopes – an example from Madeira island (Portugal). *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 11, 807–817.
- Priest, S.D. and Hudson, J.A., 1981. Estimation of discontinuity spacing and trace length using scanline surveys. *International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences and Geomechanics Abstract*, 118, 183–197.
- Rosser, N.J., Petley, D.N., Lim, M., Dunning, S.A. and Allison, R.J., 2005. Terrestrial laser scanning for monitoring the process of hard rock coastal cliff erosion. *Quarterly Journal of Engineering Geology and Hydrogeology*, 38, 4, 363–375.
- Ulusay, R. and Sönmez, H., 2007. *Kaya Kütlelerinin Mühendislik Özellikleri*, 2. Baskı, Jeoloji Mühendisleri Odası, Ankara, 292s.

Trabzon ve Rize kıyılarındaki T-mahmuzların plaj olarak kullanılabilirliği üzerine alan çalışması

A case study on the usability of T- head groins as beach at Trabzon and Rize coasts

Veli SÜME^{1,a}, Turan YÜKSEK^{2,b}, Ayberk KAYA^{*1,c}

¹Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, 53100, Rize

²Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi, Güzel Sanatlar Tasarım ve Mimarlık Fakültesi, Peyzaj Mimarlığı Bölümü, 53100, Rize

• Geliş tarihi / Received: 23.02.2019 • Düzeltilecek geliş tarihi / Received in revised form: 05.05.2019 • Kabul tarihi / Accepted: 23.05.2019

Öz

Ülkemizin Doğu Karadeniz Bölümü eğimli ve engebeli arazi yapısına sahip olup; arazi pek çok yerde akış hızı yüksek irili ufaklı çok sayıda dere ile parçalanmıştır. Şiddetli sağanak yağışların etkili olduğu yörede akarsu ve kıyı erozyonu çok önemli bir çevre sorununa neden olmaktadır. Diğer önemli bir sorun ise, sahil boyunca dereler ve kıyı akıntıları ile taşınan katı materyallerin, derelerle denizin birleştiği noktalarda dolma problemlerinin yaşanmasına neden olmasıdır. Aynı zamanda limanların, çekek yerlerinin ve balıkçı barınaklarının dolarak sığlaşmasına ve işlevlerini tam olarak yerine getirmesine engel olmaktadır. Akarsu ve kıyı erozyonu sonucunda önemli yaşam alanları, kıyı yerleşimleri tahrip olmakta ve bunun sonucunda çok ciddi ekonomik kayıplar meydana gelmektedir. Akarsu ve kıyı erozyonunun neden olduğu bir diğer önemli çevre sorunu da meydana gelen görsel kirliliktir. Bir yandan Karadeniz Sahil Yolu'nun sürdürülebilir kullanımı; diğer yandan kıyı erozyonunu önlemek amacıyla gruplar halinde T-mahmuzların yapılmış olması, taşınan sedimentin T-mahmuzlar tarafından tutulması, hem T-mahmuzların amaçlanan hedeflerine ulaşmasını hızlandırmakta, hem de balıkçı barınakları ve diğer kıyı yapılarının sığlaşmasını önlemektedir. Bu çalışmada, Doğu Karadeniz Bölümü'nün Rize ve Trabzon illeri sınırları içerisinde bulunan T-mahmuz sistemleri içinden 10 tanesi seçilmiş, son 5 yılda yapılan batimetrik deniz derinliği ölçüm değerleri ve mahmuz topuklarından yaz ve kış sezonunda alınan sediment numuneleri analiz edilmiştir. Elde edilen sonuçlar değerlendirilerek ve eş derinlik eğrileri oluşturulmuş, T-mahmuzların plaj olarak kullanımı ve çevresel etkileri ortaya konulmaya çalışılmıştır. Doğu Karadeniz kıyılarında ilk defa 1998-2000 yılları arasında yapılan T-mahmuzlarının topuklarında 2000-2017 yılları arasında 43.132,38 m³ kum boyutunda sediment birikmiştir. Bu durum T-mahmuzların hem kıyı koruma, hem de plaj olarak kullanılması bakımından çok olumlu bir gelişmedir. T-mahmuzlarının bu şekildeki işlevsel faaliyeti ile hem kıyı erozyonu önlenecek, hem balıkçı barınakları ve diğer kıyı yapılarının sığlaşması azaltılacak, hem de bu alanların plaj olarak kullanılmalarının önü açılmış olacaktır.

Anahtar kelimeler: Kıyı erozyonu, Morfoloji, Plaj, T-mahmuz

Abstract

The eastern Black Sea region of our country has an inclined and rough terrain and the land is consists of by many streams, large and small. In the eastern Black Sea where severe rains are effective, rivers and coastal erosion cause a very important environmental problem. Another important problem is the filling sediment problems along the coast at the points where the combine sea and the streams are carried and the coastal streams. At the same time, this situation it prevents the ports, docks and fishing shelters from filling up and becoming fully functional. As a result of river and coastal erosion, important habitats, coastal settlements are destroyed and consequently serious economic losses occur. Another important environmental problem caused by river and coastal erosion is visual pollution. On the one hand, sustainable use of the Black Sea coastal road; on the other hand, T-head groins were formed in groups in order to prevent coastal erosion, and the sediment retained by T-spurs accelerated both T- head groins reaching their intended targets. At the same time T-head groins prevented the fishery harbor and other coastal structures from becoming shallow. In this study, 10 T- head groin systems were chosen from the T- head groins systems within the boundaries of the Rize and Trabzon provinces of the Eastern Black Sea Region and the sediment samples analyzed taken from the spur heels during the summer and winter seasons. The obtained results were evaluated and granulometric measurements were made and co-depth curve were formed and the use of T- head groins as a beach and their environmental impacts have been tried to be demonstrated. Between the years of 2000-2017, 43132.38 m³ sand-weight sediment has been deposited in the heels of the T- head groins performed between 1998-2000 for the first time in the eastern Black Sea coasts. This situation is a very positive development in terms of use of T- head groins as both coastal protection and beach. With this kind of functional activity of T- head groins, both coastal erosion will be prevented and shallowing of fishery harbors and other coastal structures will be reduced as well as, these area will be use as beaches.

Keywords: Beach, Coastal erosion, Morphology, T-head groin

*c Ayberk KAYA; ayberk.kaya@erdogan.edu.tr; Tel: (0464) 233 75 18 (dahili: 1175); Tel: (0464) 233 75 14; orcid.org/0000-0001-7278-333X

^a orcid.org/0000-0001-8251-2461

^b orcid.org/0000-0003-2964-1760

1. Giriş

Kıyıları korumak amacıyla inşa edilen her türlü mühendislik yapıları, rüzgâr, dalga, akıntı ve akarsu gibi doğal etmenlerin ve insan kaynaklı faktörlerin etkisi altında bulunmaktadır. Bu etkiler ağırlıklı olarak suyun kara ile birleştiği alanlarda görülmekte olup önemli sonuçlar doğurmaktadır. Kıyı bölgesinde deniz hareketlerinin neden olduğu etkili problemlerden bazıları sediment taşınımı ve bunun doğuracağı sonuçlarla ilgilidir. Bu taşınım esnasında etkileşimin doğal bir sonucu olarak kıyı erozyonu dediğimiz aşınma (oyulma) veya kontrolsüz sediment birikimleri adı verilen dolma ve sığlaşma olayı meydana gelmektedir. Her iki durumda da kıyı çizgisi etkilenmekte ve kıyı topografyasında önemli değişimler meydana gelmektedir. Kıyılarda her ne amaçla olursa olsun inşa yapılan yapılar, kıyıların hidrodinamiğini etkilemekte ve kıyının tabii dengesinin değişmesine neden olmaktadır. Bu karşılıklı etkileşim yıllardır devam etmekte ve doğal yollarla çalışarak işlemektedir (Süme, 1992).

Mesela, kıyıda sediment taşınım dengesinin bozulması ile liman, balıkçı barınağı, çekek yeri gibi kıyı yapılarının giriş kısımlarında ve basenlerinde kumul birikimi neticesinde sığlaşma oluşumu söz konusudur. Meydana gelen kum yığılması sonucu, yapı giriş ağzından itibaren su derinliği azalmakta ve balıkçı kayıkları ve teknelerinin giriş ve çıkışları zorlaşmakta, hatta imkânsız hale gelebilmektedir. Bu etkileşim kıyı mühendisliği açısından balıkçı barınakları, limanlar ve çekek yerleri gibi yapılar için sorun oluştururken T-mahmuzlar için ise istenen bir durumdur. T-mahmuzlar, kıyıların korunması amacıyla kum depolanmasını (dolma) sağlamakta ve dalga enerjisini kırıp azaltarak kıyı oyulmalarının (kıyı erozyonu) önüne geçmek suretiyle, kıyı eğimini azaltıp kıyının kum ile dolmasını sağlayarak tabii bir plaj görünümünü kazandırmak gibi çok önemli bir amaca hizmet ederler (Yüksel vd., 1998).

Doğu Karadeniz Bölümü'nde, 604 km uzunluğundaki Karadeniz Sahil Yolu Sinop'tan başlayarak sınır kapısı olan Sarp'a kadar uzanmaktadır. Bu güzergâh boyunca, kıyı yapılarını ve kıyı boyu devam eden otoyolu korumak amacıyla sıra sıra T-mahmuz ve kıyı tahkimatları inşa edilmiştir. Bunların kum, çakıl vb. malzeme ile dolması iyi sonuçlar doğururken, liman, barınak vb. yerlerde ise dolma meydana gelmektedir. Her iki durumda da bölgenin kıyı çizgisi değişmektedir (Özölçer, 1998; Süme vd., 2002; Kırkgöz, 2002; Durmuş, 2007; Süme, 2007;

Bayraktar, 2009; Bayraktar vd., 2016). Ülkemizde özellikle Sinop-Sarp arasında 397 adet T-mahmuz bulunmaktadır. Bunların 75 tanesi Samsun (Orta Karadeniz), 82 tanesi Ordu, 71 tanesi Giresun, 124 tanesi Trabzon, 42 tanesi Rize ve 3 tanesi de Artvin-Arhavi kıyılarında bulunmaktadır. T-mahmuzların 322 tanesi, diğer bir deyişle % 81'i Doğu Karadeniz kıyılarında bulunmaktadır.

Dünyada ve Türkiye'de hem kıyı koruma amaçlı hem de insanların kıyılardan yararlanmasını sağlayan birçok çalışma mevcuttur. Kıyı-insan ilişkisini güçlendiren örneklerden birisi olan Avustralya'da kıyılarda binlerce plaj mevcut olup, bu plajlar kültürel bir yaşam tarzının bir parçasıdır. Bu sebeple insanların çoğu kıyı şeridinde ya da yakınında yaşamaktadır. Avustralya kıyıları, kıyı-insan etkisinin oldukça başarılı bir şekilde yönetildiği yerlerden biridir (Beale, 1980; Harwey ve Caton, 2003).

Kıyı-insan ilişkisi kapsamında çevre ilişkilerini düzenleyen yasal çalışmalar da yapılmıştır. Halkı doğal kaynak yönetimine dahil etme yöntemleri ve sivil toplum örgütleri ile bu konudaki çalışmalar giderek artmaktadır. Halkın katılımına yönelik işbirlikçi yaklaşımlara yöneticiler ve bilim insanları da daha çok ilgi duymaktadır (Selin ve Chavez, 1995; James, 2000).

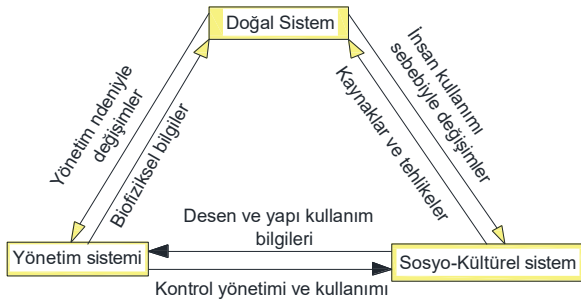
Fransa'da ilk defa 1985 yılında uygulanan ve dünyaya yayılan Mavi Bayrak uygulamasının kıyı alanları yönetiminin gelişiminde önemli bir yer tuttuğu söylenebilir. Böylelikle çevresel bilinçlenme artmakta ve kıyıların korunması ve gelecek kuşaklara daha temiz bir çevre bırakılmış olacaktır (Barrow, 1995; Patric vd., 2005; Fışkın vd., 2016).

Bunlara ek olarak bilim insanları, bazı yerel yönetimler ve sivil toplum örgütleri de plaj bölgelerinde kum depolanması kumsal yapının şekli ve malzeme granülometrisi ve çevresel özellikler ile ilgili olarak çalışmalar yapmış ve kıyıların plaj olarak kullanımı ve yönetimi ile ilgili birçok öneriler getirmiştir (Taylor ve Stone, 1996; Abuodha, 2003; Edward, 2017).

1.1. Plaj Ortamı Modeli

Plaj ortamları, iç içe geçmiş çok boyutlu çevreyi içine alan, daha büyük kıyı sistemleri içinde ve etkileşimli doğal, sosyo-kültürel ve yönetim sistemleridir (Şekil 1). Plaj ortamlarının doğal (veya biyofiziksel) sistemleri, belirlenen bölge yada çevre için o bölgede bulunan bitki ve hayvan popülasyonunun bütünü olarak isimlendirilen

biyotadan oluşur. Plajlarda meydana gelen sediment hareketleri (oyulma ve dolma), su etkileşimleri ve ekolojik unsurları şekillendiren süreçler fiziksel olaylar içerisinde değerlendirilir. Bu sistemler yaklaşık 1-3 km'lik bir açığa ve 20 metrelik su derinliğine kadar oluşabilecek aktif kumul sistemlerini kapsar (Kıyı Kanunu, 1990; Yüksek, 1995; Bird, 1996; Özölçer vd., 2006; Berkün vd., 2010; Anonim, 2015).



Şekil 1. Üç ana bileşen sistemi (kutu) ve aralarındaki bağlantılar (oklar ve eğik metin) gösteren plaj ortamlarının basit kavramsal modeli (Fışkın vd., 2016)

Böylece doğal plaj sistemleri hem karasal hem de deniz bileşenlerini içerir ve daha geniş bağlamda meydana gelir. Akarsu havzalarındaki her türlü doğal ve beşeri faaliyetler, littoral hücreler ve okyanus süreçleri, plaj ortamlarındaki sosyo-kültürel sistemler ve kullanım şekilleri plaj sistemleri üzerinde etkilidir. İnsanlar plajları ağırlıklı olarak eğlence (çeşitli rekreasyonel faaliyetler), altyapı (atık deşarj/depolama), yerleşim ve ekonomik amaçları (turizm, balık tutma, kum madenciliği, vb.) doğrultusunda kullanmaktadır. Plajlar, dinlenme aktiviteleri arasında güneş banyosu, gezi, olta balıkçılığı, yüzme, sörf ve botla gezintinin yanı sıra dolaylı olarak sosyo-kültürel bir simge olarak da kullanılırlar. Plaj ortamlarının yönetim sistemleri devlet kurumları, sivil toplum kuruluşları, kanunlar, tüzükler, politikalar ve programlar vb. gibi birçok etkileşimi kapsamaktadır. Çevresel yönetim, bu sistem içinde en kolay şekilde yer alan yönetim tarzıdır. Plaj ortamlarının yönetim sistemleri bileşeni Şekil 1'de verilmiştir. Yönetim genellikle belirli bir kullanıma, kaynak veya ekonomik sektöre odaklanır (Komar, 1998; Rodney, 2000).

Literatürde bu anlamda sıklıkla kullanılan diğer terimler arasında bütünsel, kapsamlı, bütünlük ve ekosistem yönetimi bulunmaktadır. Plajların çevre yönetimi: kıyı yönetimi, doğal kaynak

yönetimi, kirlilik kontrolü, arazi kullanım planlaması, doğa koruma ve çevre planlama unsurlarını içermektedir. Plaj çevre yönetim politikaları ve yasal çerçeveler; plajların ekolojik tabanlı sürdürülebilir yönetimi ve ekonomik kalkınma için çok önemlidir. Plaj yönetimi hem yasal hem de yasal olmayan araç ve tekniklere dayanır. Etkileşimler, plaj ortamlarını içeren sistemler içinde ve arasında gerçekleşir ve iklim, ekoloji ve jeomorfoloji gibi doğal bilimlerin etkileşimlerini de dikkate alır. Ancak plajların çevre yönetimine etkin bir şekilde rehberlik edecek belirli bir politikanın olduğu pek söylenemez.

Doğal sistemler içinde plajların sosyo-kültürel sistemlerindeki etkileşimleri coğrafya ve psikoloji gibi sosyal bilimlerle yakın ilişki içindedir. Ancak, yönetim sistemleri içinde politik bilimcilerin ve yöneticilerin etkileşimler noktasında endişeleri vardır. Plaj ortamlarının anlaşılması, sunulan plaj çevresi modeli, burada bileşen sistemlerinden herhangi birinin doğru anlaşılması için gerekli olan bağlantıyı sağlar. Burada kullanılan plaj ortamlarının modeli, bu sistemler arasındaki etkileşimleri açıkça belirtir (Şekil 1). Bu tür etkileşimler, doğal kaynaklardan, plaj ortamlarının sosyo-kültürel sistemlerine kadar bir kaynak akışına yol açar. Plaj ortamlarının doğal sistemleri, destekledikleri insan kullanımları ve yönetim tarafından uygulanan manipülasyonlar tarafından değiştirilmektedir. Yönetim, genellikle insan-kullanımını kontrol etmeye çalışır ve insan kullanımının kalıplarını, süreçlerini, yapılarını ve etkileri hakkında bilgileri ve doğal sistemlerden doğrudan elde edilen biyofiziksel bilgileri belirler. Böylece, doğal sistemleri korumak ve insani yarar sağlamak için aralarındaki bağlantılar, etkileşimler plaj ortamının tüm bileşen sistemlerinde dikkate alınmalıdır.

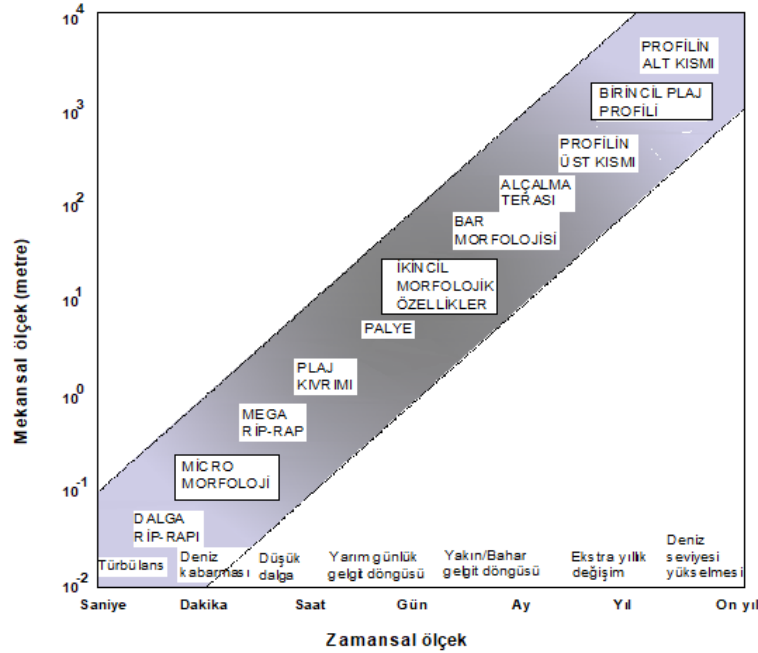
1.2. Plaj Oluşumunda Kıyı

Kumsal kavramı, kumlu sahil morfolojisinin incelenmesinde büyük önem taşımaktadır. Kum plajlarının davranışı, zamansal ve mekânsal olarak birkaç yüzyıldaki kıyı evrimi ölçeğinden saniyedeki dane etkileşimlerine bağlı olarak değişen ölçekler üzerinde incelenebilir. Bu süreçte plaj sisteminin her biri kendi mekânsal ve zamansal ölçeği olan bir bölüm hiyerarşisinden oluştuğu görülebilir.

Yüksek mertebeden bir bölüm, düşük mertebeli bölmeleri içerir ve bu nedenle yüksek mertebeden bir bölme, daha geniş bir zamansal ve mekânsal ölçeğe sahiptir. Bir kıyı sisteminde belli bir

bölmede zamansal ve mekânsal ölçekler arasında yakın bir bağ oluşturduğu varsayılır ve bu birleşim birincil ölçek ilişkisi olarak adlandırılır. Yani kıyı akıntıları neticesinde sahilde biriken malzemenin hem granülometrisi hemde hacmi zamanla değişiklik gösterir. Bunda özellikle kıyının morfolojisi etkilidir. Fakat zamanla mekandaki türbülans oluşumu, denizin kabarması veya alçalması (gelgit), dalga yüksekliklerindeki

değişimler, ve gelgit harici farklı nedenlerle deniz seviyesindeki değişimler çok daha etkili olmaktadır. Bu etkilerde plaj profilinde, plaj kıvrımlarının oluşması, aşırı yığılmalar, hızlı oyulmalar, kum tepelikleri vb. etkileri doğurur. Sonuç olarak plajın bulunduğu mekânda zamana bağlı olarak sahil uzunluğu değişiklik gösterir (Şekil 2).



Şekil 2. Kumlu plajlarla ilişkili morfolojik özelliklerin mekânsal ve zamansal ölçekleri ile akışkan hareketleri arasındaki ilişki (Rodney, 2000)

Morfodinamik konsept, ayrıca, morfolojiden etkilenen ve kontrol eden fiziksel süreçlerin (dalgalarda, gelgitler, akımlar ve tortu taşınımı), benzer mekânsal ve zamansal ölçeklerde ilgi konusu morfolojik özellik olarak ortaya çıkabileceğini gösterir. Genel plaj profili birincil plaj profili olarak adlandırılır ve yaklaşık olarak düzlemsel bir plaj yüzü ve içbükey yukarı doğru kıyıya yakın profilden oluşur.

$$h = Ay^m \quad (1)$$

Burada h su derinliği, A boyutlu bir parametre, y karaya yakın mesafe ve m boyutsuz bir üstür. Doğal plaj profillerinin denge plaj profili denkleminde titizlikle uydurulması, ortalama $m = 2/3$ değerinin alınması önerilmektedir ve bu değer kıyı eğimini ifade eder. Ortaya çıkan profilin eğimi A tarafından kontrol edilir ve tortu boyutu ile orantılı olarak artar.

Birincil plaj profili ile ilişkili zamansal ve mekânsal ölçekler sırasıyla yıllar ve kilometrelerdir. Sahanın hidrodinamik koşullarla (esasen deniz seviyesi) dengede olduğu ve profil dengesini sağlamak için yeterli sediment sağlandığı varsayımı altında, içbükey yukarı doğru kıyı kısmı basit bir parabolik işlevle tanımlanabilir.

$$A = 0.067w_s^{0.44} \quad (2)$$

Burada, yatak malzemesinin sediment düşme hızı w_s 'dir. Günümüzde, A ve m parametrelerinin evrenselliği önemli tartışmaları beraberinde getirmektedir. Aslında, bir kumsalın hidrodinamik koşullarla dengede olabileceği fikri kuvvetle sorgulanmaktadır. Bununla birlikte, denge plajı kavramı, deniz seviyesinin kumlu sahil şeridindeki artışını öngörmeye en yaygın kullanılan yaklaşımdır (Masselink ve Kroon, 2017).

1.3. Çalışma Alanı

Bu çalışmada, Rize-İyidere ve Trabzon-Of ilçelerinde bulunan üç T-mahmuz gurubundan (Bu mahmuz gruplarından Kıyıcık'ta 13, Eskipazar'da 10 ve İyidere'de 8 adet T-mahmuz bulunmaktadır) Kıyıcık'tan 4, Eskipazar'dan 3 ve İyidere'den de 3 adet T-mahmuz olmak kaydıyla seçilen toplam 10 adet T-mahmuzun sediment biriktirme ve plaj olarak kullanılabilirliği irdelenmiştir (Şekil 3).

Çalışma alanının batısında Kıyıcık ve Eskipazar ile doğusunda İyidere T-mahmuz gurupları uzunluk olarak yaklaşık 6.5 km'dir. Bu alanda Of limanı ile 2 adet balıkçı barınağı mevcuttur. Bu bölge Türkiye'de yağış yüksekliğinin en yüksek olduğu yer olup, ortalama yağış yüksekliği 2000 mm civarındadır ve buralardan denize ulaşan çok sayıda küçük büyük akarsu mevcuttur.



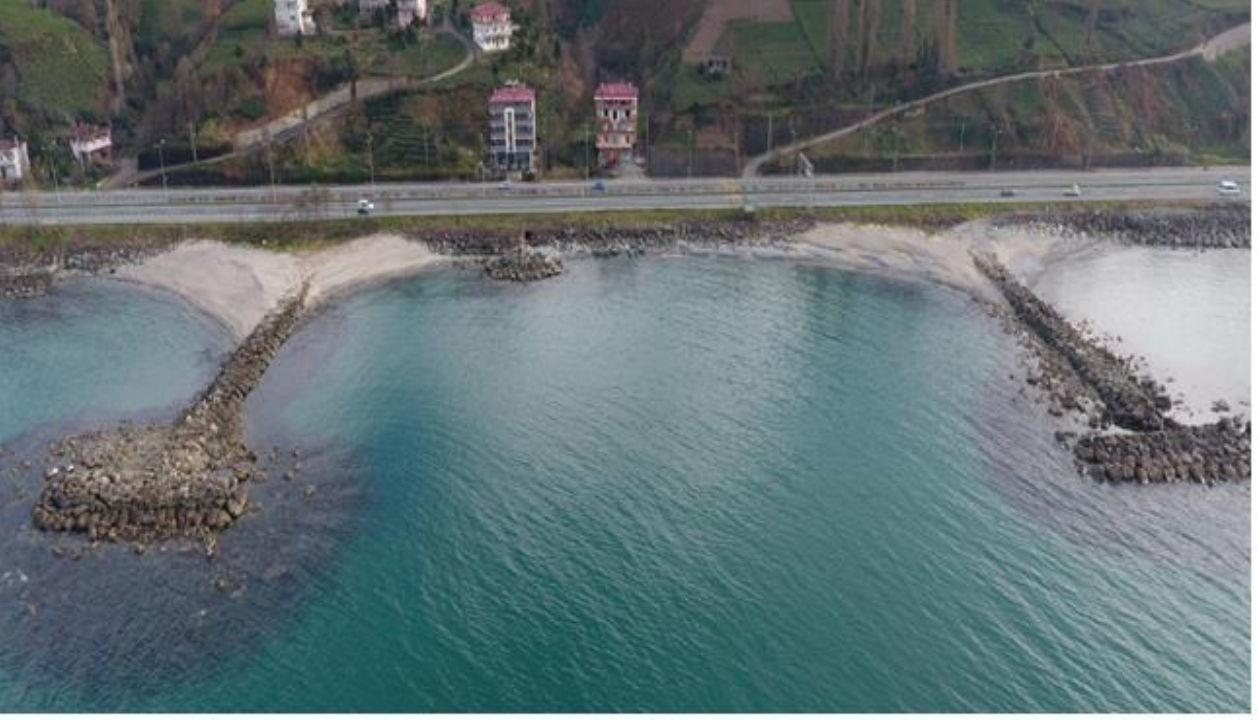
Şekil 3. Çalışma alanına ait yer buldur haritası

Havza eğimi oldukça diktir. Aşağı ve orta yükseltilerdeki ormanlık alanların büyük bir kısmı tahrip edilerek çay plantasyonlarına dönüştürülmüştür. Bölgede meydana gelen erozyon, sel-taşkın olayları sonucunda dikkate değer hacimde kum-çakıl akarsular tarafından denize taşınmaktadır. Taşınan bu sedimentler T-mahmuz sistemlerinin bulunduğu yerlerde dolma sürecinin önemli miktarını oluşturur. Bu bölgede sürekli olarak dalga ölçümleri yapılmaktadır. Etkin dalga yönü olarak Kuzey (N), Kuzey-Kuzey Batı (NNW) ve Kuzey Batı (NW), ortalama belirgin dalga yüksekliği olarak da 1.5-2.0 m ve dalga periyotları ise 4.5-8.0 s olduğu belirlenmiştir, Katı madde taşınımı ise batı-doğu yönündedir.

2. Materyal Metot

Bu çalışmada, Rize-İyidere'de 8'li bir grup ve Trabzon-Of ilçesi Kıyıcık mevkiinde 13'lü bir grup ve Eskipazar mevkiinde ise 10'lu bir grup olmak üzere toplam 31 adet T-mahmuz

bulunmakta olup bunlardan 4 tane Kıyıcık'tan, 3'er tanede Eskipazar ve İyidere'den seçilen 10 adet T-mahmuz ele alınmıştır. Bu mahmuz gruplarının plaj olarak kullanılabilirlikleri incelenmiştir. Çalışmada adı geçen T-mahmuzlarda Süme (2009) tarafından sonar yardımıyla su derinlikleri ölçümleri yapılmış, farklı zamanlarda dolma süreçleri incelenmiş, tutulan malzeme miktarı etüt edilmiştir (Şekil 4). Araştırma konusu T-mahmuzların 23 adedi Trabzon ili Of ilçesi sınırları, 8 adedi ise Rize ili sınırları içerisinde yer almaktadır. Of ve Rize'deki mahmuzların bulunduğu kıyının uzunluğu yaklaşık 20 km olup, bu sahilde kıyı batimetrisini etkileyen Of limanı ve 2 adet balıkçı barınağı mevcuttur (Süme, 2014; Süme ve Yüksek, 2018). Çalışma kapsamında değerlendirilen, Trabzon ve Rize illerindeki 31 adet T-mahmuz civarındaki derinlik ölçümleri ve sediment biriktirme hesapları 2000, 2009, 2013 ve 2017 yıllarında Süme tarafından yapılmıştır.



Şekil 4. Kıyıcık bölgesindeki 2 adet T-mahmuzların genel görünüşü (Yaz başı)

Sonar yardımıyla ölçüm yapılmadan önce, mahmuzlar arası 5x5 metrelik karelaj oluşturularak numaralandırılmış ve arazi üzerinde işaretlenmiştir. Daha sonra üzerinde sonar kurulu olan bot ile karelajın tahmini kesim noktalarına gelinerek deniz derinlik değerleri okunmuş ve kaydedilmiştir. NetCAD programında işlem yapabilmek için önce işaretlenen noktalarındaki derinlik değerlerinden bir Excell veri dosyası oluşturularak, NetCAD-Pro programı ile bu noktalar ve derinlik değerleri okutturulmak suretiyle sayısallaştırılmıştır.

Ölçülen veriler yardımıyla T-mahmuzların batimetrik eş yükselti eğrileri oluşturulmuş ve hacim hesapları yapılmıştır. İncelenen T-mahmuzlarda öncelikle, toplam topuk alanları (AT) hesaplanmış, T-mahmuzlar yapılmadan önce ve farklı yıllarda alınan verilerden yararlanılarak topuklardaki ortalama su derinlikleri ölçülmüş ve topuktaki tüm derinliklerin aritmetik ortalaması alınarak (dh) ortalama dolma derinlikleri elde edilmiştir. O yıla ait ortalama derinlikler bir önceki yıla ait ortalama derinliklerden çıkarılarak ortalama derinlik değişimine ait farklar (Δh) bulunmuştur. Daha sonra ise, topuk alanlar ile ortalama derinlikler çarpılarak her mahmuzda biriken ölçüm dönemlerine ait sediment hacmi (VT) hesaplanmış ve her mahmuz için yapıldığı yıl ile 2017 yılına kadar geçen sürede biriktirdiği toplam sediment hacmi (ΣVT) hesaplanmıştır.

Çalışma kapsamında bulunan T-mahmuzlar Şekil 3'te gösterilmektedir.

NOT: Benzer bir çalışma Süme ve Tansel (2016) tarafından yapılan ve Ocean & Coastal Management adlı dergide yayınlanan, "Capacity building for field inspections: A comprehensive assessment tool for monitoring structural integrity and sediment capture performance of T-head groins" adlı makalede detaylı açıklanmıştır.

3. Bulgular

Trabzon ilindeki T-mahmuzlara maksimum sediment toplanma zamanları birbirinden farklıdır. Kıyıcıktaki 3 farklı T-mahmuzda (T1, T10 ve T13) en yüksek sediment hacimleri 2000-2009 yılları arasında elde edilirken; T7 numaralı mahmuzda en yüksek sediment hacmine 2013-2017 yılları arasında rastlanmıştır (Tablo 1). Kıyıcıktaki 4 farklı (T1, T7, T10 ve T13) mahmuzlarında en düşük sediment hacmine 2009-2013 yılları arasında ulaşılmıştır.

Kıyıcıktaki T-mahmuzlarında en düşük sediment hacmi (446.875 m^3) ve en yüksek sediment hacmi (3092.375 m^3) değerlerine T13 numaralı mahmuzda rastlanmıştır. Kıyıcıktaki 4 adet T-mahmuzunda 7150 m^2 'lik alanda 23505.63 m^3 sediment depolanmıştır. Buna göre Kıyıcıkta 1 m^2 'de 3.29 m^3 sediment depolanmıştır (Şekil 3).

Eskipazar'daki 3 farklı T-mahmuzda en yüksek sediment hacmine (2341.625 m³) 2013-2017 yılları arasında rastlanırken; en düşük sediment hacmine (429.000 m³) ile 2009-2013 yılları arasında rastlanmıştır (Tablo 1).

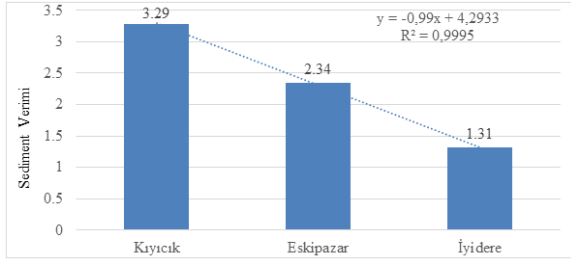
Eskipazar'daki 3 adet T-mahmuzunda 5362.5 m²'lik alanda 12584 m³ sediment depolanmıştır.

Buna göre Eskipazar'da 1 m²'de 2.34 m³ sediment depolanmıştır. İyidere'deki 3 farklı T-mahmuzunda en yüksek sediment hacmine (1662.375 m³) 2013-2017 yılları arasında T-5 mahmuzunda rastlanırken; en düşük sediment hacmine (303.875 m³) ile 2009-2013 yılları arasında T1-mahmuzunda rastlanmıştır (Tablo 1).

Tablo 1. Yıllara göre derinlik değişimi ve sediment birikimi

T-mahmuzun Bulunduğu Yer ve Mahmuz No	Yapım ve Ölçüm Yılları	Mahmuz Alanı (A _T) (m ²)	Ortalama Derinlik (d _n) (m)	Değişim Periyodu	Ortalama Derinlik Değişimi (Δ _n) (m)	Sediment Hacmi (V _T) (m ³)	Dolma Hacmi (2000-2017) (ΣV _T) (m ³)	
Kıyık	T1	1787.5	2000 (YY)	-2.89	-	-	-	5684.255
			2009	-1.26	2000-2009	-1.63	2913.625	
			2013	-0.92	2009-2013	-0.34	607.750	
			2017	0.29	2013-2017	1,21	2162.880	
	T7	1787.5	2000 (YY)	-2.9	-	-	-	6542.250
			2009	-1.3	2000-2009	-1.6	2860.000	
			2013	-0.94	2009-2013	-0.36	643.500	
			2017	0.33	2013-2017	-1.27	3038.75	
	T10	1787.5	2000 (YY)	-2.88	-	-	-	5523.375
			2009	-1.2	2000-2009	-1.68	3003.000	
			2013	-0.94	2009-2013	-0.26	464.750	
			2017	0.21	2013-2017	1.15	2055.625	
T13	1787.5	2000 (YY)	-2.93	-	-	-	5755.750	
		2009	-1.2	2000-2009	-1.73	3092.375		
		2013	-0.95	2009-2013	-0.25	446.875		
		2017	0.29	2013-2017	1.24	2216.50		
Eskipazar	T1	1787.5	2000 (YY)	-2.18	-	-	-	4147.000
			2009	-1.27	2000-2009	-0.91	1626.625	
			2013	-0.97	2009-2013	-0.3	536.250	
			2017	0.14	2013-2017	1.11	1984.125	
	T7	1787.5	2000 (YY)	-2.17	-	-	-	4325.750
			2009	-1.16	2000-2009	-1.01	1805.375	
			2013	-0.9	2009-2013	-0.26	464.750	
			2017	0.25	2013-2017	1.15	2055.625	
	T10	1787.5	2000 (YY)	-1.94	-	-	-	4111.250
			2009	-1.19	2000-2009	-0.75	1340.625	
			2013	-0.95	2009-2013	-0.24	429.000	
			2017	0.36	2013-2017	1.31	2341.625	
İyidere	T1	1787.5	2000 (YY)	-3.02	-	-	-	2198.625
			2009	-2.63	2000-2009	-0.39	697.125	
			2013	-2.46	2009-2013	-0.17	303.875	
			2017	-1.79	2013-2017	-0.67	1197.625	
	T5	1787.5	2000 (YY)	-3.22	-	-	-	2663.375
			2009	-2.91	2000-2009	-0.31	554.125	
			2013	-2.66	2009-2013	-0.25	446.875	
			2017	-1.73	2013-2017	-0.93	1662.375	
	T8	1787.5	2000 (YY)	-3.13	-	-	-	2180.750
			2009	-2.9	2000-2009	-0.23	411.125	
			2013	-2.65	2009-2013	-0.25	446.875	
			2017	-1.91	2013-2017	-0.74	1322.750	
Toplam sediment dolma hacmi (2000-2017) yılları = 43.132,38 m³								

İyidere'deki 3 adet T-mahmuzunda 5362.5 m²'lik alanda 7042.75 m³ sediment depolanmıştır. Buna göre İyidere'de 1 m²'de 1.31 m³ sediment depolanmıştır. Lokasyonlara göre sediment verimi batıdan doğuya gidildikçe doğrusal biçimde azalmaktadır. Lokasyonlara göre en yüksek sediment verimine Kıyıcık'taki T-mahmuzlarında rastlanırken; en düşük sediment verimine İyidere'deki T-mahmuzlarında rastlanmıştır (Tablo 1, Şekil 5).



Şekil 5. Lokasyonlardaki sediment verimleri (m³/m²)

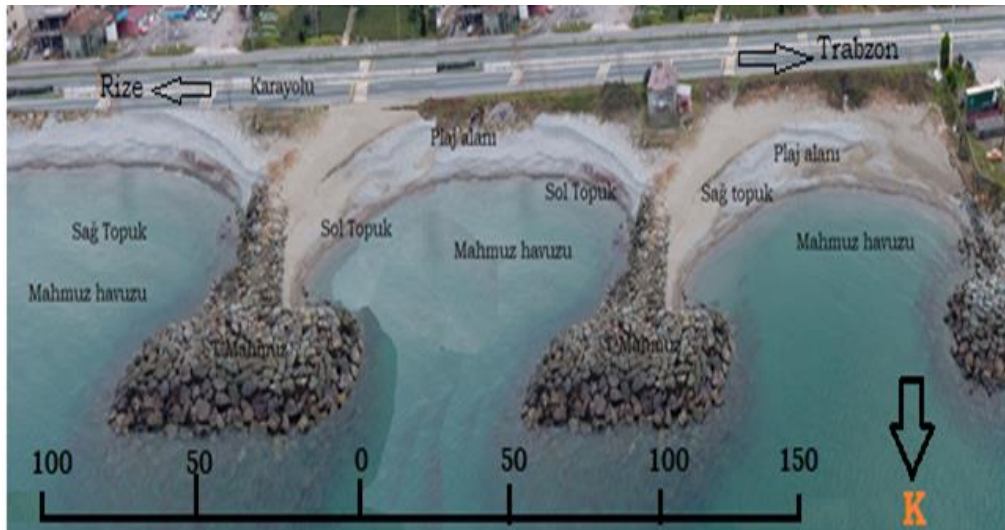
Tablo 1'de verilen değerler T-mahmuzların yapıldığı yıllardaki (YY) ölçümler ile 2009, 2013 ve 2017 yılı yaz ve kış sezonunda elde edilen batimetrik değerler ve bunlara ait hesaplamalar görülmektedir. Bu değerler yaz ve kış dönemine (dh) ait ölçümler olup, veri alınan T-mahmuz topuklarındaki batimetrik derinliklerin ortalaması alınarak oluşturulmuştur. Bu çalışmalar neticesinde kıyı boyu devam eden T-mahmuzların

sediment birikimi sağlayanlarının plaj olarak kullanımının çok uygun olduğu görülmüştür. Özellikle sağ ve sol topuklar (mahmuz havuzu) denizden yararlanma anlamında çok uygun ve güvenlidir (Şekil 6). Doğu Karadeniz gibi kıyı morfolojisinin çok değişken ve dalgalarının hırçın olduğu düşünülürse plaj olarak T-mahmuzların kullanımı önem arz etmektedir (Süme ve Tansel, 2016).

4. Sonuçlar ve Öneriler

Bu çalışmada, Doğu Karadeniz'de, Trabzon ili Of ilçesinde 23 ve Rize ili İyidere ilçesinde 8 tane olmak üzere inşa edilen toplam 31 adet T-mahmuzdan 10 adet T-mahmuzun yıllara göre dolma süreçleri değerlendirilmiştir. Yapıların topuklarında (mahmuz havuzu) çeşitli yıllarda yapılan derinlik ölçümü verileri yardımıyla (Δh) ortalama su derinlikleri bulunmuş, araştırma yapılan T-mahmuzların tamamında net olarak sediment birikiminin (dolma) olduğu ve sürecin devam ettiği görülmüştür.

Araştırılan diğer 31 adet T-mahmuz içinde 21 tanesinin ise, neredeyse hiç malzeme biriktirmediği ve bu yapılarda önemli bir oyulma probleminin olmadığı işlevlerini tam olarak yapabilmeleri için gerekirse suni besleme yapılarak gerekli önlemlerin alınması kaçınılmaz olduğu görülmektedir.



Şekil 6. T-mahmuz bölgesi tanımlamaları

Yapıların topuklarında ve çevrelerinde sediment depolanmasının gerçekleşmesinde etkili olan yapı faktörleridir. Bunlar dolmayı etkileyen tali mendireklerin varlığı, ani derinlik değişimi ve

çevre ile ilgili faktörlerdir. Yapının memba tarafında akarsuyun olup olmaması önemli bir faktör olarak gözükmemektedir. Ayrıca civardaki balıkçı barınakları gibi sediment tutucu diğer

yapıların olup olmaması da dolma sürecine etki eden faktörler olduğu görülmektedir. Genellikle, Doğu Karadeniz Sahil Yolu bitirildikten sonra (2007 yılında) kıyıların korunması ve rekreasyon amacıyla inşaa edilen türlü türlü yapıların (balıkçı barınağı, çekek yeri, tahkimatlar, spor amaçlı tesisler, suni besleme vb.) kıyıların tabii dengesi üzerinde önemli rol oynamakta, oyulma ve dolma süreçlerini artırmaktadır. Yine bölgeden kontrolsüz kum alımı da çok önemli bir sorun olarak gözükmemektedir. Kontrollü sediment birikimini sağlamak ve/veya artırmak amacıyla değişik yapısal önlemler alınabilir. Arazi çalışması, fiziksel ve matematiksel model çalışması yapılabilir. Öte yandan, tedbir almak bazı sahil bölgelerinde yarar sağlarken, başka bölgelerde erozyon, sığlaşma gibi kıyıların yapısal stabiliteyi üzerinde zararlı olabilir.

Ayrıca mahmuz yapıları üzerinde dalgalardan kaynaklanan deformasyonların sediment depolanmasına olumsuz etkileri olmamaktadır. Çünkü mahmuzların kret kotları deniz seviyesinden +0,50 m yükseklikte olması gerekirken, bu yükseklik 1 m civarındadır. Yapıda oluşan deformasyonlar aslında yapının ideal seviyeye inmesine yardımcı olmuştur. Haliyle dalgaların kıyıya ulaşmaları kolaylaşmış ve sediment birikimine de olumlu katkı sağlamıştır. Zaten T-mahmuzlardan beklenen nihai sonuç, T-mahmuzların yapımından sonra, sediment tarafından örtülerek zamanla tamamen kaybolmaları ve kıyının doğal bir yapıya kavuşmasına yardımcı olmalarıdır.

Başka bir deyişle, T-mahmuzların dolması veya oyulma problemleri olan sahil şeridinde, meydana gelen deniz seviyesi değişimlerinin de etkisi olabileceği unutulmamalıdır. Civarında 2011 yılından sonra yürütülen ve devam eden bir proje sonuçlarına göre de yaklaşık 15-53 cm arasında bir deniz seviyesi değişimi olduğu görülmüştür. Bu duruma göre de seviye değişimi önemli bir parametre olarak gözükmemektedir. Hülasa, özellikle geceleri ve fırtına sonrası aşırı değer artışı ölçülmektedir. Eş derinlik ölçümleri denizin nispeten durgun olduğu saatlerde yapıldığı için etkileşim artı veya eksi yönde pek fazla sonuca etkili olmamaktadır (Taylor ve Stone, 1996; Süme, 2011).

Zamanla öyle ki bu süre çok değişken olmakla birlikte, T-mahmuzlar ve civarının tahminen otuz yıl içerisinde sediment tarafından örtülerek tamamen dolmaları ve kaybolmaları beklenmektedir. Ancak o zaman kıyı doğal

yapısına kavuşacak ve çevreyle tam uyumlu hale gelecek ve plaj olarak kullanımına gerçek manada devam edebilecektir.

Kaynaklar

- Abuodha, J.O.Z., 2003. Grain size distribution and composition of modern dune and beach sediments, Malindi Bay coast, Kenya. *Journal of African Earth Sciences*, 36, 41-54.
- Anonim, 2015. Kıyı Yapıları Planlama ve Tasarım Teknik Esasları. TC Ulaştırma, Denizcilik ve Haberleşme Bakanlığı Altyapı Yatırımları Genel Müdürlüğü (AYGM) yayını. Ankara, 437s.
- Barrow, C.J., 1995. *Developing the Environment: Problems and Management*. Longman, Essex, 313p.
- Bayraktar, E.A., 2009. Doğu Karadeniz Kıyılarında T-mahmuzlarının Kıyıya Etkileri ve Balıkçı Barınaklarının Sığlaşması. Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Bayraktar, E.A., Bayraktar, D. ve Yüksek, Ö., 2016. Doğu Karadeniz kıyılarında T-mahmuzlarının kıyıya etkileri. *Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 20 (3), 509-517.
- Beale, J.G., 1980. *The Manager and the Environment: General Theory and Practice of Environmental Management*. Pergamon, Oxford, 192p.
- Berkün, M., Anılan, T. ve Aras, E., 2010. Doğu Karadeniz Bölgesi'nde sediment taşınması ve kıyı erozyonu etkileşimleri. *Türkiye Mühendislik Haberleri*, TMH-461-462-2010/3-4, 47-52.
- Bird, E.C.F., 1996. *Beach Management*. Wiley, 281p.
- Durmuş, C., 2007. Mersin Bölgesi Kıyı Koruma Yapılarının İncelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana.
- Edward, J.A., 2017. *Beach Plains: Formation, Evolution and Ecological Significance Coastal Geomorphology and Shoreline Management Unit*. Université du Littoral Côte d'Opale, France.
- Fışkın, R., Çakır, E. ve Özkan, E.D., 2016. Mavi bayrak uygulamasının önemi, ölçütleri ve ülkelere göre durum değerlendirmesi. *Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 8 (15), 224-247.
- Harvey, N. ve Caton, B., 2003. *Commonwealth of Australia, Living on the Coast: the*

- Commonwealth Coastal Policy. Department of the Environment, Sport and Territories, Canberra.
- James, R.J., 2000. The first step for the environmental management of beaches: establishing an effective policy framework. *Coastal Management*, 28 (2), 149-160.
- Kırkgöz, M.S., 2002. Kıyı Erozyonunun Boyutları. *Türkiye Mühendislik Haberleri*, TMH-420-421-422, 71-73.
- Kıyı Kanunu, 1990. Kanun No: 3621, Kabul Tarihi: 4/4/1990.
- Komar, P.D., 1998. *Beach Processes and Sedimentation*. Prentice-Hall, New Jersey, 544p.
- Masselink, G. ve Kroon, A., 2017. *Coastal Zones and Estuaries. Morphology and Morphodynamics of Sandy Beaches*, 8s.
- Özölçer, İ.H., 1998. Kıyı Korumasında Mahmuzların Etkilerinin Araştırılması. Doktora Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Özölçer, İ.H., Kömürcü, M.İ., Birben, A.R., Yüksek, Ö. ve Karasu, S., 2006. Effects of T-Shape Groin Parameters on Beach Accretion. *Ocean Engineering*, 33, 382-403.
- Patrick, A.H., Sergio, R.D., Eduardo G.B., Luiz J.T., Ricardo N.A., Luciana S.E., Nelson, S.G., Elirio E.T., Luiz, C., De A.T. ve Luiz C.P.C., 2005. Beach ridges, foredunes or transgressive dunefields? Definitions and an examination of the Torres to Tramandaí barrier system, Southern Brazil. *Anais da Academia Brasileira de*, 77 (3).
- Rodney J.J., 2000. From beaches to beach environments: linking the ecology, human-use and management of beaches in Australia. *Ocean and Coastal Management*, 43, 495-514.
- Selin, S. ve Chavez, D., 1995. Developing a collaborative model for environmental planning and management. *Environmental Management*, 19 (2) 189-195.
- Süme, V. ve Karasu, S., 2002. Rize Sahilinde İyidere-Çayeli Arasında Yapılan T-mahmuzların Kıyı Koruma Açısından İncelenmesi. 4. Ulusal Kıyı Mühendisliği Sempozyumu, 24-27 Ekim, Antalya, s201-217.
- Süme, V. ve Tansel, B., 2016. Capacity building for field inspections: A comprehensive assessment tool for monitoring structural integrity and sediment capture performance of T-head groins. *Ocean and Coastal Management*, 125, 20-28.
- Süme, V. ve Yüksek, T., 2018. Doğu Karadeniz Kıyılarının Kumsal Özellikleri ve Plaj Profilleri. 9. Kıyı Mühendisliği Sempozyumu, 1-3 Kasım, Adana, s84-95.
- Süme, V., 1992. *Deniz Yapılarının Dinamik Projelendirilmesi ve Stabilite Etüdü*. Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Süme, V., 2007. Rize İyidere-Çayeli Arasındaki T-Mahmuzların Kıyı Koruma Açısından İncelenmesi, 6. Ulusal Kıyı Mühendisliği Sempozyumu, 25-28 Ekim, İzmir, s25-34.
- Süme, V., 2009. Rize-Çayeli Arası ve Bozukkale-Ünye Çimento Mevkii Arası Kübaj Çalışması. Etüt Raporu, 15s.
- Süme, V., 2011. Rize’de Deniz Seviyesi Değişimi. Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi, Bilimsel Araştırma Projesi, Rize.
- Süme, V., 2014. Grain size and beach formation characteristic at the t-head groins system at Kıyıcık, Turkey (Eastern Black Sea). *Journal of Civil and Environmental Engineering*, 4 (4), 1-5.
- Taylor, M. ve Stone, G.W., 1996. Beach-Ridges: A Review. *Journal of Coastal Research*, 12 (3), 612-621.
- Yüksek, Ö., 1995. Effects of Breakwater Parameters on Shoaling of Fishery Harbors. *Journal of Waterway, Port, Coastal and Ocean Engineering*, 121 (1), 13-22.
- Yüksel, Y., Çevik, E. ve Çelikoğlu, Y., 1998. Kıyı ve Liman Mühendisliği. İnşaat Mühendisleri Odası, İstanbul, s187-189.

Bazı *Dianthus* (Caryophyllaceae) Taksonlarının Türkiye'deki Varlığı Üzerine Bir Araştırma

A Research on The Presence of Some Dianthus (Caryophyllaceae) Taxa in Turkey

Ergin HAMZAOĞLU*^{1,a}, Murat KOÇ^{2,b}

¹Gazi Üniversitesi, Gazi Eğitim Fakültesi, Matematik ve Fen Bilimleri Eğitimi Bölümü, 06500, Yenimahalle, Ankara

²Ankara Yıldırım Beyazıt Üniversitesi, Halk Sağlığı Enstitüsü, Geleneksel, Tamamlayıcı ve Entegratif Tıp Anabilim Dalı, 06010, Keçiören, Ankara

• Geliş tarihi / Received: 15.01.2019 • Düzeltilerek geliş tarihi / Received in revised form: 28.05.2019 • Kabul tarihi / Accepted: 03.06.2019

Öz

Flora of Turkey and the East Aegean Islands adlı esere göre, *Dianthus cinnamomeus* Sibth. & Sm., *D. schemachensis* Schischk. ve *D. seguieri* Vill. Türkiye'de Karaman, Erzurum ve Ardahan'da yayılış gösterir. Bu illerde çok sayıda floristik çalışma yapılmasına rağmen, söz konusu türlere ait örnekler toplanamamıştır. Bu çalışmada, yazarlarca toplanmış örnekler, herbaryum örnekleri ve sanal herbaryum fotoğrafları birlikte değerlendirilmiştir. Sonuç olarak, *D. cinnamomeus* ve *D. schemachensis* taksonlarının Türkiye'de yayılış göstermediğine ve *D. seguieri*'nin ise varlığının teyide muhtaç (şüpheli) olduğuna karar verilmiştir.

Anahtar kelimeler: Anadolu, Flora, Hatalı teşhis, Karanfil, Şüpheli kayıt

Abstract

According to *Flora of Turkey and the East Aegean Islands*, *Dianthus cinnamomeus* Sibth. & Sm., *D. schemachensis* Schischk. and *D. seguieri* Vill. are distributed in Karaman, Erzurum and Ardahan in Turkey. These species were not found, although many floristic studies were carried out in these provinces. In this study; collected specimens by authors, herbarium specimens and virtual herbarium images were evaluated together. In conclusion, it was decided that *D. cinnamomeus* and *D. schemachensis* are not found in *Flora of Turkey* and the presence of *D. seguieri* was considered to be doubtful.

Keywords: Anatolia, Flora, Incorrect diagnosis, Carnation, Doubtful record

*^a Ergin HAMZAOĞLU; erginhamzaoglu@yahoo.com; (0535) 391 17 80; orcid.org/0000-0001-6053-6796

^b orcid.org/0000-0002-0829-4571

1. Giriş

Dünya genelinde yaklaşık 320 tür içeren *Dianthus* L. (Caryophyllaceae) cinsine ait türlerin büyük bir kısmı Avrupa, Asya ve Kuzey Afrika'da yetişir (Mabberley, 2008). Türkiye Florası'nda, *Dianthus* cinsi revizyonunda genel olarak Williams (1893)'ın monografisi takip edilmiştir (Reeve, 1967). Ayrıca Rus Florası (Schischkin, 1985) ve Avrupa Florası (Tutin ve Walters, 1993) gibi ilgili eserlerden de yararlanılmıştır. Cinsin ülkemiz örnekleri kaleme alınırken, özellikle yerli toplayıcıların az olması nedeniyle, betimlemeler genellikle yetersiz örneğe dayanılarak oldukça kısa ve detaysız yazılmıştır. Bu durum türlerin teşhisini güçleştirmiştir. Ayrıca, bazı taksonlarda tip örnekler ve/veya orijinal eserler de görülmemiştir (Reeve, 1967). Bu nedenle büyük bir emeğin ürünü olmasına karşın, söz konusu eserin çok tatmin edici olduğu söylenemez.

Son yıllarda Türkiye ve çevre ülkelerde yapılan bazı çalışmalar, cinsin taksonomik eksikliğini giderici niteliktedir (Rechinger, 1988; Strid, 1997;

Hamzaoğlu vd., 2015; Hamzaoğlu ve Koç, 2018). Bu çalışmada, Türkiye Florası'nda adı geçen bazı *Dianthus* taksonlarının Türkiye'deki varlığı yeniden değerlendirilmiştir.

2. Materyal ve Metotlar

Bu çalışmanın materyalini Karaman ve Erzurum'dan toplanmış örnekler, herbaryum örnekleri (GAZI, Gazi Üniversitesi herbaryumu) ve sanal herbaryum (E, Edinburgh herbaryumu) fotoğrafları oluşturmaktadır. Bitkilerin betimlemeleri için Türkiye Florası (Reeve, 1967), Kafkasya Florası (Grossheim, 1945), Rus Florası (Schischkin, 1985) ve Yunanistan Florası (Strid, 1997)'ndan yararlanılmıştır. Habit ve çiçek fotoğraflarının çekiminde Canon EOS 60D dijital kamera kullanılmıştır. Türkiye Florası'nda *Dianthus cinnamomeus* ve *D. schemachensis*'in Türkiye'deki varlığına delil olarak gösterilen örnekler ile bunlarla aynı yerlerden toplanmış örneklere ait adres ve etiket bilgileri Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1. *Dianthus cinnamomeus* ve *D. schemachensis*'in Türkiye Florası'nda atıf yapılan ve bu çalışma kapsamında toplanan örneklerine ait adres ve etiket bilgileri.

<i>D. cinnamomeus</i> Sibth. & Sm	Adres ve toplayıcı	Herbaryum
Türkiye Florası'nda atıf yapılan örneğe ait bilgiler	[Türkiye] In collibus aridis pr. Karaman, Lyconia [Konya], Jun. 1845, <i>Heldreich s.n.</i>	E, E00493169 foto
Bu çalışma kapsamında toplanan örneğe ait bilgiler	Türkiye. Karaman: Karaman-Seyithasan köyü arası, 1200 m, 18.6.2013, <i>Hamzaoğlu 6771</i>	GAZI
<i>D. schemachensis</i> Schischk.	Adres ve toplayıcı	Herbaryum
Türkiye Florası'nda atıf yapılan örneğe ait bilgiler	[Türkiye] Armenia [probably Erzurum], May 1867, <i>Calvert & Zohrab s.n.</i>	E, E00493178 foto
Bu çalışma kapsamında toplanan örneğe ait bilgiler	Türkiye. Erzurum: Pasinler, Demirdöven-Yayla köyleri arası, 1920 m, 6.7.2013, <i>Hamzaoğlu 6851</i>	GAZI

3. Bulgular ve Tartışma

3.1. *Dianthus cinnamomeus* Sibth. & Sm., *Fl. Graec. Prodr.*, 1: 287 (1809).

Türkiye Florası'nda, *D. cinnamomeus*'un Türkiye'deki varlığı Heldreich'in "Karaman" adresli örneğine dayandırılmıştır (Reeve, 1967). E sanal herbaryumunda "E00493169" barkod numarası ile muhafaza edilen örneğin, yüksek çözünürlüklü fotoğrafı detaylı olarak incelenmiştir (URL-1, 2018). Heldreich'in örnek topladığı popülasyonu tespit etmek amacıyla, Karaman civarında yoğun arazi çalışmaları yapılmış ve Karaman-Seyithasan köyü arasında benzer örnekler bulunmuştur (Tablo 1).

Türkiye Florası'nda *D. cinnamomeus* ve *D. pallens* Sibth. & Sm. yakın türler olarak yorumlanmıştır. *D. cinnamomeus*'ta petallerinin çoğunlukla kaliks içinde kalması ve renginin tarçın-kırmızısı (cinnamon-red) olması, bu iki tür arasındaki fark olarak gösterilmiştir (Reeve, 1967). Karaman popülasyonundan toplanan örneklerin incelenmesi sonucunda petalleri tarçın-kırmızısı veya kremi ve kaliksin içinde veya dışında olan bireylere rastlanmıştır (Tablo 1, Şekil 1 ve 2). Bu tespitler, Türkiye Florası'nda kullanılan karakterlerin *D. cinnamomeus* ile *D. pallens* arasında ayırt edici olarak kullanılamayacağını göstermiştir.

Yunansitan Florası'na göre; *D. cinnamomeus* kısır sürgünlü, yaprakları en fazla 30 mm boyunda, kaliks boyu 13–19(–22) mm, kaliks dışı boyu c.

4 mm ve petal ayası boyu 4–8 mm olan bir türdür (Tablo 2). Ayrıca takson, muhtemelen bir Yunanistan endemiğidir (Strid, 1997).

Tablo 2. *Dianthus cinnamomeus* ve *D. pallens*'in farklı ve benzer taksonomik karakterleri.

Karakterler	<i>D. cinnamomeus</i>	<i>D. pallens</i>
Gövde boyu	8–20(–35) cm	20–50 cm
Gövde tüyü	tüysüz veya bazen altta tüylü	tüysüz
Gövde düğüm sayısı	3–6 adet	5–7 adet
Gövde yaprağı boyu	en fazla 30 mm	30–70 mm
Kısır sürgün yaprakları	var	yok
Kaliks pulu sayısı	4 adet	4–6 adet
Kaliks pulu x Kaliks oranı	kaliks pulu kaliksin c. 1/3'ü kadar	kaliks pulu kaliksin c. 1/3'ü kadar
Kaliks boyu ve eni	13–19(–22) × 4–6 mm	15–31 × 3.5–5.5 mm
Kaliks dışı boyu	c. 4 mm	c. 3–6.5 mm
Petal ayası şekli	tersyumurtamsı	oblong-kuneat veya genişçe kuneat
Petal ayası boyu	4–8 mm	8–10 mm

Bu çalışma kapsamında Karaman civarından toplanan örneklerde ise (Hamzaoğlu 6771, GAZI); kısır sürgün yok, yapraklar 30–70 mm boyunda, kaliks boyu 15–31 mm, kaliks dışı boyu c. 3–6.5 mm ve petal ayası boyu 8–10 mm'dir (Tablo 2). Yunanistan Florası dikkate alınarak incelendiğinde, Karaman örneklerinin *D. pallens* ile örtüştüğü görülmüştür. Ayrıca Yunanistan Florası'nda yer alan *D. cinnamomeus* betimlemesinde “petaller çoğunlukla kaliks içinde kalır” şeklinde bir ifade kullanılmamıştır (Strid, 1997). Reeve (1967) tarafından bir fark olarak ileri sürülen bu karakter, muhtemelen sadece Heldreich'in Karaman'dan topladığı örneğe dayanılarak belirlenmiştir.

Ayrıca, Türkiye Florası'nda *D. cinnamomeus*'un tip yeri olarak “Laconia [Greece], Asia Minor,

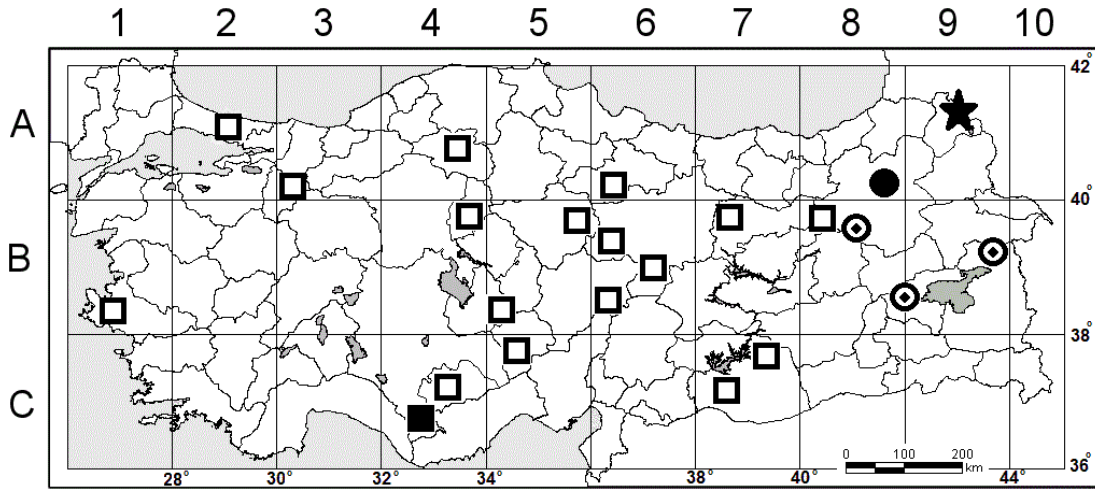
Cyprus & Byzantium” adresleri verilmiştir (Reeve, 1967). Yunanistan Florası'nda, bu tip adreslerin muhtemelen tümünün hatalı olduğu ve türü tanımlayan Sibthorp'un ilk örnekleri büyük ihtimalle Naxos adasından (Yunanistan) topladığı belirtilmiştir. Karaman örnekleri içinse, türün yayılış alanının dışında bulunduğu ve doğrulanmaya muhtaç olduğu değerlendirilmesi yapılmıştır (Strid, 1997). Bu çalışmada Karaman popülasyonunda detaylı inceleme yapılmış ve bunların *D. pallens* olduğuna karar verilmiştir. *D. pallens*, batıda İstanbul, Bilecik ve İzmir'den başlayıp, doğuda Anadolu Çaprazına kadar devam eden geniş bir yayılışa sahiptir (Şekil 3). Bulgular ışığında, *D. cinnamomeus* türünün ülkemizde yayılış göstermediği ve Türkiye Florası'na hatalı bir değerlendirme sonucu eklendiği sonucuna varılmıştır.



Şekil 1. *Dianthus pallens*'in Karaman popülasyonu (Hamzaoğlu 6771). A- kaliks içinde kremi petaller, B- kaliks içinde tarçın-kırmızısı petaller, C- kaliks dışında kremi petaller, D- kısır sürgünü olmayan gövde tabanı (Ölçek: A, B ve C; 1 cm, D; 2 cm).



Şekil 2. *Dianthus pallens*'in İstanbul popülasyonu (Hamzaoğlu 6387). A- kaliks içinde tarçın-kırmızısı petaller, B- kaliks dışında tarçın-kırmızısı petaller C- kaliks dışında kremi petaller (Ölçek; 1 cm).



Şekil 3. *Dianthus pallens* (□), *D. plumbeus* (⊙) ve *D. seguieri* (★)'nin Türkiye'deki bilinen veya muhtemel yayılışı [Türkiye Florası'nda *D. cinnamomeus* olarak atıf yapılan *D. pallens* (■) ve *D. schemachensis* olarak atıf yapılan *D. plumbeus* (●) örnekleri].

3.2 *Dianthus schemachensis* Schischk., Trud. *Geo. Obsl. Pastb. S.S.R. Azerb., Baku, Ser. A(7): 90 (1931).*

Taksonun Türkiye Florası'ndaki varlığı Calvert ve Zohrab'ın "Armenia (probably Erzurum)" adresli örneğine dayandırılmıştır (Reeve, 1967). Örneğin E sanal herbaryumunda bulunan yüksek çözünürlüklü fotoğrafı detaylı olarak incelenmiştir (URL-1, 2018). Üzerinde "E00493178" barkod numarası bulunan örnek, Calvert ve Zohrab tarafından *D. longicaulis* Ten. olarak yanlış teşhis edilmiştir. *D. longicaulis* Hırvatistan, İtalya,

Fransa ve İspanya'da yayılış gösteren bir taksondur (Tutin ve Walters, 1993). Bu örnek Reeve (1967) tarafından *D. schemachensis* olarak değerlendirilmiştir (Tablo 1).

Erzurum civarında yapılan arazi çalışmasında, "Pasinler, Demirdöven-Yayla köyleri arası" adresinden bazı ilginç *Dianthus* örnekleri toplanmıştır (Tablo 1). Türkiye Florası dikkate alınarak incelendiğinde, bunların Reeve (1967) tarafından *D. schemachensis* olarak değerlendirilen örnekle aynı olduğu görülmüştür (Şekil 4).



Şekil 4. *Dianthus plumbeus*'in Erzurum populasyonu (Hamzaoğlu 6851). A ve B- kaliks pulu 2 ve 4 adet, petal kremsi, C ve D- 3 veya 5 çiçekli gövde (Ölçek: A ve B; 1 cm, C ve D; 5 cm).

Rus Florası'na (Schischkin, 1985) göre; bir Azerbaycan endemiği olan *D. schemachensis*'te gövdeler 5–18 cm boyunda ve genellikle tek çiçekli, yapraklar 2–3 cm boyunda, kaliks pulları 4 adet ve 5–6 mm boyunda, petal ayası 6–8 mm boyunda ve koyu mor renktedir (Tablo 3). Erzurum'dan toplanan örneklerde ise; gövdeler 35–55 cm boyunda ve 3–5(–7)-çiçekli, yapraklar 5–9 cm boyunda, kaliks pulları 2–4 adet ve 7–15 mm boyunda, petal ayası 9–13 mm boyunda ve kremsi beyaz renktedir (Tablo 3, Şekil 4). Bu bulgular ışığında; Reeve (1967) tarafından *D. schemachensis* olarak değerlendirilen “Calvert ve

Zohrab” örneğinin *D. plumbeus* Schischk. olduğuna, *D. schemachensis* türünün Türkiye'de yayılış göstermediğine ve floraya hatalı bir değerlendirme sonucu eklendiğine karar verilmiştir. *D. plumbeus* Anadolu Çaprazının doğusunda Erzurum, Bitlis ve Van civarlarında yayılış gösteren bir Türkiye endemiğidir (Şekil 3).

Taksonun Türkiye Florası'ndaki varlığı, Kafkasya Florası (Grossheim, 1945) adlı eserin 3. cildinde yer alan 327 nolu haritaya dayanmaktadır. Bu haritada Grossheim, *Dianthus discolor* Sm.'un yayılışını vermiştir (Şekil 5).

Tablo 3. *Dianthus schemachensis* ve *D. plumbeus*'un farklı ve benzer taksonomik karakterleri.

Karakterler	<i>D. schemachensis</i>	<i>D. plumbeus</i>
Gövde boyu	5–18 cm	35–55 cm
Gövde tüyü	tüysüz veya bazen altta tüylü	tüysüz
Gövde çiçek sayısı	genellikle tek çiçekli	3–5(–7)-çiçekli
Gövde düğümarası boyu	c. 1 cm	4–7 cm
Gövde yaprağı boyu ve eni	20–30 × 1–3 mm	50–90 × 1.5–2.5 mm
Kaliks pulu sayısı	4 adet	2–4 adet
Kaliks pulu boyu	5–6 mm	7–15 mm
Kaliks şekli	oblong, silindirik	mızraksı
Kaliks boyu ve eni	21–30 × 5–6 mm	17–25 × 4–6 mm
Kaliks dişi şekli	mızraksı	geniş üçgensel
Petal ayası şekli	geniş yumurtamsı veya yuvarlağımsı	tersyumurtamsı
Petal ayası boyu ve eni	6–8 × 5 mm	9–13 × 5–8 mm
Petal ayası rengi	koyu mor	kremsi beyaz

3.3. *Dianthus seguieri* Vill., *Prosp. Hist. Pl. Dauphiné*, 48 (1779).

D. discolor Türkiye Florası'nda *D. seguieri* altında sinonim yapıldığı için, taksonun ülkemizde varlığından bahsedilmektedir (Reeve, 1967). Rus Florası'nda *D. discolor*'un (*D. seguieri*) habitat bilgisi olarak "Caucasian Mountains, alpine and subalpine meadows, clearings, and mountain woods" yazılmıştır (Schischkin, 1985). *Dianthus* cinsinin Doğu ve Kuzeydoğu Anadolu'da yayılış gösteren taksonları üzerine yapılan taksonomik çalışmada, *D. seguieri* (*D. discolor*) türüne ait örneklerin toplanmadığı belirtilmiştir (Dalcı, 1986).

Kafkasya Florası'nda verilen *D. discolor* (*D. seguieri*) türüne ait yayılış haritasında Türkiye siyasi sınırları yoktur. Bu nedenle, türün varlığını gösteren noktanın Türkiye içinde olup-olmadığı belirgin değildir (Grossheim, 1945). Güncel ve benzer ölçekli haritalar dikkate alınarak, Grossheim'in 327 numaralı haritası dikkatli bir şekilde incelenmiş ve yorumlanmıştır. Yapılan değerlendirme sonucu, türün Ardahan ili Çıldır-Damal-Posof ilçeleri arasında bir yerde olabileceği sonucuna varılmıştır (Şekil 5). Bu çıkarımdan sonra, gerek tespit edilen tahmini alan ve gerekse Gürcistan sınırına yakın uygun alanlar (alpin ve subalpin çayırlar) detaylı olarak taranmış, ancak maalesef türe ait örnek bulunamamıştır.

D. discolor'un (*D. seguieri*) Rus Florası'nda verilen betimlemesi incelendiğinde, Türkiye Florası'nda yer alan *D. masmenaeus* Boiss. var. *glabrescens* Boiss.'e habit olarak benzediği görülür. Ancak *D. discolor*'da (*D. seguieri*) kaliks 6–7 mm eninde, petal c. 30 mm boyunda ve petal ayası 15 mm enindedir (Schischkin, 1985). Oysaki *D. masmenaeus* var. *glabrescens*'te kaliks 2–3.5 mm eninde, petal boyu daha kısa ve eni daha dardır (Reeve, 1967). Bu nedenle Grossheim tarafından tespit edilen örneğin *D. masmenaeus* var. *glabrescens*'e ait olma ihtimali oldukça zayıftır. Bu durumda iki ihtimal vardır; birincisi Kafkasya Florası'ndaki 327 nolu haritada "Çıldır-Damal-Posof" civarına koyulmuş işaretin, gerçekte olması gereken yerden biraz daha batıda olmasıdır. Zira ilgili harita incelendiğinde, haritanın oldukça küçük olduğu ve *D. discolor*'un (*D. seguieri*) sınırlarımıza çok yakın yerlerde bulunduğu rahatlıkla görülmektedir (Şekil 5). İkinci ihtimal ise; türün Türkiye'de bulunduğu, ancak yapılan tüm çalışmalara rağmen henüz tespit edilememiş olmasıdır (Dalcı, 1986; Ocakverdi, 1994, 2001). Sonuç olarak; ilgili

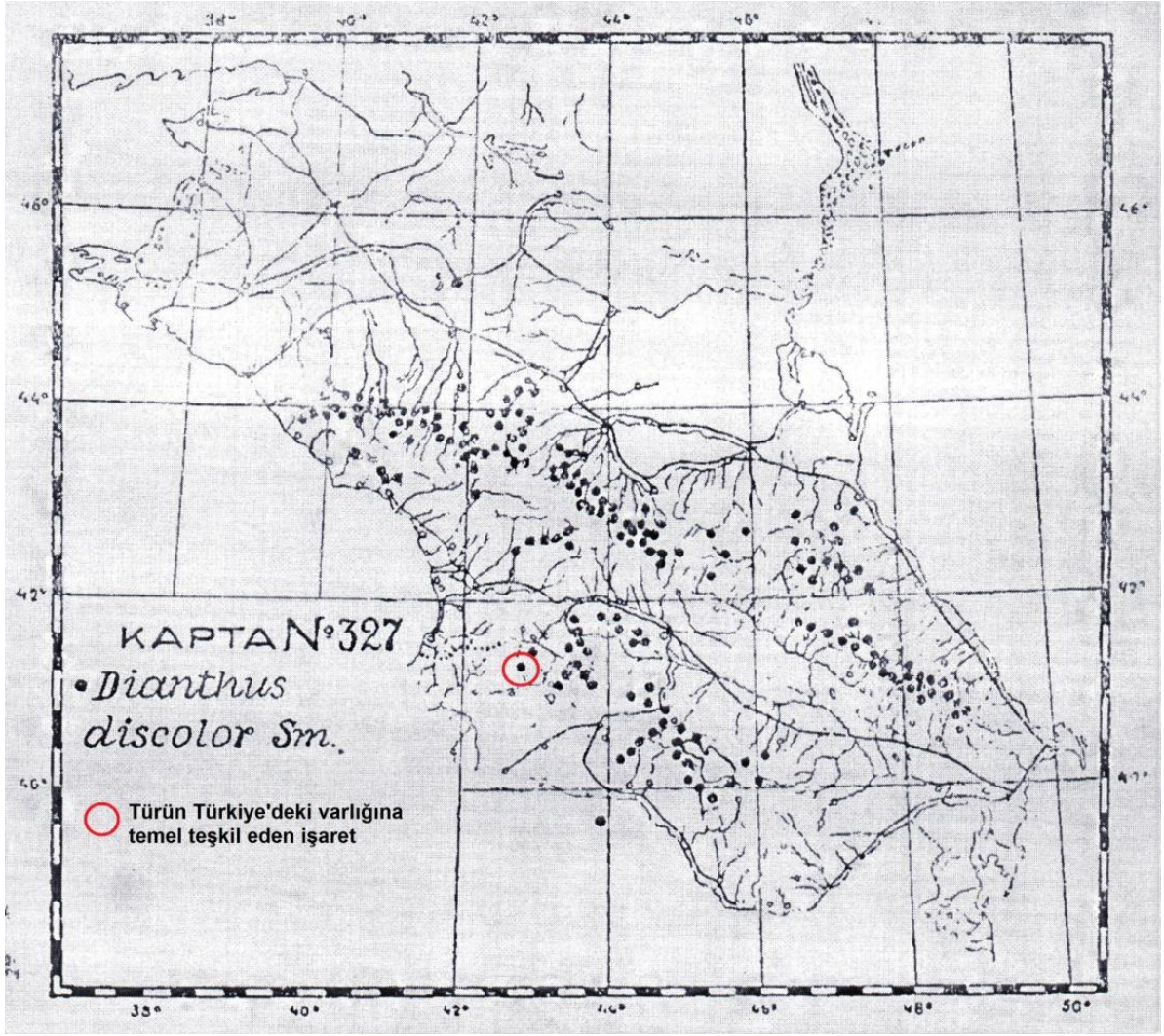
literatürler, habitat benzerliği ve yayılış alanı dikkate alınarak türün Türkiye'deki varlığının şüpheli olduğuna karar verilmiştir. Hâlihazırda, toplanmış örneği olmamasına karşın, türün Türkiye'de bulunma ihtimalinin yüksek olduğu düşünülmektedir.

İncelenen İlave Örnekler

Dianthus pallens – Türkiye. **A2** İstanbul: Üsküdar, Büyük Çamlıca, Kısıklı ile zirve arası, 8.7.1971, *Demiriz & Özhatay 384* (ISTO); Kartal, Aydos Dağı, verici civarı, 485 m, 28.6.2012, orman açıklığı, *Hamzaoglu 6387* (GAZI); **A4** Çankırı: Korgun-Ilgaz arası, 950 m, *Quercus* sp. ormanı, 19.7.1993, *A.A.Dönmez 3570* (HUB); **A6** Tokat: Artova-Aktaş arası, Sineburnu Tepesi, c. 1300 m, *Quercus* sp. ormanı, 16.7.1979, *R.İlarlan 712* (ANK; ISTO); **B1**: [İzmir] In Asia Minor prope Smyrnam, *Siphthorp s.n.*; **B2** Bilecik: Kandilli, 1890 (Hb. Post); **B4** Kırkkale: Keskin, mezarlık içi, 1110 m, 11.7.2013, *Hamzaoglu 6855* (GAZI); **B5** Yozgat: Akdağmadeni, Gemerek-Kızılcaova arası, 1670 m, orman açıklığı, 21.8.2013, *Hamzaoglu 6995* (GAZI); Aksaray: Güzelyurt, İhlara köyü, İhlara Vadisi girişi civarı, 1200-1300 m, 26.5.2007, *Hamzaoglu 4568* (GAZI); **B6** Kayseri: Tomarza, Arslantaş köyü yakınları, 1800 m, 12.7.2012, *Quercus* açıklığı, *Hamzaoglu 6475* (GAZI); Sivas: Şarkışla batısı, 1510 m, 17.7.2010, jipsli tepeler, *Hamzaoglu 5869* (GAZI); **B7** Erzincan: Refahiye-Gölova arası, 1585 m, *Quercus* açıklığı, 1.7.2013, *Hamzaoglu 6784* (GAZI); **B8** Erzincan: Tercan-Aşkale arası, Yakacık köyü çıkışı, kayalık otlu yamaçlar, 1570 m, 2.7.2013, *Hamzaoglu 6787* (GAZI); **C4** Karaman: Bucakkışla-Ermenek arası, 1260 m, 27.7.2012, *Quercus* açıklığı, *Hamzaoglu 6536* (GAZI); **C5** Niğde: Fesleğen köyü kuzeyi, Andırmusa Dağı etekleri, 1800 m, 7.7.2012, kayalıklar, *Hamzaoglu 6417* (GAZI); **C7** Şanlıurfa: Şanlıurfa-Gaziantep arası otoyolu, c. 20. km, 820 m, 25.5.2013, taşlı yamaçlar, *Hamzaoglu 6692* (GAZI). *Dianthus plumbeus* – Türkiye. **A8** Erzurum: Çat yolu, Taşlıgüney köyünün 2 km güneybatısı, 2000-2050 m, 4.8.1975, *M.Dalcı 390* (OMUB); [Bitlis] In querceto supra pag. Czuchur-Norschen [Güroymak], c. 1400 m, 14.5.1916, *Schischkin s.n.* (LE); **B9** Van: Muradiye, Şelale civarı, c. 1900 m, 3.6.1986, *Ö.Seçmen 3815* (EGE).

Teşekkür

Bu çalışmanın materyalleri, TÜBİTAK tarafından desteklenen KBAG-111T873 kodlu proje kapsamında toplanmıştır. Desteklerinden dolayı TÜBİTAK'a teşekkür ederiz.



Şekil 5. Kafkasya Florası'nda *Dianthus discolor* için verilen yayılış haritası (Grossheim, 1945).

Kaynaklar

- Dalci, M., 1986. Morphological studies and new synonyms of some species in *Dianthus* L. DOĞA Turkish Journal of Biology (Botany), 10(2), 138-159.
- Grossheim, A.A., 1945. Flora Kavkaza. Akademiia Nauk SSSR, Moscow, Vol. 3, 278-295pp.
- Hamzaoğlu, E. ve Koç, M., 2018. Presence of *Dianthus glutinosus* in Turkey and new variety of this species. Biological Diversity and Conservation, 11(3), 149-152.
- Hamzaoğlu, E., Koç, M., Büyük, İ., Aksoy, A. ve Soydam Aydın, S., 2015. Presence of *Dianthus roseoluteus* Velen. (Caryophyllaceae) in Turkey and a new species: *Dianthus macroflorus* Hamzaoğlu. Systematic Botany, 40(1), 208-213.
- Mabberley, D.J., 2008. Mabberley's Plant-book: a portable dictionary of plants, their classification and uses. Cambridge University Press, Cambridge, third edition, 1021p.
- Ocakverdi, H., 1994. Akyaka, Arpaçay, Melikköy ve Değirmenköprüküy Yaylaları (Kars) ile Sovyet sınırı arasında kalan bölgenin bitki sosyolojisi ve ekolojisi yönünden araştırılması. Turkish Journal of Botany, 18(4), 245-265.
- Ocakverdi, H., 2001. Flora of the Mount Kısır (Kars and Ardahan) and nearest environs. Turkish Journal of Botany, 25(5), 311-234.
- Rechinger, K.H., 1988. *Dianthus* L. (Flora Iranica, Akademische Druck-u Verlagsanstalt, Graz: Ed. Rechinger, K.H.) Caryophyllaceae II, 128-188pp.
- Reeve, H., 1967. *Dianthus* L. (Flora of Turkey and the East Aegean Islands, Edinburgh University Press, Edinburgh: Ed. Davis, P.H.) Vol. 2, 99-131pp.
- Schischkin, B.K., 1985. *Dianthus* L. (Flora of the U.S.S.R., Bishen Singh Mahendra Pal Singh & Koeltz Scientific Books, Dehra Dun: Ed. Schischkin, B.K.) Vol. 6, 611-654pp.

Strid, A., 1997. *Dianthus* L. (Flora Hellenica, Koeltz Scientific Books, Königstein: Eds. Strid, A. ve Tan, K.) Vol. 1, 343-372pp.

Tutin, T.G. ve Walters, S.M., 1993. *Dianthus* L. (Flora Europaea, Cambridge University Press, Cambridge: Eds. Tutin, T.G., Burges, N.A., Edmondson, J.R., Heywood, V.H., Chater,

A.O., Moore, D.M., Akeroyd, J.R., Valentine, D.H., Mill, R.R., Walters, S.M., Webb, D.A. ve Newton, M.E.) Vol. 1, 227-246pp.

URL-1, <http://data.rbge.org.uk/herb>. 25.12.2018.

Williams, F.N., 1893. A monograph of the genus *Dianthus*. Botanical Journal of the Linnean Society, 29(203), 346-378.

I-Dizisel Hausdorff Uzaylar

I-Sequentially Hausdorff Spaces

Hürmet Fulya AKIZ*

Bozok Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Matematik Bölümü, 66900, Yozgat

• Geliş tarihi / Received: 03.04.2019 • Düzeltilerek geliş tarihi / Received in revised form: 22.05.2019 • Kabul tarihi / Accepted: 03.06.2019

Öz

Bu çalışmada öncelikle *I*-dizisel sürekli, *I*-dizisel açık ve *I*-dizisel kapalı fonksiyonlar tanıtılmıştır. Daha sonra, Hausdorff uzaylardan daha geniş bir yapı olan *I*-dizisel Hausdorff uzayların tanımı ve bazı özellikleri verilmiştir.

Anahtar kelimeler: Hausdorff uzaylar, *I*-dizisel açık küme, *I*-dizisel kapalı küme

Abstract

In this study, we first introduce the notions of I-sequentially continuous, I-sequentially open and I-sequentially closed functions. We also give the definition and some properties of a I-sequentially Hausdorff space, which is a wider structure than a Hausdorff space.

Keywords: Hausdorff spaces, *I*-sequentially open set, *I*-sequentially closed set

* Hürmet Fulya AKIZ; fulya.gencel@bozok.edu.tr; Tel:(0354) 242 10 21-2578; orcid.org/0000-0002-8547-2175

1. Giriş

Reel sayılar kümesindeki yakınsaklık kavramı istatistiksel yakınsaklık kavramına genişletilmiştir (Fast, 1951; Schoenberg, 1959). \mathbb{N} , doğal sayılar kümesinin bir alt kümesi K olmak üzere, $|K_n|$, $K_n = \{k \in K: k \leq n\}$ kümesinin eleman sayısını gösterebilir. Bu durumda

$$d(K) = \lim_{n \rightarrow \infty} \frac{|K_n|}{n}$$

limiti mevcut ise bu limit değeri K kümesinin yoğunluğu olarak tanımlanır (Niven, 1980; Halberstem ve Roth, 1993).

(x_n) reel terimli bir dizi olmak üzere her $\varepsilon > 0$ için

$$K(\varepsilon) = \{k \in K: |x_k - l| \geq \varepsilon\}$$

kümesinin doğal yoğunluğu sıfıra eşit ise (x_n) dizisi l değerine istatistiksel yakınsaktır denir (Fast, 1951; Schoenberg, 1959).

Daha önce bir topolojik uzayda dizisel açık ve dizisel kapalı kümeler yardımıyla birçok özellik yeniden ele alınmıştır. Bu tanımlar geliştirilerek G -yakınsaklık kavramı ile topolojik uzaylarda G -dizisel açık küme, G -dizisel kapalı küme, G -dizisel süreklilik, G -dizisel irtibatlılık gibi konular incelenmiştir (Çakallı, 2011, 2012; Çakallı ve Mucuk, 2013; Mucuk ve Şahan, 2014). Bu çalışmalarda elde edilen sonuçlar, birinci sayılabilirlik aksiyomunu sağlayan Hausdorff topolojik gruplar içindir.

Reel sayılardaki istatistiksel yakınsaklık kavramı bir I ideali yardımıyla I -yakınsaklık kavramına genişletilebilir. Bu alanda istatistiksel yakınsaklık ve I -yakınsaklık kavramları ile ilgili tanım ve teoremler verilmiştir (Kostyrko vd., 2001, 2005).

Pal (2014) ise bir I ideali yardımıyla I -dizisel açık ve I -dizisel kapalı kümeleri tanımlamıştır. Ayrıca topolojik uzaylarda I -dizisel kompaktlık kavramı ve bazı özellikleri verilmiştir (Banerjee ve Banerjee, 2015).

Dizisel açık kümeler yardımıyla yapılan dizisel Hausdorff uzay tanımı, bu uzayların Hausdorff uzaylarla ilişkisi ve bazı özellikleri Akız ve Koçak (2019) da verilmiştir.

Bu çalışmada, ilk olarak I -dizisel açık ve I -dizisel kapalı fonksiyonlar tanıtılmıştır. Daha sonra I -dizisel açık kümeler yardımıyla, Hausdorff uzay

kavramından daha geniş olan I -dizisel Hausdorff uzayların tanımı ve bazı özellikleri verilmiştir.

2. Temel Tanım ve Teoremler

2.1. Tanım: X boştan farklı bir küme $I \subset 2^X$ sınıfı X in alt kümelerinin bir sınıfı olsun. Bu durumda aşağıdaki şartlar sağlanıyor ise I ya X in bir ideali denir.

- (i) $A, B \in I$ ise $A \cup B \in I$,
- (ii) $A \in I, B \subset A$ ise $B \in I$ dir.

Eğer $I \neq \{\emptyset\}$ ve $X \notin I$ ise I ya aşık olmayan ideal denir. Eğer I her tek nokta kümesini içeriyor ise I ya uygun ideal denir (Kostyrko vd., 2001).

Bundan sonra X bir topolojik uzay ve I da \mathbb{N} doğal sayılar kümesinin bir aşık olmayan ideali olarak kabul edilecektir.

2.2. Tanım: (x_n) , X de bir dizi, $x \in X$ ve $I \subset 2^{\mathbb{N}}$ aşık olmayan bir ideal olsun. Eğer x in her U açık komşuluğu için $\{n \in \mathbb{N}: x_n \notin U\} \in I$ ise (x_n) dizisi x elemanına I -yakınsaktır denir (Lahiri ve Das, 2005).

Bu durumda x noktasına (x_n) dizisinin I -limiti denir ve $I - \lim x_n = x$ olarak gösterilir.

2.3. Not: Eğer I bir uygun ideal ise bu durumda yakınsaklık kavramı I -yakınsaklığı gerektirir. Eğer I ideali yalnızca sonlu küme içeriyor ise bu ifadenin tersi de doğrudur.

2.4. Tanım: $O \subseteq X$ ve $I \subset 2^{\mathbb{N}}$ aşık olmayan bir ideal olsun. Eğer I -limiti O da iken kendisi O^c de olan bir dizi yoksa O kümesine I -dizisel açık küme denir (Pal, 2014).

2.5. Tanım: $O \subseteq X$ ve $I \subset 2^{\mathbb{N}}$ aşık olmayan bir ideal olsun. (x_n) , K da bir dizi ve $I - \lim x_n = x$ iken $x \in K$ ise K ya I -dizisel kapalı küme denir (Pal, 2014).

2.6. Önerme: Her açık küme I -dizisel açıktır.

İspat: $A \subseteq X$ açık bir küme, (x_n) dizisi A^c da bir dizi ve $y \in A$ olsun. Bu durumda $y \in U \subseteq A$ olacak şekilde bir U açık komşuluğu vardır. U kümesi (x_n) dizisinin hiçbir terimini içermez. Dolayısıyla (x_n) dizisi y noktasına I -yakınsak değildir. O halde A kümesi I -dizisel açıktır.

Bu önermenin tersinin doğru olmadığı aşağıdaki örnekte görülür.

2.7. Örnek: \mathbb{R} , reel sayılar kümesi üzerinde $\tau = \{G \subseteq \mathbb{R}: G^c \text{ sayılabilir}\} \cup \{\emptyset\}$ tümleyeni sayılabilir topolojisini göz önüne alalım. Bu topolojiye göre bir $A \subseteq \mathbb{R}$ kapalıdır ancak ve ancak ya $A = \mathbb{R}$ ya da A sayılabilir. (x_n) , I -limiti y olan bir dizi olsun. Bu durumda $(\mathbb{R} \setminus \{x_n: n \in \mathbb{N}\}) \cup \{y\}$ kümesi y nin bir açık komşuluğu olup dizinin sonsuz terimini içermelidir. Bu topolojiye göre bir dizinin yakınsak olması için belli bir indisten sonra terimlerinin sabit olması yani $x_n = y$ olması gerekir. Dolayısıyla A daki bir dizi ancak A nın bir elemanına yakınsayabilir ve A kümesi I -dizisel açıktır. Yani bu topolojiye göre her küme I -dizisel açıktır. Fakat her alt küme açık değildir.

3. I -Dizisel Hausdorff Uzaylar ve Özellikleri

Bu bölümde, ilk olarak I -dizisel açık komşuluk, I -dizisel sürekli fonksiyon, I -dizisel açık ve I -dizisel kapalı fonksiyon kavramları tanıtılacaktır. Daha sonra Hausdorff uzay kavramından daha geniş olan I -dizisel Hausdorff uzay tanımı ve onun bazı özellikleri verilecektir.

3.1. Tanım: X bir topolojik uzay ve $I \subset 2^{\mathbb{N}}$ aşık olmayan bir ideal olsun. Eğer bir $a \in X$ için $a \in O \subseteq A$ olacak şekilde I -dizisel açık olan bir O kümesi varsa A ya a elemanının bir I -dizisel açık komşuluğu denir.

3.2. Teorem: X bir topolojik uzay ve $I \subset 2^{\mathbb{N}}$ aşık olmayan bir ideal olsun. X de I -dizisel kapalı olan bir kümenin tümleyeni I -dizisel açıktır.

İspat: $F \subseteq X$ kümesi I -dizisel kapalı olsun. F^c nin I -dizisel açık olduğunu göstermek gerekir. $x \in F^c$ ve (x_n) , F de bir dizi ve $I - \lim x_n = x$ olsun. F , I -dizisel kapalı olduğundan $x \in F$ olmalıdır. Bu ise çelişkidir. O halde F^c deki bir elemana I -yakınsak olan ve F de bulunan bir dizi yoktur. F^c , I -dizisel açıktır.

3.3. Tanım: X ve Y topolojik uzaylar, $f: X \rightarrow Y$ bir fonksiyon ve $x \in X$ olsun. Eğer $I - \lim x_n = x$ olacak şekilde her (x_n) dizisi için $I - \lim f(x_n) = f(x)$ ise f fonksiyonuna I -dizisel sürekli denir.

3.4. Önerme: Sürekli bir fonksiyon I -dizisel sürekli dir.

İspat: $f: X \rightarrow Y$ fonksiyonu sürekli olsun. (x_n) , X de bir dizi ve $I - \lim(x_n) = x$ olsun. Bu durumda $I - \lim f(x_n) = f(x)$ olduğunu

göstermek gerekir. f sürekli olduğundan, $f(x)$ in her V açık komşuluğu için x elemanının $f(U) \subseteq V$ olacak şekilde bir U açık komşuluğu vardır. $I - \lim(x_n) = x$ olduğundan $\{n \in \mathbb{N}: x_n \notin U\} \in I$ dir. Buradan $f(x)$ in V açık komşuluğu için $\{n \in \mathbb{N}: f(x_n) \notin f(U) \subseteq V\} \in I$ olup $I - \lim f(x_n) = f(x)$ dir.

Bu önermenin tersinin doğru olmadığına dair aşağıdaki örnek verilebilir.

3.5. Örnek: \mathbb{R} , reel sayılar kümesi üzerinde U alışımlı topolojisi ve

$\tau = \{G \subseteq \mathbb{R}: G^c \text{ sayılabilir}\} \cup \{\emptyset\}$ tümleyeni sayılabilir topolojisini göz önüne alınsın.

$f: (\mathbb{R}, \tau) \rightarrow (\mathbb{R}, U)$, $x \mapsto x$ fonksiyonu I -dizisel sürekli olmasına rağmen sürekli değildir.

3.6. Tanım: X ve Y topolojik uzaylar, $f: X \rightarrow Y$ bir fonksiyon olsun. Eğer X deki her I -dizisel açık kümenin görüntüsü Y de I -dizisel açık ise f fonksiyonuna I -dizisel açık fonksiyon denir.

3.7. Tanım: X ve Y topolojik uzaylar, $f: X \rightarrow Y$ bir fonksiyon olsun. Eğer X deki her I -dizisel kapalı kümenin görüntüsü Y de I -dizisel kapalı ise f fonksiyonuna I -dizisel kapalı fonksiyon denir.

3.8. Tanım: X bir topolojik uzay olsun. Farklı her nokta çifti $x, y \in X$ için, $x \in O$, $y \in P$ ve $O \cap P = \emptyset$ olacak şekilde I -dizisel açık olan O ve P kümeleri varsa X uzayına I -dizisel Hausdorff uzay denir.

3.9. Örnek: \mathbb{R} , reel sayılar kümesi üzerinde $\tau = \{G \subseteq \mathbb{R}: G^c \text{ sayılabilir}\} \cup \{\emptyset\}$ tümleyeni sayılabilir topolojisine göre I -dizisel Hausdorff uzaydır. Bu uzayda her küme I -dizisel açık olduğundan $O = \{x\}$ ve $P = \{y\}$ kümeleri sırasıyla x ve y yi içeren I -dizisel açık kümelerdir. Aynı zamanda $O \cap P = \emptyset$ olduğundan bu uzay I -dizisel Hausdorff tur.

3.10. Örnek: En az iki elemanlı bir X kümesi, üzerinde tanımlanan diskre(ayrık) topolojiye göre I -dizisel Hausdorff tur.

3.11. Örnek: X boştan farklı bir küme olmak üzere, üzerindeki indiske(ayrık olmayan) topolojiye göre I -dizisel Hausdorff değildir. Çünkü bu uzayda I -dizisel açık olan tek küme X dir.

3.12. Örnek: \mathbb{R} , reel sayılar kümesi, üzerindeki alışılmış topolojiye göre I -dizisel Hausdorfftur.

3.13. Önerme: Bir X topolojik uzayı Hausdorff ise I -dizisel Hausdorfftur.

İspat: X topolojik uzayı Hausdorff olduğundan farklı her nokta çifti $x, y \in X$ için, $x \in O$, $y \in P$ ve $O \cap P = \emptyset$ olacak şekilde açık olan O ve P kümeleri vardır. Her açık küme aynı zamanda I -dizisel açık olduğundan O ve P kümeleri sırasıyla x ve y yi içeren I -dizisel açık kümelerdir.

Fakat bu ifadenin tersinin genelde doğru olmadığı aşağıdaki örnekten anlaşılabilir.

3.14. Örnek: \mathbb{R} , reel sayılar kümesi, tümleyeni sayılabilir topolojiye göre I -dizisel Hausdorfftur. Fakat bu uzay Hausdorff değildir.

3.15. Önerme: Her metrik uzay I -dizisel Hausdorfftur.

İspat: Her metrik uzay Hausdorff olup Önerme 3.11 den I -dizisel Hausdorfftur.

I -dizisel Hausdorff olan bir uzayın bir alt uzayıyla ilgili olan teoremi vermeden önce aşağıdaki önerme ispatlanacaktır.

3.16. Önerme: X bir topolojik uzay ve $A \subseteq X$ olsun. Bir $O \subseteq X$ kümesi I -dizisel açık ise $A \cap O$ kümesi de A üzerindeki alt topolojiye göre I -dizisel açıktır.

İspat: A kümesi, üzerindeki alt topoloji ile göz önüne alınsın. $a \in A \cap O$ ve (x_n) dizisi $(A \cap O)^c$ de bir dizi olsun. Bu durumda (x_n) , $A^c \cap O^c$ de bir dizidir. (x_n) in A da bir dizi olduğundan, bu gösterir ki dizinin terimleri O^c de bulunmaz. O , I -dizisel açık olduğundan (x_n) dizisi a elemanına I -yakınsak olamaz. O halde $A \cap O$ kümesi I -dizisel açıktır.

3.17. Önerme: X uzayı I -dizisel Hausdorff uzay ve $A \subseteq X$ olsun. A kümesi de üzerindeki alt topoloji ile beraber I -dizisel Hausdorff uzaydır.

İspat: $a, b \in A \subseteq X$ olsun. X uzayı I -dizisel Hausdorff olduğundan $a \in O$, $b \in P$ ve $O \cap P = \emptyset$ olacak şekilde I -dizisel açık olan O ve P kümeleri vardır. Önerme 3.14. den $A \cap O$ ve $A \cap P$ kümeleri sırasıyla a ve b yi kapsayan I -dizisel açık kümelerdir. $(A \cap O) \cap (A \cap P) = \emptyset$ olduğundan A üzerindeki alt topoloji I -dizisel Hausdorfftur.

Hausdorff uzaylarda iyi bilinen bir sonuç I -dizisel Hausdorff uzaylar için aşağıdaki şekilde gösterilebilir.

3.18. Teorem: I -dizisel Hausdorff bir uzayda I -yakınsak bir (x_n) dizisinin I -limiti tektir.

İspat: (x_n) dizisi için $I - \lim x_n = x$ ve $I - \lim x_n = y$ olacak şekilde farklı $x, y \in X$ elemanları olsun. X uzayı I -dizisel Hausdorff olduğundan x ve y yi içeren O ve P ayrık I -dizisel açık kümeleri vardır. $I - \lim x_n = x$ olduğundan $\{n \in \mathbb{N}: x_n \notin O\} \in I$ olup (x_n) dizisinin ancak sonlu terimi O nun dışındadır. Benzer şekilde $I - \lim x_n = y$ olduğundan $\{n \in \mathbb{N}: x_n \notin P\} \in I$ olup (x_n) dizisinin ancak sonlu terimi P nun dışındadır. Bu durumda $O \cap P \neq \emptyset$ olur. Bu ise kabuldeki ifade ile çelişir. O halde $x = y$ dir.

Hausdorff uzay olma kavramı bir topolojik özelliktir (Mucuk, 2010). I -dizisel Hausdorff olma kavramının da belli şartlar altında korunduğu aşağıda teoremden görülebilir.

3.19. Teorem: X ve Y topolojik uzaylar ve $f: X \rightarrow Y$ fonksiyonu sürekli, birebir, örten ve I -dizisel açık olsun. Bu durumda X uzayı I -dizisel Hausdorff ise Y uzayı da I -dizisel Hausdorfftur.

İspat: Farklı nokta çifti $y_1, y_2 \in Y$ ele alınsın. f fonksiyonu birebir ve örten olduğundan $f(x_1) = y_1$ ve $f(x_2) = y_2$ olacak şekilde $x_1, x_2 \in X$ vardır ve $x_1 \neq x_2$ dir. X uzayı I -dizisel Hausdorff olduğundan, $x_1 \in G, x_2 \in H$ olacak şekilde ayrık G ve H I -dizisel açık komşuluklar vardır. f fonksiyonu I -dizisel açık olduğundan $f(G)$ ve $f(H)$ sırasıyla y_1 ve y_2 nin I -dizisel açık komşuluklarıdır. Buradan $f(G) \cap f(H) = f(G \cap H) = \emptyset$

3.20. Teorem: Bir X topolojik uzayında aşağıdaki ifadeler denktir:

- (i) X uzayı I -dizisel Hausdorfftur.
- (ii) $\Delta X = \{(x, x): x \in X\}$ diyagonal kümesi $X \times X$ in I -dizisel kapalı bir alt cümlesidir.
- (iii) $\Delta: X \rightarrow X \times X, x \rightarrow (x, x)$ diyagonal fonksiyonu I -dizisel kapalıdır.

İspat: (i) \Rightarrow (ii) sağlandığı gösterilsin. X uzayı I -dizisel Hausdorff uzay olsun. ΔX kümesinin I -dizisel kapalı olduğunu göstermek için $(\Delta X)^c$ kümesinin I -dizisel açık olduğu gösterilmelidir. $(x, y) \in (\Delta X)^c$ olsun. $x \neq y$ ve X uzayı I -dizisel Hausdorff olduğundan sırasıyla x ve y yi içeren O ve P ayrık I -dizisel açık kümeleri vardır. O, I -

dizisel açık olduğundan O^c da x e I -yakınsak olan bir dizi yoktur. Benzer şekilde P , I -dizisel açık olduğundan P^c de y elemanına I -yakınsak olan bir dizi yoktur. $O \times P \subseteq (\Delta X)^c$ kartezyen çarpım kümesi de (x, y) nin I -dizisel açık komşuluğudur. O halde ΔX de (x, y) ye yakınsayan bir dizi yoktur.

(ii) \Rightarrow (iii) sağlandığı gösterilsin. $\Delta X \subseteq X \times X$ I -dizisel kapalı olsun.

$\Delta: X \rightarrow X \times X, x \rightarrow (x, x)$ fonksiyonunun I -dizisel kapalı olduğunu göstermek için bir $K \subseteq X$ I -dizisel kapalı cümlesini göz önüne alınsın. $\Delta(K)$ nin I -dizisel kapalı olduğunu göstermek için $\Delta(K)^c$ nin I -dizisel açık olduğunu göstermek yeterli olacaktır.

Eğer $x \neq y$ ise $(x, y) \in (\Delta X)^c$ olur. X uzayı I -dizisel Hausdorff olduğundan x ve y yi içeren O ve P ayrık I -dizisel açık kümeleri vardır. O kümesi I -dizisel açık olduğundan O^c de x e I -yakınsak olan bir dizi yoktur. Benzer şekilde. P kümesi I -dizisel açık olduğundan P^c de y ye I -yakınsak olan bir dizi yoktur. $O \times P \subseteq (\Delta X)^c \subseteq \Delta(K)^c$ olduğundan $\Delta(K)$ da (x, y) ye I -yakınsak olan bir dizi yoktur. O halde $\Delta(K)^c$ nin I -dizisel açıktır.

Eğer $x = y$ ve $x \notin K$ olsun. K , I -dizisel kapalı ise K^c nin I -dizisel açık olduğunu göstermek yeterlidir. $x \in K^c$ için K da x e I -yakınsak olan bir dizi yoktur. O halde $\Delta(K)^c$ de (x, x) e I -yakınsak olan bir dizi yoktur. Yani $\Delta(K)^c$ açıktır.

(iii) \Rightarrow (i) sağlandığı gösterilsin.

$\Delta: X \rightarrow X \times X, x \rightarrow (x, x)$

fonksiyonu I -dizisel kapalı olsun. Farklı nokta çifti $x, y \in X$ alalım. Bu durumda $(x, y) \in (\Delta X)^c$ olur. $(\Delta X)^c$, I -dizisel açık olduğundan (x, y) ye I -yakınsak olan ve ΔX de bulunan bir dizi yoktur. Bu durumda $O \times P \subseteq (\Delta X)^c$ olacak şekilde sırasıyla x ve y yi içeren I -dizisel açık komşuluklar vardır. $(\Delta X)^c$ de O ve P nin ortak elemanı bulunmadığından $O \cap P = \emptyset$ dur. O halde X uzayı I -dizisel Hausdorff olur.

İspat: 4. Sonuç ve Öneriler

Topolojik ve kalıtsal bir özellik olan Hausdorff uzay kavramına benzer olarak, I -dizisel açık kümeler yardımıyla daha geniş bir yapı olan I -dizisel Hausdorff uzaylar kavramı tanımlanmıştır. Bu durumda Pal (2014) de tanımlanan I -dizisel Topolojik uzaylar göz önüne alınırsa, bu iki

kavramın birbirine denk olduğu görülür. I -dizisel Hausdorffluk da sürekli fonksiyonlar altında korunan bir özelliktir. Ayrıca Hausdorff uzaylar gibi kalıtsal özelliğe de sahiptir. Bu çalışmada elde edilen sonuçlar, diğer ayırma aksiyomları için de I -yakınsaklık kavramı yardımıyla yeniden ele alınıp incelenebilir.

Kaynaklar

- Akız, H. F. ve Koçak, L., 2019. Sequentially Hausdorff and Full Sequentially Hausdorff Spaces, Commun. Fac. Sci. Univ. Ank. Series A1, 68 (2), 1724-1732.
- Banerjee, A. K. ve Banerjee, A., 2015. A Note On I -Convergence and I^* -Convergence of Sequences and Nets In Topological Spaces, Matematicki Vesnik, 67(3), 212-221.
- Çakallı, H. ve Mucuk, O., 2013. On connectedness via a sequential method, Revista de la Union Matematica Argentina, 54 (2), 101-109.
- Çakallı, H., 2011. On G -continuity, Comput. Math. Appl., 61, 313-318.
- Çakallı, H., 2012. Sequential definitions of connectedness, Appl. Math. Lett., 25, 461-465.
- Fast, H., 1951. Sur la convergence statistique, Collog. Math. 2, 241-244.
- Halberstem, H. ve Roth, K. F., 1993. Sequences, Springer, New York.
- Kostyrko, P., Mačaj, M., Šalát, T. ve Sleziak, M., 2005. I -convergence and a external I -limit points, Math. Slovaca, 55 (4), 443-464.
- Kostyrko, P., Šalát, T. ve Wilczynski, W., 2001. I -convergence, Real Analysis Exch. 26 (2), 669-686.
- Lahiri, B. K. ve Das, P., 2005. I and I^* -convergence in topological spaces, Math. Bohemica, 130 (2), 153-160.
- Mucuk O. ve Şahan T., 2014. On G -Sequential Continuity, Filomat, vol.28, 1181-1189.
- Mucuk O., 2010. Topoloji ve Kategori, Nobel Yayınları, Ankara.
- Niven, I. ve Zuckerman, H. S., 1980. An introduction to the theory of numbers. 4th Ed., John Wiley, New York.
- Pal, S. K., 2014. I -Sequential Topological Spaces, Applied Mathematics E-notes, 14, 236-241.
- Schoenberg, I. J., 1959. The integrability of certain function and related summability methods. Am. Math. Mon. 66, 361-375.

Fotokapan Görüntülerinde Yerel Öznitelikler ile Nesne Tespiti

Object Detection on Camera-Trap Images with Local Features

Emrah ŞİMŞEK^{1,2,a}, Barış ÖZYER^{*2,b}, Gülşah TÜMÜKLÜ ÖZYER^{2,c}

¹Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Bilişim Sistemleri Mühendisliği Bölümü, 53020,Rize

²Atatürk Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü,25240, Erzurum

• Geliş tarihi / Received: 09.01.2019 • Düzeltilecek geliş tarihi / Received in revised form: 22.05.2019 • Kabul tarihi / Accepted: 19.06.2019

Öz

Fotokapanlar doğal ortamda yaşayan canlıların davranışlarını izlemek amacıyla yaygın olarak kullanılan cihazlardır. Fotoğraf ve video kaydı yapan bu cihazlar ile doğal görüntülerde yapılan nesne (hayvan veya insan) tespiti işlemi, arka planın karmaşık yapıda olması, ışık şiddeti yetersizliği, ışık şiddeti değişimi, nesnenin parçalı bulunması gibi nedenlerden dolayı zor bir problemdir. Ayrıca nesnenin hareketli olması, görüntü içerisinde bulunduğu konumun tespit edilmesini zorlaştırmaktadır. Son yıllarda kullanılan yerel öznitelikler konum bilgisi içerdiğinden, hem konumlandırma probleminde çözüm olmakta hem de yerel öznitelik dönüşüm yöntemlerinin içerdiği ölçek, dönme, afin dönüşümü, aydınlatma değişimi gibi zorluklara karşı değişmezlikler sayesinde daha başarılı tespit işlemi yapılabilmektedir. Bu çalışmada foto-kapan görüntülerinde yerel öznitelik dönüşüm yöntemleri olan Ölçek Değişmez Öznitelik Dönüşümü (Scale Invariant Feature Transform-SIFT), Hızlandırılmış Sağlam Öznitelikler (Speeded Up Robust Features-SURF), İkili Sağlam Bağımsız Temel Öznitelikler (Binary Robust Independent Elementary Features-BRIEF), Yönlendirilmiş Hızlı ve Sağlam Brief Öznitelikleri (Oriented Fast And Robust Brief-ORB), öznitelik eşleştirme yöntemlerinde kullanılarak nesne tespiti gerçekleştirilmiştir. Hatalı yerel öznitelik eşleşmelerinin elenmesi için yüzdelik ve medyan tabanlı aykırılık tespiti ile k-en yakın komşu öznitelik eleme yöntemleri kullanılmıştır. Çalışmada öznitelik dönüşüm yöntemleri ile elde edilen nesne tespit başarıları, eşleşen öznitelik sayıları, sınırlayıcı kutu büyüklükleri, elenen öznitelik sayıları ve bunların nesne tespit başarısına olan etkileri incelenmiştir.

Anahtar kelimeler: Fotokapan, Nesne Tespiti, ORB, SIFT, SURF, BRIEF, Yerel Öznitelikler

Abstract

Camera-traps are the devices that commonly used to monitor the behavior of living creatures in the natural environment. Object (animal or human) detection in the natural image or video by recorded these devices has difficulties such as cluttered background, inefficient light intensity, light intensity change or partial object presence. Furthermore, the fact that the object is moving makes it difficult to determine the position in the image. Since the local features used in recent years contain location information, it is a solution to the problem of localization as well as more successful detection can be made by the invariance of the scale, rotation, affine transformation, lighting change included in the local feature transformation methods. In this study, local feature description methods are used in camera-trap images, such as Scale Invariant Feature Transform (SIFT), Speeded-Up Robust Features-SURF, Binary Robust Independent Elementary Features (BRIEF), Oriented Fast and Robust Brief-ORB was performed with feature matching methods. Percentile and median based outlier detection methods and k nearest neighboring feature elimination methods were used to eliminate incorrect feature matches. In this study, the effect of feature description methods on object detection accuracies, number of matching features, bounding box sizes, number of eliminated features and their effects on object detection success were analyzed.

Keywords: Camera Trap, Object Detection, ORB, SIFT, SURF, BRIEF, Local Features

^{*b} Barış Özyer; baris.ozyer@atauni.edu.tr; Tel: 0 442 231 60 51; <https://orcid.org/0000-0003-0117-6983>

^a <https://orcid.org/0000-0002-1652-9553> ^c <https://orcid.org/0000-0002-0596-0065>

1. Giriş

Foto-kapanlar doğal ortamdaki canlı yaşamı hakkında bilgi toplanmasını sağlayan görüntü ve video kaydı yapan cihazlardır (Kays vd., 2010). Foto-kapan görüntüleri üzerinde bölgede canlıların tespit edilmesi, türlerinin ve nüfuslarının belirlenmesi gibi çalışmalar yapılmaktadır. Bu çalışmalarda, görüntülerde bulunan canlıların otomatik olarak tespit edilebilmesi için bilgisayarlı görme ve örüntü tanıma yöntemleri kullanılmaktadır. Bu yöntemler kullanılarak görüntüdeki hayvanlar ve insanlar otomatik olarak tespit edilmeye veya tanınmaya çalışılmaktadır. Foto-kapan görüntülerinde yapılan çalışmalarda, nesne tespit etme ve tanıma işlemlerinin yapılmasını zorlaştıran karmaşık ve hareketli arka plan, ışık yoğunluğu değişimi ve cismin kısmi görünümü gibi önemli problemler bulunmaktadır (Yu vd., 2013; Nguyen vd., 2017; Norouzzadeh vd., 2018; Meek vd., 2014; Andavarapu ve Vatsavayi, 2017). Foto-kapan görüntüleri üzerinde yapılan çalışmalarda, nesne tespit etme ve nesne tanıma olmak üzere iki temel konu hedeflenmektedir. Görüntüde nesne tespiti işlemi, nesnenin görüntüde bulunması ve eğer var ise görüntüdeki konumunun belirlenmesi olarak ifade edilebilmektedir (Chen vd., 2015). Nesne tanıma ise tespit edilen nesnelerin tür veya farklı şekilde sınıflandırılması anlamına gelmektedir. Nesne tespiti amacıyla yapılan çalışmalarda genellikle nesnelere ait model görüntülerin öznelikleri, foto-kapan görüntülerinde kayan pencere tabanlı yöntemle aranarak nesne tespit işlemi gerçekleştirilmektedir (Yu vd., 2013; Andavarapu ve Vatsavayi, 2017).

Nesne tespit etme ve konumlandırma için bir pencereyi görüntü üzerinde çoklu ölçekler şeklinde kaydırmak en yaygın yaklaşımdır. Bu yerel penceredeki görüntüler aranan nesne veya arka plan şeklinde sınıflandırılarak tespit işlemi gerçekleştirilebilmektedir. Bu yaklaşım, görüntülerde yüz, yaya ve araba gibi nesnelere tespit etmek için başarıyla kullanılmaktadır (Murphy vd., 2006). Bunun dışında son yıllarda kullanılan bir yaklaşım da, görüntüden yerel özneliklerini çıkarmak ve sonra tüm olası alt pencerelere bakmak yerine bu noktaların etrafındaki bölgelerin her birini sınıflandırmaktır (Murphy vd., 2006). Görüntüdeki nesnelerin tespit edilmesi ve nesnelerin tanınması, özellikle sınıf içi çeşitlilik, karmaşıklık, tıkanıklık ve poz değişikliklerinin olmasından dolayı bilgisayarlı görüdeki en zorlu problemlerden biridir (Zhang vd., 2007). Görüntüde nesne tespit etme veya nesne tanıma amacıyla kullanılacak temelde

iki tip öznelik çıkarılmaktadır. Bunlar global ve yerel özneliklerdir. Global öznelikler görüntüyü bir bütün olarak tanımlamakta ve tüm bir nesneyi tek bir vektörle genelleştirmektedir. Yerel öznelikler ise, görüntüde belirlenen birden çok anahtar nokta ve bu anahtar noktaların tanımlayıcılara dönüştürülmesi ile elde edilmektedir. Bu tanımlayıcılara dönüştürme işlemi, özneliğe tıkanma ve karmaşıklığa karşı dayanıklılık sağlamaktadır. Ancak, her nesne veya görüntü için değişken sayıda öznelik vektörünün bulunduğu durumları ele almak için özel sınıflandırma algoritmaları gerekebilmektedir (Lisin vd., 2005). Görüntüdeki nesnelerin tespit edilmesi veya tanınması için kullanılacak bir yerel öznelik, yakın komşuluklarından farklılık ifade eden bir görüntü deseni olarak tanımlanmaktadır. Yerel öznelikler noktalar, kenarlar veya küçük görüntü yamalarıdır. Tipik olarak, bazı ölçümler yerel bir öznelik üzerinde bulunan bir bölgeden alınmakta ve daha sonra çeşitli uygulamalar için kullanılacak tanımlayıcılara dönüştürülmektedir. Bu yerel öznelik tanımlayıcıları, parçalara ayırma gereği duymadan nesnelere veya sahneleri tanımaya yarayan sağlam bir görüntü temsili olarak kullanılabilirler için sıklıkla tercih edilebilmektedir (Tuytelaars ve Mikolajczyk, 2008).

Gerçek görüntülerde nesne tespit etme ve nesne tanıma, görüntüdeki karmaşıklık veya kısmi tıkanıklıktan etkilenmeyen yerel görüntü öznelikleri kullanmayı gerektirmektedir. Yerel özneliğin, tekrarlanabilirlik, ayırt edilebilirlik, yerellik, yeterli miktar, doğruluk ve verimlilik gibi özelliklere sahip olması gerekmektedir (Tuytelaars ve Mikolajczyk, 2008). Bu öznelikler, aydınlatma değişikliğine, 3B dönüşümlere ve ortak nesne varyasyonlarına karşı değişmezlik sahibi olmalıdır. Öte yandan, öznelikler farklı nesnelere tanımlayabilmeleri için ayırt edici olmalıdır (Lowe, 1999). Yerel değişmez öznelikler, yalnızca görüntüleme koşullarındaki değişimlere, oklüzyon veya görüntü dağınıklığına rağmen görüntüdeki benzerliklerin bulunmasını sağlamakla kalmamakta, aynı zamanda görüntü içeriği ile ilgili tanımlama yapabilmektedir (Tuytelaars ve Mikolajczyk, 2008).

Foto-kapan görüntülerinde yapılan nesne tespit etme ve tanıma çalışmalarında farklı yerel ve global öznelikler kullanılmıştır. Bu çalışmalarda, nesnelerin tespit edilme ve kırılma işleminin insanlar tarafından elle yapılmış görüntülerin yerel veya genel öznelikleri, sınıflandırma yöntemleri ile birlikte kullanılabildiği gibi (Yu

vd., 2013; Nguyen vd., 2017; Andavarapu ve Vatsavayi, 2017), bu öznelikler kayan pencere veya sinir ağları tabanlı yöntemlerde kullanılarak nesne tespiti yapılabilmektedir (Nguyen vd., 2017; Norouzzadeh vd., 2018; Zhang vd., 2016; Khorrani vd., 2012). Yapılan çalışmalar incelendiğinde, nesne görüntülerinin insanlar tarafından tespit edildiği ve arka plandan el ile kırıldığı çalışmada (Yu vd., 2013), nesnelere SIFT ve cLBP (cell-structured Local Binary Pattern) öznelikleri kullanılarak çok sınıflı SVM (Support Vektör Machine) ile sınıflandırılmıştır. Tespit işleminin otomatik olarak kayan pencere tabanlı yöntemle yapıldığı (Andavarapu ve Vatsavayi, 2017) diğer bir çalışmada ise 5 farklı vahşi hayvan türünün bulunduğu 5000 görüntüde vahşi hayvanların tespit edilmesi ve tanınması amacıyla W-CoHOG (Weighted Co-occurrence Histogram Of Gradients) öznelikleri ve çok sınıflı doğrusal SVM sınıflandırıcı kullanılmıştır. Sinir ağları kullanılan bir çalışmada ise (Nguyen vd., 2017) piksel yoğunluklarının 0-1 arasına normalize edildiği, 224x224 piksel boyutlarına dönüştürülmüş eğitim verisi ile eğitilen derin öğrenme tabanlı sinir ağları kullanılmıştır. 1.2 milyon görüntünün eğitim için kullanıldığı bir diğer sinir ağları tabanlı çalışmada ise (Norouzzadeh vd., 2018), derin öğrenme ile nesnelere tanıma, sayma, davranış belirleme gibi işlemler gerçekleştirilmiştir ve bu çalışmada 3 gizli katman kullanılmış olup, bu katmanlarda sırasıyla kenarlar, köşeler ve motifler, nesne parçaları işlenmiştir. Çapraz doğrulama kullanılan (Zhang vd., 2016) bir çalışmada ise, görüntüdeki 20x20 piksel büyüklüğündeki parçaların arka plan olup olmadığının tespit edilmesi amacıyla derin öğrenme tabanlı sinir ağı ve adaptif pencere büyüklüğünde kayan pencere tabanlı HOG öznelikleri ve Fisher vektör kodlaması kullanılmıştır. Çok sayıda hayvan türünün tespit edildiği (Khorrani vd., 2012) çalışmada, görüntüler üzerinde öncelikle Sağlam Temel Bileşen Analizi (RPCA-Robust Principal Component Analysis) ile arka plan analizi yapılmış ve daha sonra yerel entropi ve bağlı bileşen analizi ile nesnelere tespit edilmiştir. Bu çalışmada geniş yer değiştirme optik akış yöntemi ile nesne içeren bölgeler tespit edilmiştir. Sonraki görüntülerde ise nesnenin takip edilmesi ve hareketi ile ilgili bilgi elde edilmesi amacıyla optik akış yöntemi ile görüntüler arasındaki büyük değişikliklerden yararlanılmıştır.

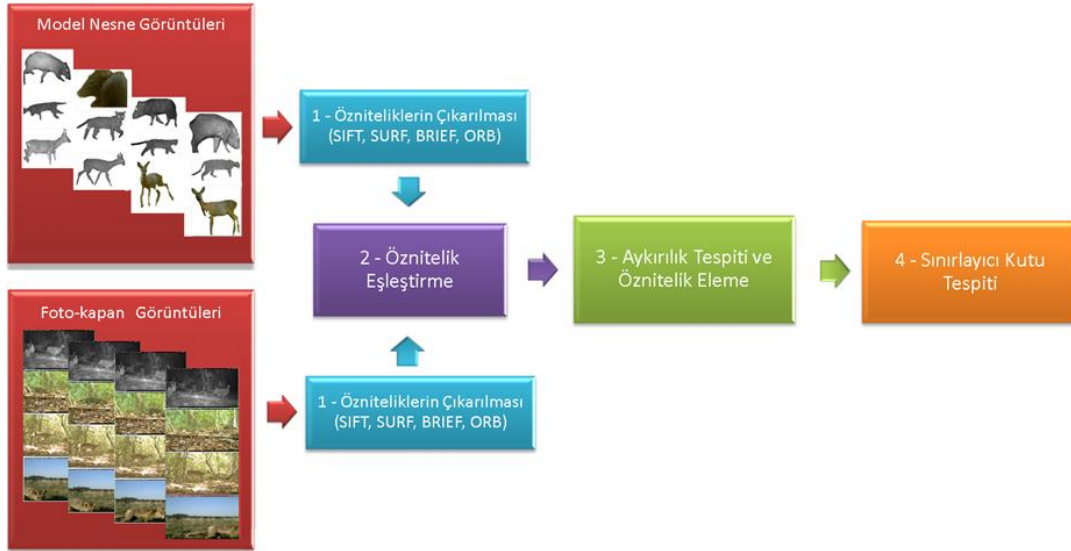
Literatürde yerel öznelikler ile yapılan çalışmalarda, genellikle yerel öznelik dönüşümleri birebir eşleştirilmek yerine, bunların

istatistiki bilgilerini içeren görsel kelime çantası yaklaşımları tercih edilmektedir. Böyle uygulamalarda görüntüdeki öznelikler görsel kelime çantası yöntemi ile gruplandırılıp, k-en yakın komşu, destek vektör makineleri ve rastgele orman gibi sınıflandırıcılarda kullanılarak, kayan pencere tabanlı yöntemle, her pencerede ilgili nesnenin olup olmadığına bakılarak tespit işlemi gerçekleştirilmektedir. Bizim bu çalışmamızda, kırılmış ve arka plandan ayrılmış nesne görüntülerinin SIFT, SURF, BRIEF ve ORB yerel öznelik dönüşümleri, kaba kuvvet (brute-force) ve k-en yakın komşu öznelik eşleştirme yöntemlerinde kullanılarak foto-kapan görüntülerinde otomatik nesne tespit işlemi gerçekleştirilmiştir. Hatalı öznelik eşleşmelerinin elenmesi amacıyla yüzdelik ve medyan tabanlı aykırılık tespiti ve k-en yakın komşu öznelik eleme işlemi uygulanmıştır. Çalışmada öznelik dönüşüm yöntemleri ile elde edilen nesne tespit başarıları, eşleşen öznelik sayıları, sınırlayıcı kutu büyüklükleri, elenen öznelik sayıları ve bunların nesne tespit başarısına olan etkileri incelenmiştir.

Çalışmanın 2. bölümünde kullanılan veri seti, yerel öznelik dönüşüm yöntemleri, öznelik eşleştirme yöntemleri ve öznelik eleme işlemleri anlatılmış olup, 3. bölümde çalışmadan elde edilmiş bulgular ifade edilmiş ve yorumlanmıştır, 4. bölümde ise sonuçlar tartışılmış ve sonraki aşamalarda yapılması planlanan çalışmalar ifade edilmiştir.

2. Materyal ve Metot

Fotokapan görüntülerinde yerel öznelikler kullanılarak nesne tespit için kullandığımız dört aşamadan oluşan sistem modeli Şekil 1'de gösterilmiştir. Öncelikle Şekil 2'de örnek görüntüleri gösterilen veri setinde tespit edilecek nesnelere ait model görüntüler, Şekil 3'te görüldüğü üzere kırılarak ve arka plandan ayrılarak elde edilmiştir. Birinci aşamada veri setindeki görüntülerin SIFT, SURF, BRIEF ve ORB yöntemleri ile öznelikleri çıkarılmaktadır. İkinci aşamada görüntülerden elde edilmiş yerel öznelikler kaba kuvvet (brute-force) ve k-en yakın komşu tabanlı yöntem ile eşleştirilmektedir. Üçüncü aşamada yüzdelik veya ortalama tabanlı aykırılık tespiti ile k-en yakın komşu öznelik eleme yöntemleri kullanılarak hatalı eşleşmelerin giderilmesi ve elenmesi sağlanmaktadır. Dördüncü aşamada eleme işlemi sonucunda kalan özneliklerin konum bilgileri kullanılarak tespit edilen nesneye ait sınırlayıcı kutular belirlenmektedir.



Şekil 1: Sistem modeli

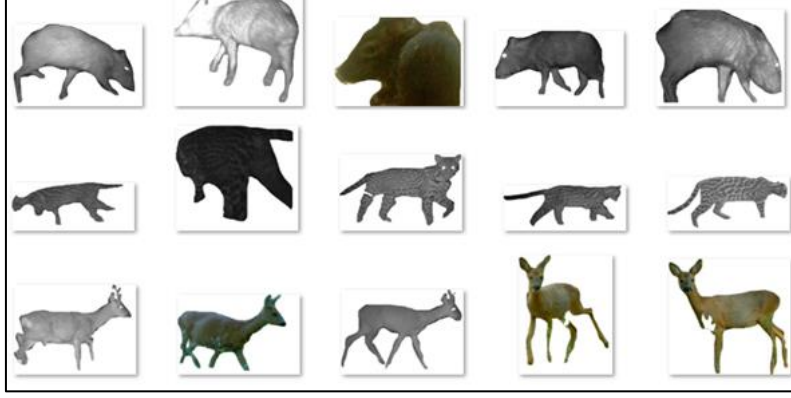
2.1. Veri Seti

Çalışmamızda Kays ve arkadaşlarının 2010 yılında yaptığı çalışmada (Kays vd., 2010) elde edilen veri seti kullanılmıştır. Veri setinde 20 farklı hayvan türüne ait 2048x1536 piksel boyutlarında toplam 1016 görüntü bulunmaktadır. Şekil 2'de veri setinden rasgele seçilmiş gece ve gündüz kaydedilmiş

görüntüler gösterilmektedir. Gece görüntüleri kızıl ötesi flaş kullanılarak kaydedilmiştir. Veri setindeki görüntülerde nesnelere farklı ortam, uzaklık ve açılardan elde edilmiş olup tam veya parçalı olabilmektedir. Nesne tespit işleminde her tetikleme için 1 model olmak üzere 20 farklı türe ait 79 model nesne görüntüsü kullanılmıştır.



Şekil 2: Veri setine ait örnek görüntüler



Şekil 3: Nesnelere ait kırılmış ve arka plandan ayrılmış örnek görüntüler

2.2. Yerel Öznitelik Çıkarma

Öznitelik tespiti, görüntü bilgisinin anlamlandırılması ve bu noktada belirtilen tipte bir görüntü özelliğinin olup olmadığını görmek için her bir görüntü noktası için yerel bir karar verme işlemidir. Yerel öznitelikler renk, doku, şekil gibi düşük seviyeli özniteliklerden farklı olarak görüntüdeki dönme, ölçek, aydınlatma, gürültü ve afin dönüşümü için dayanıklı olmalıdır (Karami vd., 2017). Bir dizi yerel öznitelik, nesnelere ve sahneleri tanıyabilmek için bölütleme işlemine ihtiyaç duyulmadan sağlam bir görüntü temsili olarak kullanılabilir (Tuytelaars ve Mikolajczyk, 2008). Çalışmamızda bu yerel öznitelik dönüşüm yöntemlerinden SIFT, SURF, BRIEF ve ORB kullanılmıştır.

2.2.1. SIFT (Scale Invariant Feature Transform)

Ölçek Değişmez Öznitelik Dönüşümü (SIFT), 1999 yılında Lowe tarafından geliştirilen bir öznitelik detektörüdür (Lowe, 1999). SIFT detektörü ve tanımlayıcısı nesne tanıma (Lowe, 1999), görüntü birleştirme (Snavely vd., 2008), görsel haritalama (Se vd., 2002), vb. görsel özellikleri kullanan bir dizi uygulamada oldukça başarılı olduğu kanıtlanmıştır (Rublee vd., 2011). SIFT'in nesne tanıma uygulamalarında çok etkili olduğu kanıtlanmış olsa da, büyük bir hesaplama yükü gerektirmesi gibi özellikle gerçek zamanlı uygulamalar için dezavantaja sahiptir (Karami vd., 2017; Lowe, 1999; Rublee vd., 2011; Karami vd., 2017).

Her SIFT özniteliği, görüntü dönüştürme, ölçekleme ve rotasyona göre değişmeyen ve aydınlatma ve yerel görüntü deformasyonlarındaki değişikliklere kısmen değişmeyen bir şekilde yerel görüntü ölçümlerinin bir vektörünü temsil

etmektedir (Lowe, 2001). SIFT algoritmasının 4 temel adımı vardır: 1) tepe noktası seçimi, 2) anahtar nokta yerleştirilmesi ve elenmesi, 3) yönlendirme ataması ve 4) anahtar noktaların tanımlanmasıdır. Birinci aşamada, Gaussian'ın Farkı (DoG) kullanılarak bir ölçek uzayı hesaplanmaktadır. Bu aşamada, Gaussian'ların farkının maksimum veya minimumu olan yerleri arayarak ölçek alanındaki anahtar konumları tanımlanmaktadır. İkinci aşama, anahtar noktaların (keypoint) yerleştirildiği ve adayların düşük karşıtlığa sahip noktalarının, iyi betimleyici özellikleri olmadığı için elendiği işlemidir. Üçüncü aşama, yerel görüntü eğimi temeline dayanan anahtar noktalara bir yönelim değeri atanmasıdır. Yönelim histogramlarına ait en yüksek bir veya birkaç tepelik öznitelik noktası için yönelim vektörü olarak atanmaktadır. Bu aşamada gradyan yönelimlerinin histogramı kullanılarak dönmeye karşı değişmezlik kazandırılmaktadır. Son aşama ise, görüntü eğim büyüklüğü ve yön belirlenmesine dayanan her bir anahtar noktası için yerel görüntü tanımlayıcısının hesaplanmasıdır. Her bir öznitelik noktası için, etrafındaki 4x4'lük bölgede 8 bölmeli bir histogram elde edilerek 128 (4x4x8) boyutlu bir tanımlayıcı belirlenmektedir. Bu 128 boyutlu vektör, birim uzunluğa dönüştürülerek aydınlatma değişimine karşı kısmen dayanıklılık elde edilmektedir. Ayrıca SIFT öznitelikleri, görüntü gradyanı konumlarını bulanıklaştırarak, afin veya 3D görünüm gibi yerel çeşitliliklere kısmi değişmezlik sağlamaktadır (Lowe, 1999).

2.2.2. SURF (Speeded Up Robust Features)

SURF, Hessian matrisine dayanan bir ölçek-değişmez öznitelik detektörüdür. SIFT'in hızlandırılmış bir yaklaşımı olan SURF tekniği, tespit edilen noktaların kalitesini düşürmeden SIFT'den daha hızlı çalışmaktadır (Bay vd., 2006;

Karakuş ve Karabörk, 2014). Konum ve ölçeği seçmek için farklı bir ölçü kullanmak yerine, her ikisi için de Hessian detektörü kullanılmaktadır. Hessian matrisi sayısal bir alanın ikinci dereceden kısmi türevlerinden oluşan kare matristir ve kabaca bir dizi kutu tipi filtrenin kullanılmasına benzemektedir (Tuytelaars ve Mikolajczyk, 2008). LoG (Laplacian of Gaussian) kullanılarak, ikinci dereceden türevi alınan görüntüde, ölçek uzayında değişmeyen anahtar noktalar elde edilmektedir. SURF'te SIFT'ten farklı olarak, çok işlem gerektiren ikinci dereceden Gauss türevleri yerine, bir kutu filtre kullanılmaktadır ve bu kutu filtredeki hesaplama işlemi, bütünleşik görüntü kullanılarak kolayca yapılabilmektedir (Tuytelaars ve Mikolajczyk, 2008). Öznitelik tanımlayıcısı, ilgi noktasını tanımlamak için 20x20 piksellik komşu bölgelerin yatay ve dikey yönde Haar dalgacık tepkilerinin dağılımı kullanılmaktadır. Baskın yönelim, 60 derecelik bir kaydırma penceresindeki tüm tepkilerin toplamı hesaplanarak tahmin etmektir. Dalgacık tepkisi, herhangi bir ölçekte çok kolay bir şekilde bütünleşik görüntüler kullanılarak bulunabilmektedir. Bütünleşik görüntü, görüntüdeki piksel değerlerinin dikdörtgen ızgaralar şeklinde hızlı ve etkili olarak toplanabilmesi için kullanılan veri yapısıdır. Ayrıca SURF yönteminde, Laplacian'ın işaretine dayanan eşleşme hızını azaltan ve sağlamlığı arttıran bir indeksleme yöntemi kullanılmaktadır (Bay vd., 2006). Bu indekslemede, temel ilgi noktası için Laplacian (Hessian Matrix) izi kullanılmaktadır. Bu değerler algılama sırasında zaten hesaplandığından ek hesaplama maliyeti getirmemektedir. Laplacian'ın işareti, koyu arka plandaki parlak lekeleri ters durumlardan ayırmaktadır. Eşleştirme aşamasında, ilgi noktasının yalnızca aynı türde kontrast özellikleri varsa özellikleri karşılaştırılmaktadır. Bu minimum bilgi, tanımlayıcının performansını düşürmeden daha hızlı eşleştirilmesine olanak tanımaktadır. SURF, bulanıklaştırma ve döndürmeye karşı dayanıklı olmasına rağmen, bakış açısı değişikliği ve aydınlatma değişimine karşı dayanıklılık içermemektedir (Bay vd., 2006).

2.2.3. BRIEF (Binary Robust Independent Elementary Features)

BRIEF (İkili Sağlam Bağımsız Temel Öznitelikler), öznitelik detektörleriyle birleştirilebilen genel amaçlı bir öznitelik tanımlayıcısıdır. Tipik fotometrik ve geometrik görüntü dönüşümlerine karşı dayanıklıdır. BRIEF, SIFT için neredeyse benzer eşleştirme performansına sahip SIFT'den daha az

karmaşıklık gerektiren başka bir alternatiftir (Calonder vd., 2010). BRIEF yönteminde, yumuşatılmış görüntü yamalarındaki pikseller arasında basit ikili testleri kullanılmaktadır. Performansı, aydınlatma değişimine karşı dayanıklılık, bulanıklık ve perspektif bozulma gibi birçok açıdan SIFT'e benzemektedir. Bununla birlikte, düzlem içi rotasyona karşı dayanıksızdır (Rublee vd., 2011; Calonder vd., 2010). BRIEF içerisinde bir öznitelik veya anahtar nokta detektörü içermemektedir, yalnızca tespit edilmiş öznitelik veya anahtar noktaların tanımlanması için kullanılmaktadır. Çalışmamızda BRIEF öznitelik tanımlayıcısı, yıldız öznitelik detektörü (star feature dedector) ile birlikte kullanılmıştır.

2.2.4. ORB (Oriented and Rotated BRIEF)

ORB (Yönlendirilmiş FAST ve Döndürülmüş BRIEF), FAST (Features from Accelerated Segment Test) anahtar noktası dedektörünün ve BRIEF tanımlayıcısının birtakım modifikasyonları ile birleşmesidir

(Karami vd., 2017; Rublee vd., 2011; Bay vd., 2006). Her iki teknik de iyi performansları ve düşük işlem maliyeti nedeniyle caziptir (Rublee vd., 2011). FAST, gerçek zamanlı uygulamalarda kullanılabilen, diğer köşe detektöründen hızlı olan, gürültüye dayanıklı bir detektördür (Karami vd., 2017). SIFT ve SURF anahtar nokta detektörleri bir yönelim operatörü içermesine rağmen, FAST'de bu işlem bulunmamaktadır (Rublee vd., 2011). FAST algoritması yalnızca köşelerin tespit edileceği dairenin yarıçapı bilgisini parametre olarak almakta ve ORB yönteminde FAST ile birlikte tespit edilen köşelerin ölçülendirilebilmesi için Harris Köşe Ölçüsü, köşe yöneliminin belirlenmesi için ise yoğunluk ağırlık merkezi (intensity centroid) yöntemi kullanılmaktadır. Yoğunluk ağırlık merkezi yönteminde standart sabitler kullanılarak köşe yönelimleri tespit edilmektedir. Tespit edilen anahtar noktalar, BRIEF kullanılarak tanımlanmaktadır (Rublee vd., 2011).

2.3. Yerel Öznitelik Çıkarma

Foto-kapan görüntülerinde nesnelere tespit edilmesi için kullanılan öznitelik eşleştirme algoritması Algoritma 1'de gösterilmiştir. Bu algoritmada model nesne görüntülerine ait çıkarılmış yerel öznitelikler, foto-kapan görüntülerindeki öznitelikler ile eşleştirilmektedir. Eşleştirilme işleminde, görüntülerdeki bütün yerel öznitelikler arasında Mahalanobis, Manhattan (denklem 1), Öklid (denklem 2) veya Hamming (denklem 3) uzaklığının hesaplanması ile elde

edilen mesafe değerleri kullanılmaktadır. Elde edilen bu mesafe değerleri karşılaştırılarak en uygun eşleştirmeye karar verilmektedir.

$$d(f_a, f_b) = \sum |f_a - f_b| \quad (1)$$

$$d(f_a, f_b) = \sum (f_a - f_b)^2 \quad (2)$$

$$d(f_a, f_b) = \sum \text{XOR}(f_a, f_b) \quad (3)$$

Kaba Kuvvet eşleştirme işleminde (Brute Force Matcher), ilk görüntüdeki bir öznitelik tanımlayıcısının, ikinci görüntüdeki tüm özniteliklerle olan mesafesi denklem (1), denklem (2) ve denklem (3)'e göre hesaplanmış ve en yakın olan eşleşme tespit edilmiştir. Bu eşleştirici iki opsiyonel parametre gerektirmektedir. Birincisi, kullanılacak mesafe ölçümünü

belirleyen Manhattan, Öklid ve Hamming değerleridir. Varsayılan olarak uygulanan Öklid, SIFT ve SURF yöntemleri için kullanılmıştır. ORB, BRIEF gibi ikili tabanlı tanımlayıcılar için Hamming mesafesi tercih edilmiştir. İkinci parametre ise, varsayılan olarak kapalı olan çapraz kontrol değişkenidir. Bu özellik kullanılarak, birinci görüntüdeki özniteliklerin, ikinci görüntüdeki en yakın öznitelik ile eşleştirdiği gibi, ikinci görüntüdeki özniteliklerin birinci görüntüdeki en yakın eşleştirme olup olmadığını da kontrol edilmiştir. k-en yakın komşu eşleştiricisinde ise bir tanımlayıcıya karşılık girilen parametre kadar en yakın komşuluğa sahip 2 tanımlayıcı geriye döndürülmektedir. Bu iki tanımlayıcı arasındaki mesafe değeri öznitelik eleme işleminde kullanılmıştır.

Algoritma 1: Öznitelik eşleştirme algoritması

Veri Setindeki Her Görüntü İçin:

Bütün Model Nesne Görüntüleri İçin:

Tanımlayıcı 1 = yerel öznitelikleri tanımla (Model Nesne Görüntüsü)

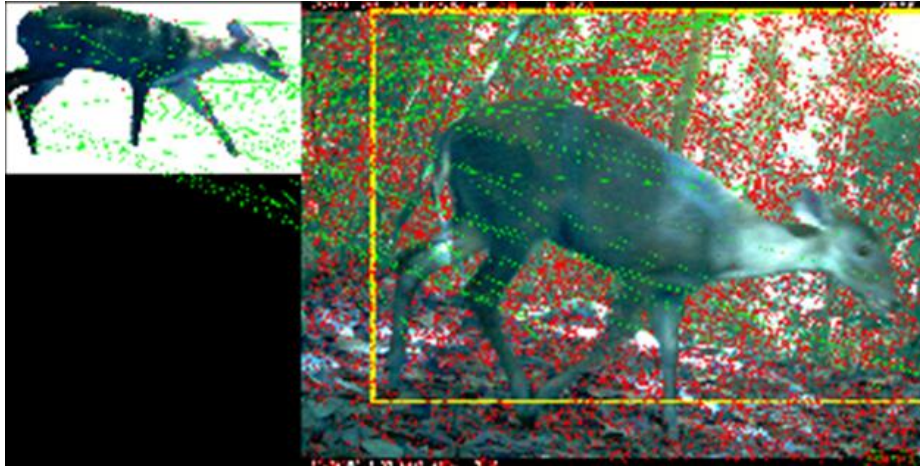
Tanımlayıcı 2 = yerel öznitelikleri tanımla (Foto-kapan Görüntüsü)

Eşleşmeler = kaba kuvvet eşleştirici(Tanımlayıcı 1, Tanımlayıcı 2)

2.4. Aykırılık Tespiti ve Öznitelik Eleme

Öznitelik eşleştirme işlemi görüntülerde benzer iki nesne arasında mutlak doğrulukta bir eşleşme ve tespit sağlayamamaktadır. Şekil 4'te gösterildiği üzere kırılmış görüntü ile foto-kapandan elde edilen görüntü eşleşmesinde yeşil renkli çizgiler eşleştirilmiş öznitelik noktalarını,

kırmızı renkli pikseller ise eşleşmemiş öznitelik noktalarını temsil etmektedir. Görüntüdeki en benzer özniteliklerin eşleştirilmesi işlemi, bazen nesneye ait olmayan kısımların hatalı bir biçimde nesneye ait olarak etiketlenmesine, bu nedenle tespit işleminin hatalı yapılmasına neden olmaktadır.



Şekil 4: Hatalı ve hatasız öznitelik eşleştirme sonucuna ait örnek görüntü

Şekil 4'teki sarı sınırlayıcı kutunun nesnenin üzerindeki arka plan bölgesini de kapsadığı, yani bazı özneliklerin hatalı olarak arka plandaki özneliklerle eşleştiği anlaşılmaktadır. Bu hatalı özneliklerin giderilmesi amacıyla çalışmamızda kaba kuvvet eşleştirici ile birlikte yüzdelik ve ortalama tabanlı aykırılık tespiti yöntemleri kullanılmıştır. Ayrıca k-en yakın komşu

eşleştirici, farklı eşik değerleri ile birlikte kullanılarak öznelik eleme işlemleri uygulanmıştır. Algoritma 2'de gösterildiği üzere, k-en yakın komşu eşleştiricisinde, tanımlayıcılardan eşleştirilmiş her m ve n eşleşme çiftinin uzaklıkları oranlanmış ve bu oran belirli bir değerin üzerinde ise eşleşme kabul edilmiştir.

Algoritma 2: k-en yakın komşu öznelik seçme ve eleme algoritması

Veri Setindeki Her Görüntü İçin:

Bütün Model Nesne Görüntüleri İçin:

Tanımlayıcı 1 = yerel öznelikleri tanımla (Model Nesne Görüntüsü)

Tanımlayıcı 2 = yerel öznelikleri tanımla (Foto-kapan Görüntüsü)

Eşleşmeler = k-en yakın komşu eşleştirici(Tanımlayıcı 1, Tanımlayıcı 2, k=2)

Her m, n eşleşmesi için:

Eğer m'nin mesafesi < [0.80, 0.85, 0.90, 0.95, 0.99]*n'nin mesafesi ise

Eşleşmeyi kabul et

Değil ise

Eşleşmeyi ele

Ortalama tabanlı aykırılık tespitinde kullanılan ortanca mutlak sapmanın (Median Absolute Deviation - MAD) nasıl hesaplandığı denklem (4)'te ifade edilmektedir. Hesaplanan ortanca mutlak sapma değerlerinden, parametrede girilen eşik değerden büyük olanlar aykırılık olarak tespit edilmiştir.

$$MAD = median (|x - median(x)|) \quad (4)$$

Yüzdelik tabanlı aykırılık tespitinde ise sıralı bir dizide girilen parametredeki konumlara karşılık gelen elemanlarının değerlerini kullanarak maksimum ve minimum eşik değerleri belirlenmiştir. Dizide bu minimum ve maksimum değerlerin dışındaki elemanlar aykırılık olarak tespit edilmiştir.

2.5. Sınırlayıcı Kutu Tespiti

Sınırlayıcı kutu tespiti, aykırılık tespiti veya öznelik eleme işlemi sonrasında kalan eşleştirilmiş özneliklerin yerel (x,y) konum bilgilerinin kullanılması ile elde edilmiştir. Eşleşen özneliklerin nesneyi temsil ettiği varsayıldığından, bu eşleşen özneliklerin en küçük ve en büyük (x,y) noktalarının nesneyi kapsadığı kabul edilmiştir. Sınırlayıcı kutu tespitinde başarı ölçümü amacıyla denklem (5)'te gösterilen birleşimlerin kesişimi yöntemi (IoU-Intersection Over Union) (Zitnick ve Dollar, 2014) 0.5 eşik değer parametresi ile kullanılmıştır.

İki sınırlayıcı kutu için konumlandırma işlemi, bu iki kutunun kesiştiği bölgenin piksellerinin, iki kutunun birleşimi olan bölgenin piksellerine oranı 0.5 ve üzerinde ise başarılı kabul edilmiştir. Denklem (5)'te IoU sınırlayıcı kutunun başarı değerini, B_P tahmin edilmiş sınırlayıcı kutuyu, B_G ise gerçek sınırlayıcı kutuyu ifade etmektedir.

$$IoU = \frac{B_P \cap B_G}{B_P \cup B_G} \quad (5)$$

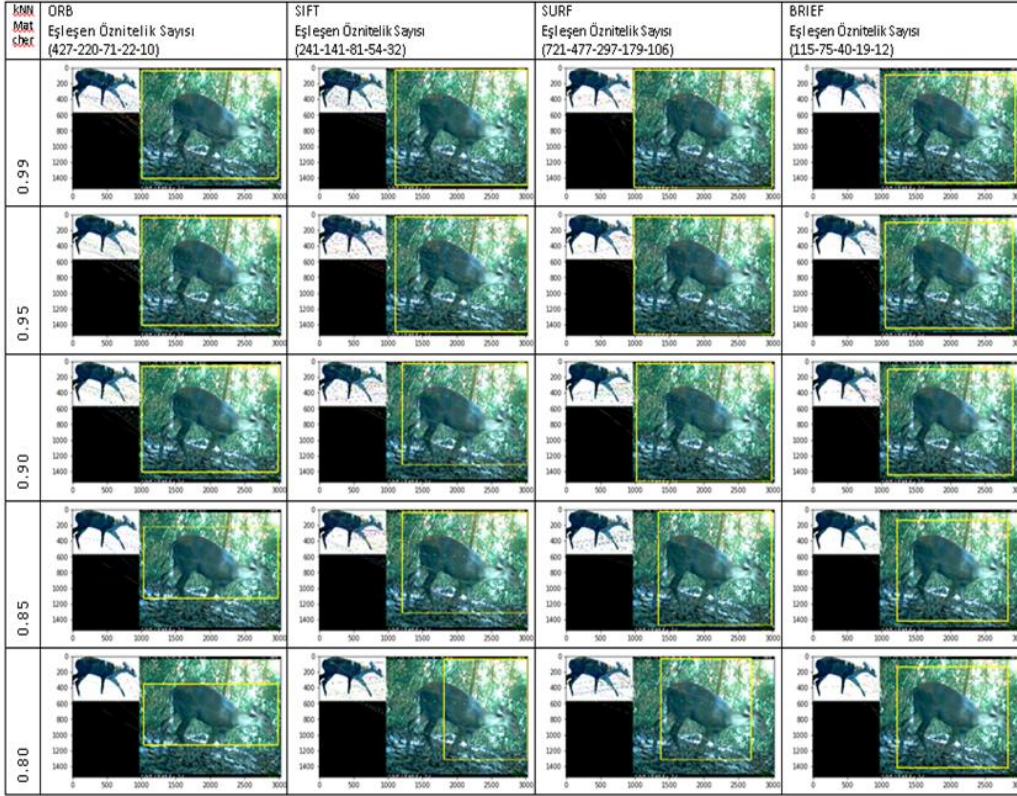
3. Bulgular

Çalışmamızda SIFT, SURF, BRIEF ve ORB yerel öznelikleri, 2 farklı öznelik eşleştirme yönteminde kullanılarak foto-kapan görüntülerinde nesne tespiti gerçekleştirilmiş olup, kaba kuvvet eşleştirici ile elde edilen sonuçlar Tablo 2 ve Tablo 5'te, k-en yakın komşu eşleştirici ile elde edilen sonuçlar ise Tablo 8'de gösterilmiştir. Aykırılık tespiti ve öznelik eleme işlemleri, hatalı eşleşmelerin giderilmesi ve sınırlayıcı kutu tespitinin daha doğru yapılmasını sağlamıştır. Hatalı öznelik eşleşmelerinin elenmesinden sonra, tespit edilen sınırlayıcı kutuların boyutları azalmış ve daha yüksek tespit başarısı elde edilmiştir. Eşleştirilen öznelik sayısı ile sınırlayıcı kutu büyüklüğünün ilişkili olduğu ve tespit başarısını etkilediği gözlemlenmiştir. Tablo 1'de öznelik tanımlayıcılarının boyutları gösterilmektedir. Tanımlayıcıların, özneliklerin eşleştirilmesinde

etkili olduğu ve bu nedenle bu boyutların tespit sonuçlarını arttırdığı anlaşılmaktadır.

Şekil 5'te k-en yakın komşu eşleştiricide, birinci görüntüdeki öznitelik tanımlayıcısı ile ikinci görüntüde bu öznitelik ile eşleşen en yakın 2 öznitelik tanımlayıcısının mesafelerinin birbirine olan oranlarının 0.99, 0.95, 0.90, 0.85, 0.80 eşik

değerlerine göre özniteliklerin elenmesi ve sınırlayıcı kutudaki değişiklikler gösterilmektedir. Bu oran azaldıkça sınırlayıcı kutular gerçek değerlerine yaklaşmakta ve tespit başarısı artmaktadır. k-en yakın komşu eşleştiricisinde, en yakın 2 komşunun elde edilmesi amacıyla K=2 parametresi kullanılmıştır.



Şekil 5: k-en yakın komşu eşleştirme işleminde eşik değere göre öznitelik eleme sonrası sınırlayıcı kutu değişimi

Tablo 1: Özniteliklerin tanımlayıcı boyutları

	SIFT	SURF	BRIEF	ORB
Tanımlayıcı Uzunluğu	128	64	256	256
Tanımlayıcı Boyutu (Byte)	512 Byte	256 Byte	32 Byte	32 Byte

0.65	88.87	87.55	97.22	92.50
0.60	90.60	88.34	98.68	94.22
0.55	92.98	90.07	99.60	95.41
0.50	95.23	91.52	99.66	96.60

Tablo 1: Yüzdeler tabanlı ayırıcılık tespiti sonrası nesne tespit başarı oranları

Yüzdeler Parametre	ORB	BRIEF	SIFT	SURF
0.95	80.00	78.41	89.80	81.37
0.90	81.59	79.47	90.99	83.36
0.85	83.05	80.66	92.19	86.54
0.80	84.64	82.91	93.38	87.86
0.75	85.70	83.97	94.57	88.79
0.70	87.02	85.83	95.76	89.72

Yüzdeler tabanlı öznitelik eleme işleminde, Tablo 2, Tablo 3 ve Tablo 4'te 1. sütunda gösterilen öznitelik eleme parametre değeri azaldıkça, Tablo 4'teki ortalama eşleşen öznitelik sayılarının azaldığı, buna bağlı olarak Tablo 3'teki ortalama sınırlayıcı kutuların gerçek değerlere yaklaştığı ve bunun sonucunda Tablo 2'de nesne tespit başarısında artış elde edildiği anlaşılmaktadır. Tablo 2, Tablo 3 ve Tablo 4'te görüldüğü üzere, yüzdeler tabanlı ayırıcılık tespiti işleminde, eşleşmelerin ortalama olarak yaklaşık yarısının elendiği ve bu durumun nesne tespit başarısını %10-%15 arası arttırdığı anlaşılmaktadır.

Tablo 3: Yüzdeler tabanlı aykırılık tespiti sonrası ortalama sınırlayıcı kutu boyutları (piksel)

Yüzdeler Parametre	ORB	BRIEF	SIFT	SURF
0.95	473	418	498	544
0.90	423	383	455	486
0.85	382	354	416	443
0.80	350	326	381	404
0.75	322	303	347	372
0.70	294	280	313	344
0.65	270	259	280	319
0.60	249	235	280	295
0.55	228	213	249	269
0.50	209	193	218	245

Tablo 2: Yüzdeler tabanlı aykırılık tespiti sonrası ortalama eşleşen öznitelik sayıları

Yüzdeler Parametre	ORB	BRIEF	SIFT	SURF
0.95	1182	197	471	1490
0.90	1121	187	447	1422
0.85	1062	177	422	1354
0.80	1000	167	397	1286
0.75	939	158	373	1220
0.70	877	148	348	1151
0.65	816	137	323	1084
0.60	754	128	323	1008
0.55	693	117	298	919
0.50	633	107	273	839

Bütün sonuçlarda en yüksek nesne tespit başarısı bütün öznitelik eleme yöntemlerinde SIFT özniteliği ile elde edilmiş olup, ona en yakın sonuçlar ise SURF özniteliğinde elde edilmiştir. Tablo 1’de görüldüğü üzere, en yüksek boyutlu öznitelik tanımlayıcısı olan SIFT ile en yüksek tespit başarısı elde edilmiştir. Diğer dönüşüm yöntemleri, öznitelik dönüştürme veya eşleştirme işlemini hızlandırmayı veya öznitelikleri daha az boyutta temsil etmeyi amaçladığından daha düşük tespit başarısı elde edilmiştir.

Tablo 7’den anlaşıldığı üzere ortalama tabanlı aykırılık tespitinde, öznitelik eşleşmelerinin %35-%40’ı elenmiştir. Yüzdeler tabanlı eleme yöntemine göre daha az öznitelik elenmiş ve buna bağlı olarak Tablo 5’teki gösterilen nesne tespit başarısında Tablo 2’deki yüzdeler tabanlı yöntemle göre daha düşük tespit başarısı elde edilmiştir.

Tablo 6’da görüldüğü üzere ortalama tabanlı aykırılık tespitinde elde edilen sınırlayıcı kutuların yüzdeler tabanlı aykırılık tespitinde elde edilenlere göre daha küçük boyutlu olduğu anlaşılmaktadır.

Tablo 5: Ortalama tabanlı aykırılık tespiti sonrası nesne tespit başarı oranları

Ortalama Parametresi	ORB	BRIEF	SIFT	SURF
2.5	78.15	76.69	90.07	82.65
2.0	81.85	81.99	94.30	87.15
1.5	84.90	85.43	96.29	91.26
1.0	87.95	87.81	97.88	93.11

Tablo 3: Ortalama tabanlı aykırılık tespiti sonrası sınırlayıcı kutu boyutları (piksel)

Ortalama Parametresi	ORB	BRIEF	SIFT	SURF
2.5	389	351	470	423
2.0	340	314	428	376
1.5	277	260	351	314
1.0	201	187	229	228

Tablo 4: Ortalama tabanlı aykırılık tespiti sonrası eşleşen öznitelik sayıları

Ortalama Parametresi	ORB	BRIEF	SIFT	SURF
2.5	1060	177	462	1300
2.0	985	167	440	1216
1.5	872	149	393	1074
1.0	682	116	299	851

k-en yakın komşu eşleştirme işleminde elde edilen sonuçlar incelendiğinde, Tablo 9’daki sınırlayıcı kutu boyutlarının, olması gereken nesne boyutlarından daha küçük olduğu ve bu nedenle düşük tespit başarısı elde edildiği anlaşılmaktadır.

Tablo 5: k-en yakın komşu tabanlı öznitelik eleme sonrası nesne tespit başarı oranları (%)

kNN Parametresi	ORB	BRIEF	SIFT	SURF
0.95	64.50	55.76	73.91	64.64
0.90	73.64	69.80	80.79	71.13
0.85	75.36	70.86	80.66	75.23
0.80	75.63	72.05	82.38	77.88

Tablo 6: k -en yakın komşu tabanlı öznelik eleme sonrası sınırlayıcı kutu boyutları (piksel)

kNN Parametresi	ORB	BRIEF	SIFT	SURF
0.95	207	191	255	224
0.90	203	185	250	220
0.85	196	177	237	204
0.80	166	139	184	169

Tablo 10'da gösterildiği üzere, k-en yakın komşu öznelik eleme işleminde 1. sütundaki öznelik yakınlık mesafe parametresindeki her 0.05'lik azalmaya karşılık öznelikler oldukça yüksek oranda elenmişlerdir. Bu işlemde özneliklerin %40 ile %50'sinin elenmesine karşılık, Tablo 9'daki sınırlayıcı kutularda %7 ile %20 oranlarında küçülme gerçekleşmiş, bunun sonucunda ise Tablo 8'deki nesne tespit başarıları %5 ile %17 arasında artmıştır.

Tablo 7: k-en yakın komşu tabanlı öznelik eleme sonrası eşleşen öznelik sayısı

kNN Parametresi	ORB	BRIEF	SIFT	SURF
0.95	1237	206	494	1559
0.90	608	125	274	977
0.85	238	66	133	548
0.80	32	20	34	173

Eşleşen öznelikler sayıları ile nesne tespit başarı oranı karşılaştırıldığında, en iyi sonuç Tablo 11'de görüldüğü üzere BRIEF öznelik tanımlayıcısında elde edilmiştir. Ayrıca k-en yakın komşu eşleştirme ve eleme işleminin, kaba kuvvet eşleştiricisi yüzdelik ve ortalama aykırılık tespitine göre, eşleşen öznelik sayıları ile nesne tespit başarılarına oranına göre daha iyi olduğu Tablo 11'den anlaşılabilir.

Tablo 8: Nesne tespit başarı oranları ile eşleşen öznelik sayıları ilişkisi (tespit başarı oranı / eşleşen öznelik sayısı * 100)

Aykırılık Tespiti ve Öznelik Eleme	ORB	BRIEF	SIFT	SURF
Yüzdelik	7.3	42.6	20.1	6.2
Ortalama	6.1	34.4	16.3	4.8
kNN	8.3	49.6	21.2	7.2

4. Sonuç ve Tartışma

Bu çalışmada SIFT, SURF, BRIEF ve ORB yerel öznelikler, kaba kuvvet ve k-en yakın komşu öznelik eşleştirme yöntemleri kullanılarak foto-kapan görüntülerinde nesne tespit işlemi gerçekleştirilmiştir. Bu yerel öznelik tanımlayıcılarından elde edilen tespit sonuçları ile birlikte, eşleşen öznelik sayıları ve elde edilen sınırlayıcı kutuların boyutları değerlendirilmiştir. Öznelik eşleşme işlemindeki hataların, nesne tespitindeki sınırlayıcı kutuların büyük olmasına neden olduğu ve nesne tespit başarısını düşürdüğü anlaşılmaktadır. Ayrıca eşleşen öznelik sayıları ile nesne tespit başarılarının ilişkisi çıkarılarak, öznelik tanımlayıcılarının eşleşen özneliklerin nesne tespit başarısına etkisi incelenmiştir.

Yerel öznelik tanımlayıcılarının nesne tespit etmede, çok sayıda görüntü barındıran veri setleri ile eğitime ihtiyaç duymadan, birkaç model görüntü kullanılarak başarılı sonuçlar elde edilebileceği gözlemlenmiştir.

Sonraki çalışmalarda yerel öznelik tanımlayıcılarının işlem ve bellek gereksinimleri incelenerek dağıtık ve gömülü sistemler üzerinde uygulanabilirliğinin araştırılması planlanmaktadır.

Teşekkür

Bu çalışma Atatürk Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projelerini destekleme programı kapsamında FYL-2018-6623 proje kodu ile desteklenmiştir.

Kaynaklar

- Andavarapu, N., & Vatsavayi, V. K. (2017). Wild-Animal Recognition in Agriculture Farms Using W-COHOG for Agro-Security. *International Journal of Computational Intelligence Research*, 13(9), 2247-2257.
- Bay, H., Tuytelaars, T., & Van Gool, L. (2006, May). Surf: Speeded up robust features. In *European conference on computer vision* (pp. 404-417). Springer, Berlin, Heidelberg.
- Calonder, M., Lepetit, V., Strecha, C., & Fua, P. (2010, September). Brief: Binary robust independent elementary features. In *European conference on computer vision* (pp. 778-792). Springer, Berlin, Heidelberg.
- Chen, Q., Song, Z., Dong, J., Huang, Z., Hua, Y., & Yan, S. (2015). Contextualizing object detection and classification. *IEEE transactions on pattern analysis and machine intelligence*, 37(1), 13-27.

- Karakuş, P., & Karabörk, H. "Surf Algoritması Kullanılarak Uzaktan Algılama Görüntülerinin Geometrik Kaydı". 5. Uzaktan Algılama-Cbs Sempozyumu (Uzal-Cbs 2014), 14-17 Ekim 2014, İstanbul.
- Karami, E., Prasad, S., & Shehata, M. (2017). Image matching using SIFT, SURF, BRIEF and ORB: performance comparison for distorted images. arXiv preprint arXiv:1710.02726.
- Karami, E., Shehata, M., & Smith, A. (2017). Image Identification Using SIFT Algorithm: Performance Analysis against Different Image Deformations. arXiv preprint arXiv:1710.02728.
- Kays, R., Tilak, S., Kranstauber, B., Jansen, P. A., Carbone, C., Rowcliffe, M. J., ... & He, Z. (2010). Monitoring wild animal communities with arrays of motion sensitive camera traps. arXiv preprint arXiv:1009.5718.
- Khorrani, P., Wang, J., & Huang, T. (2012, November). Multiple animal species detection using robust principal component analysis and large displacement optical flow. In Proceedings of the 21st International Conference on Pattern Recognition (ICPR), Workshop on Visual Observation and Analysis of Animal and Insect Behavior (pp. 11-15).
- Lisin, D. A., Mattar, M. A., Blaschko, M. B., Learned-Miller, E. G., & Benfield, M. C. (2005, June). Combining local and global image features for object class recognition. In Computer vision and pattern recognition-workshops, 2005. CVPR workshops. IEEE Computer society conference on (pp. 47-47). IEEE.
- Lowe, D. G. (1999). Object recognition from local scale-invariant features. In Computer vision, 1999. The proceedings of the seventh IEEE international conference on (Vol. 2, pp. 1150-1157). IEEE.
- Lowe, D. G. (2001). Local feature view clustering for 3D object recognition. In Computer Vision and Pattern Recognition, 2001. CVPR 2001. Proceedings of the 2001 IEEE Computer Society Conference on (Vol. 1, pp. I-I). IEEE.
- Meek, P. D., Ballard, G., Claridge, A., Kays, R., Moseby, K., O'brien, T., & Townsend, S. (2014). Recommended guiding principles for reporting on camera trapping research. *Biodiversity and conservation*, 23(9), 2321-2343.
- Murphy, K., Torralba, A., Eaton, D., & Freeman, W. (2006). Object detection and localization using local and global features. In *Toward Category-Level Object Recognition* (pp. 382-400). Springer, Berlin, Heidelberg.
- Nguyen, H., Maclagan, S. J., Nguyen, T. D., Nguyen, T., Flemons, P., Andrews, K., ... & Phung, D. (2017, October). Animal recognition and identification with deep convolutional neural networks for automated wildlife monitoring. In *Data Science and Advanced Analytics (DSAA), 2017 IEEE International Conference on* (pp. 40-49). IEEE.
- Norouzzadeh, M. S., Nguyen, A., Kosmala, M., Swanson, A., Palmer, M. S., Packer, C., & Clune, J. (2018). Automatically identifying, counting, and describing wild animals in camera-trap images with deep learning. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 201719367.
- Ruble, E., Rabaud, V., Konolige, K., & Bradski, G. (2011, November). ORB: An efficient alternative to SIFT or SURF. In *Computer Vision (ICCV), 2011 IEEE international conference on*(pp. 2564-2571). IEEE.
- Se, S., Lowe, D., & Little, J. (2002). Mobile robot localization and mapping with uncertainty using scale-invariant visual landmarks. *The international Journal of robotics Research*, 21(8), 735-758.
- Snavely, N., Seitz, S. M., & Szeliski, R. (2008, June). Skeletal graphs for efficient structure from motion. In *CVPR (Vol. 1, p. 2)*.
- Tuytelaars, T., & Mikolajczyk, K. (2008). Local invariant feature detectors: a survey. *Foundations and trends® in computer graphics and vision*, 3(3), 177-280.
- Yu, X., Wang, J., Kays, R., Jansen, P. A., Wang, T., & Huang, T. (2013). Automated identification of animal species in camera trap images. *EURASIP Journal on Image and Video Processing*, 2013(1), 52.
- Zhang, J., Marszałek, M., Lazebnik, S., & Schmid, C. (2007). Local features and kernels for classification of texture and object categories: A comprehensive study. *International journal of computer vision*, 73(2), 213-238.
- Zhang, Z., He, Z., Cao, G., & Cao, W. (2016). Animal detection from highly cluttered natural scenes using spatiotemporal object region proposals and patch verification. *IEEE Transactions on Multimedia*, 18(10), 2079-2092.
- Zitnick, C. L., & Dollár, P. (2014, September). Edge boxes: Locating object proposals from edges. In *European conference on computer vision* (pp. 391-405). Springer, Cham.

Synthesis and Some Reactions of Pyrazole-3-carboxylic acid Having Trifluoromethyl Unit

Triflorometil Grubuna Sahip Pirazol-3-karboksilik Asit Sentezi ve Bazı Tepkimeleri

Elif HACIALIOĞLU^{1,a}, Volkan TAŞDEMİR^{2,d}, Hasan GENÇ^{1,b}, İsrail TOZLU^{*1,c}

¹Van Yüzüncü Yıl University, Faculty of Education, Department of Sciences, 65080, Van Turkey

²Van Yüzüncü Yıl University, Science Research and Applied Center, 65080, Van Turkey

• Geliş tarihi / Received: 17.02.2019 • Düzeltilerek geliş tarihi / Received in revised form: 12.06.2019 • Kabul tarihi / Accepted: 19.06.2019

Abstract

4-benzoyl-5-phenyl-1-(4-(trifluoromethyl)phenyl)-1H-pyrazole-3-carboxylic acid **2** was obtained from 4-benzoyl-5-phenyl-2,3-furandione **1** and (4-(trifluoromethyl)phenyl) benzaldehyde-phenyl hydrazone **1a**. Obtained new pyrazole carboxylic acid derivative was converted into acid chloride form. Reaction of new derivatives between acid chloride and some of nucleophiles were progressed. The esters (**4a-c**) were obtained using Schotten Baumann method with the corresponding alcohols and acid chloride (**3**). Pyrazolopiridazinone derivatives (**8, 9, 10**) were obtained as a result of cyclization reactions between pyrazole carboxylic acid and various hydrazines. Additionally, reactions between an acid chloride **3** and certain amines and ureas were carried out to yield amides (**5a, 5b-f**) and carbo-urea (**6a-c**) derivatives. The nitrile compound (**7**) was also synthesized from the amine compound via the removal of water with the use of SOCl₂ and DMF. All synthesized molecules were subjected to antibacterial activity to see their potential as unknown reagent. 6-nitro-3,4-diphenyl-2-(4-(trifluoromethyl)phenyl)-2,6-dihydro-7H-pyrazolo[3,4-d]pyridazin-7-one (**10**) showed antibacterial activity against only the Gram-positive bacteria, Bacillus cereus and Micrococcus luteus, with a MIC value of 32 and 128 µg/mL, respectively. This finding revealed that functional group is important for antibacterial activity. Compound 10 having a nitro group inhibited growing of bacteria more than positive control, streptomycin in two different types of bacteria. This might be a good clue for further investigation about antibacterial agents.

Keywords: Cyclic oxalyl compounds, Cyclization, Fluoride, Pyrazole

Öz

4-Benzoil-5-fenil-2,3-furandion **1** ve (4-(triflorometil)fenil) benzaldehit-fenil hidrazonun **1a** reaksiyonundan 4-benzoil-5-fenil-1-(4-(triflorometil)fenil)-1H-karboksilik asit **2** elde edildi. Elde edilen yeni pirazol karboksilik asit (**2**) türevi, asit klorürüne dönüştürüldü ve çeşitli nükleofillerle asit klorür arasında yeni türevlerin reaksiyonları gerçekleştirildi. Esterler (**4a-c**), ilgili alkoller ve asit klorür (**3**) ile Schotten Baumann metodu kullanılarak elde edildi. Pirazolopiridazinon türevleri (**8, 9, 10**), pirazol karboksilik asit ve çeşitli hidrazinler arasındaki halkalanma reaksiyonları sonucunda elde edildi. Ek olarak, amidleri (**5a, 5b-5f**) ve karbon-üre türevlerini (**6a-c**) elde etmek için asit klorür ile çeşitli aminler ve ürelerle reaksiyonlar gerçekleştirildi. Nitril bileşiği (**7**), SOCl₂ ve DMF kullanılarak amin bileşiğinden suyun uzaklaştırılması ile elde edildi. Sentezlenen tüm moleküller, potansiyel aktivitelerinden dolayı antimikrobiyal aktiviteye tabi tutuldu. Moleküllerden 6-nitro-3,4-difenil-2-(4-(triflorometil)fenil)-2,6-dihidro-7H-pirazolo[3,4-d]piridazin-7-on bileşiğinin (**10**) sadece Gram-pozitif bakterilere karşı antibakteriyal aktivite gösterdi. Bacillus cereus ve Micrococcus luteus, A MIC değerleri 32 ve 128 µg/mL aktif olduğu bulundu. Yapısında nitro grubu bulunduran ve aktivite gösteren 10 nolu molekülden dolayı fonksiyonel grubun aktivite üzerinde önemli bir etkisi olduğu söylenebilir. Ayrıca 10 nolu molekülün pozitif kontrol olan streptomycin antibiyotikinden daha etkili bir zon oluşturduğu da gözlemlendi. Bu durumda etkisini gösterdiği bakteriler için ileri çalışmalar konusunda iyi bir antibiyotik adayı olabilir.

Anahtar kelimeler: Siklik okzalil bileşikler, Halkalanma, Florür, Pirazol,

* İsrail TOZLU; israfiltozlu@gmail.com; Tel: (0432) 225 10 25; orcid.org/0000-0002-9402-2539

^b orcid.org/0000-0003-1454-3279

^a orcid.org/0000-0002-6788-3229

^d orcid.org/0000-0001-5836-784X

1. Introduction

Organic compounds containing fluorine atoms are used in daily life and in many different scientific fields. The majority of pharmaceutical and chemical products that possess fluorine atoms display biological activities and are often using in agriculture (Hagmann, 1994; Banks et al., 1994). Carbon-fluorine bonds are important pharmacophore units in medicine and are also found in naturally occurring organic molecules (Harper et al., 2003). There are two general approaches to the synthesis of fluorine-containing organic compounds; the first of which is the attachment of atomic fluorine directly to the ring, and the second is the attachment of a fluorine-containing functional group to the ring (Baasner et al., 2000; Chambers, 2004). Pyrazole skeletons possessing different functional groups have been utilized in various scientific fields such as biology (Çetin and Bildirici, 2018), medicine (Adnan et al., 2008; Badawey and Ashmawey, 1998), and agriculture (Thomson, 1997; Londershausen, 1996). A plethora of research worldwide has highlighted the importance of pyrazole derivatives. In particular, the synthesis of pyrazole possessing tetrasubstituted compounds from a reaction between 4-benzoyl-5-phenyl-2,3-furandione **1** and various hydrazines or hydrazones has been recently reported (Şener et al., 2007; Akçamur et al., 1997). The compound, 4-benzoyl-5-phenyl-2,3-furandione **1**, yields pyrazole-3-carboxylic acid and pyridazinone derivatives when reacted with hydrazine derivatives (Mengeş and Bildirici, 2017). In the present study, several novel compound derivatives possessing fluorine-containing functional groups attached to the pyrazole ring were synthesized.

2. Experimental

2.1. Instrumentations

All reagents were used commercially available unless otherwise stated, and all solvents were used as received. Melting points were determined using an electrothermal Gallenkamp apparatus and remained uncorrected. Microanalyses were performed using a Carlo Erba elemental analyzer, model EA1108. The IR spectra were obtained in potassium bromide pellets using a Thermo Scientific Nicolet iS10 FTIR spectrometer. Varian XL-400 (400 MHz) and Varian XL-200 (50 MHz) spectrometers were used respectively, using TMS as an internal standard. All experiments were followed by TLC using Merck silica gel 60 F₂₅₄ plates and a CAMAG TLC lamp (254/366 nm).

Properties of molecules such as closed formula, molecule mass(g/mol), melting point (°C), product quantity (mg) and yield (%) are given Table 1.

2.2. 4-benzoyl-5-phenyl-1-(4-(trifluoromethyl)phenyl)-1H-pyrazole-3-carboxylic acid (2)

In the 1/1 molar ratio, dibenzoylmethane and oxalylchloride were reacted in the absence of solvent, under the drying head (CaCl₂). Two days later, the furandione (**1**) was obtained by washing with diethyl ether (Kollenz et al., 1976). (4-(trifluoromethyl)phenyl) benzaldehyde-phenyl hydrazone (**1a**) was obtained as followed: (4-(trifluoromethyl)phenyl) hydrazine (1.1 mmol) and benzaldehyde (1 mmol) were reacted in EtOH (10 mL). After 1 hour, precipitated product, (**1a**), was filtered off and dried at room temperature using without any further purification method (Akçamur et al., 1997). Without any solvent, by adding 4-benzoyl-5-phenyl-2,3-furandione (**1**) (1 mmol) and (4-(trifluoromethyl)phenyl) benzaldehyde-phenyl hydrazone (**1a**) (1 mmol) into a beaker, the mixture was heated to 110°C for about 40 min,. The solid mixture was left cooling till it reaches room temperature and treated with mixture toluene- n-hexan, the obtained material was filtered and purified by crystallization from carbon tetra chloride (CCl₄) **2**; (Şener et al., 2007).; IR(cm⁻¹): 3059 (br, OH, COOH), 2763-2621 (Ar-H), 1689 (C=O, COOH), 1671 (C=O, benzoyl), 1617, 1595, 1580, 1499, 1447, 1434(phenyl and pyrazole rings C-C,C-N), 1256(asm. C-O-C), 853, 829, 796, 771, 724(out-off-plane C-H bend), 688, 671 (out-off-plane rings C-C bend)(Badawey and Ashmawey, 1998).; ¹H-NMR (DMSO): δ =13.32 (s, 1H, OH), 7.81-7.21 (m, 14H, Ar-H); ¹³C-NMR (DMSO): δ =191.3, 162.9, 143.8, 142.4, 138.2, 134.2, 130.4, 130.2, 129.8, 129.6, 129.3, 128.2, 127.0, 124.0; ¹⁹F NMR (56.5MHz, DMSO); -61.50; Anal. Calcd. for C₂₄H₁₆F₃N₂O₃: C, 65.90; H, 3.69; N, 6.40. Found: C, 65.84; H, 3.68; N, 6.39

2.3. 4-benzoyl-5-phenyl-1-(4-(trifluoromethyl)phenyl)-1H-pyrazole-3-carbonyl chloride (3)

Compound 2a (1mmol) was soluted in excess of SOCl₂ (2mL). The reaction flask was stirred at room temperature for 1 day. This compound was used for further reaction without any purification due to its unstable form. Forming of the molecule was determined by FT-IR. IR (cm⁻¹): 3059(Ar-H), 1756 (C=O, acyl), 1663 (C=O, benzoyl).

2.4. Methyl-4-benzoyl-5-phenyl-1-(4-(trifluoromethyl)phenyl)-1H-pyrazole-3-carboxylate (4a)

General Procedure: The acid chloride (**3**) was dissolved in methanol and 2 drops of pyridine were added and refluxed for 3h. The crude product precipitated by addition of 12% HCl to the reaction mixture which was brought to room temperature was filtered and purified by crystallization from the same alcohol (**4a**); IR(cm^{-1}): 3081 (Ar-H), 1734 (C=O, ester), 1669 (C=O); $^1\text{H-NMR}$ (DMSO): δ = 7.83-7.20 (m, 14H, Ar-H), 3.61 (s, 3H, OCH₃); $^{13}\text{C-NMR}$ (DMSO): δ = 191.0, 161.9, 144.2, 142.5, 142.3, 138.2, 134.3, 130.4, 130.3, 129.7, 129.4, 129.3, 127.9, 127.1, 125.8, 124.0, 123.1, 52.7. $^{19}\text{F NMR}$ (56.5 MHz, DMSO): -61.51. *Anal. Calcd.* For C₂₅H₁₈F₃N₂O₂: C, 69.96; H, 4.17; N, 6.09. Found: C, 70.24; H, 4.15; N, 6.06.

2.5. Propyl-4-benzoyl-5-phenyl-1-(4-(trifluoromethyl)phenyl)-1H-pyrazole-3-carboxylate (4b)

IR (cm^{-1}): 3062-2970 (Ar-H), 1741 (C=O, ester), 1669 (C=O); $^1\text{H-NMR}$ (DMSO): δ = 7.83-7.19 (m, 14H, Ar-H), 3.96 (t, J=6.2 Hz, 2H, OCH₂), 1.32 (hex, J=6.2 Hz, 2H, -CH₂-) 0.67 (t, J=6.2 Hz, 3H-CH₃); $^{13}\text{C-NMR}$ (DMSO): δ = 191.0, 161.3, 144.2, 142.6, 142.4, 138.1, 134.4, 130.4, 130.3, 129.8, 129.4, 129.3, 127.9, 127.2, 127.1, 123.8, 67.1, 21.8, 10.8. *Anal. Calcd.* For C₂₇H₂₂F₃N₂O₃: C, 67.63 H, 4.62; N, 5.89. Found: C, 67.42; H, 4.60; N, 5.91

2.6. Butyl 4-benzoyl-5-phenyl-1-(4-(trifluoromethyl)phenyl)-1H-pyrazole-3-carboxylate (4c)

IR(cm^{-1}): 3062 (Ar-H), 1728 (C=O, ester), 1666 (C=O); $^1\text{H-NMR}$ (DMSO): δ = 7.83-7.19 (m, 14H, Ar-H), 4.01 (t, J=6.3 Hz 2H, OCH₂), 1.26 (pentet, J=6.3 Hz, 2H, -CH₂-), 1.07 (hextet, J=7.3 Hz 2H, -CH₂-), 0.72 (t, J=7.3 Hz 3H, -CH₃); $^{13}\text{C-NMR}$ (DMSO): δ = 191.0, 161.3, 144.1, 142.6, 142.3, 138.1, 134.4, 130.4, 130.3, 129.8, 129.4, 129.3, 128.0, 127.2, 127.1, 127.0, 123.8, 65.3, 30.4, 19.1, 14.1. *Anal. Calcd.* For C₂₈H₂₄F₃N₂O₃: C, 68.32 H, 4.71; N, 5.68. Found: C, 68.18; H, 4.68; N, 5.70

2.7. 4-benzoyl-5-phenyl-1-(4-(trifluoromethyl)phenyl)-1H-pyrazole-3-carboxamide (5a)

General Procedure: Acid chloride (**3**) (1mmol) was dissolved in xylene. Aqueous ammonia (2 mmol) was added to reaction flask. The mixture was stirred in ice-water for 24h. Starting material was controlled with TLC method. After the starting material was disappeared, the mixture was filtered and purified by crystallization from methanol (**5a**); IR(cm^{-1}): 3472-3285 (NH₂), 3161 (Ar-H), 1684 (C=O, benzoyl), 1671 (C=O, amide); $^1\text{H-NMR}$ (DMSO-*d*₆): δ = 7.91 (s, 2H, -NH₂) 7.82-7.18 (m, 14H, Ar-H); $^{13}\text{C-NMR}$ (DMSO-*d*₆): δ = 191.4, 162.7, 147.0, 143.8, 142.5, 138.5, 133.9, 130.3, 130.2, 130.0, 129.4, 129.3, 129.2, 128.3, 127.0, 126.9, 125.8, 122.8; *Anal. Calcd.* For C₂₄H₁₆F₃N₃O₃: C, 66.21; H, 3.70; N, 9.65. Found: C, 66.05; H, 3.71; N, 9.61.

2.8. 4-benzoyl-N-butyl-5-phenyl-1-(4-(trifluoromethyl)phenyl)-1H-pyrazole-3-carboxamide (5b)

General Procedure: Acid chloride (**3**) (1mmol) was dissolved in xylene. Butyl amine (2mmol) was added to reaction flask. The mixture was refluxed for 4h. Then it was evaporated, organic layer was treated with dry ether and filtered. Then purified by crystallization from ethyl alcohol (**5b**); IR(cm^{-1}): 3526 (NH), 2961 (Ar-H), 2932 (R-H), 1662 (C=O, amide), 1599 (C=O, benzoyl); $^1\text{H-NMR}$ (DMSO): δ = 8.53 (1H, -NH), 7.82-7.17 (m, 14H, Ar-H), 3.12-3.07 (m, 2H-CH₂), 2.73-2.71 (m, 2H, CH₂-), 1.34-1.31 (m, 2H-CH₂-), 0.86-0.80 (m, 3H, CH₃); $^{13}\text{C-NMR}$ (DMSO): δ = 191.3, 160.7, 147.1, 143.8, 142.5, 138.5, 133.9, 130.8, 130.2, 129.6, 129.4, 129.1, 128.9, 128.3, 127.0, 126.8, 125.8, 122.5, 31.8, 29.8, 20.2, 14.5. *Anal. Calcd.* For C₂₈H₂₄F₃N₃O₂: C, 68.42; H, 4.92; N, 8.55. Found: C, 68.27; H, 4.94; N, 8.51.

2.9. 4-benzoyl-N-hexyl-5-phenyl-1-(4-(trifluoromethyl)phenyl)-1H-pyrazole-3-carboxamide (5c)

IR(cm^{-1}): 3525 (NH), 3058 (Ar-H), 2955 (R-H), 1656 (C=O, amide), 1616 (C=O, benzoyl); $^1\text{H-NMR}$ (DMSO): δ = 8.51 (br, 1H, -NH), 7.82 -7.17 (m, 14H, Ar-H), 3.09-3.07 (m, 2H-CH₂), 2.71-2.47 (m, 2H, CH₂-), 1.54-1.38 (m, 2H, CH₂-), 1.23-1.19 (m, 4H, CH₂-), 0.84-0.79 (m, 3H, CH₃); $^{13}\text{C-NMR}$ (DMSO): δ = 191.3, 160.7, 147.1, 143.8, 142.5, 138.4, 133.9, 130.3, 130.1, 129.6, 129.3, 129.1, 128.3, 127.0, 122.6, 31.5, 29.7, 27.6, 26.5, 22.7, 14.6; $^{19}\text{F NMR}$ (56.5MHz, DMSO); -61.43. *Anal. Calcd.* For C₃₀H₂₈F₃N₃O₂: C, 69.35; H, 5.43; N, 8.09. Found: C, 69.17; H, 5.40; N, 8.06.

2.10. 4-benzoyl-N-octyl-5-phenyl-1-(4-(trifluoromethyl)phenyl)-1H-pyrazole-3-carboxamide (5d)

IR(cm^{-1}): 3378 (-NH), 3063 (Ar-H), 2957 (R-H), 1654 (C=O, amide), 1616 (C=O, benzoyl); $^1\text{H-NMR}$ (DMSO): δ = 8.51-8.49 (m, 1H, -NH), 7.85-7.17 (m, 14H, Ar-H), 3.09-3.06 (m, 2H-CH₂), 2.48-2.47 (m, 2H, CH₂-), 1.39-1.19 (m, 10H, CH₂-), 0.87-0.81 (m, 3H-CH₃); $^{13}\text{C-NMR}$ (DMSO): δ = 191.3, 160.7, 147.1, 143.8, 142.5, 138.5, 133.8, 130.3, 130.2, 129.6, 129.3, 129.1, 128.3, 127.0, 122.6, 31.9, 29.7, 29.3, 27.7, 27.0, 26.5, 22.8, 14.6; *Anal. Calcd.* For C₃₂H₃₂F₃N₃O₂: C, 70.19; H, 5.89; N, 7.67. Found: C, 70.03; H, 5.86; N, 7.64.

2.11. 4-benzoyl-N,N-diethyl-5-phenyl-1-(4-(trifluoromethyl)phenyl)-1H-pyrazole-3-carboxamide (5e)

IR(cm^{-1}): 3531 (NH), 3060 (Ar-H), 2972 (R-H), 1655 (C=O, amide), 1640 (C=O, benzoyl); $^1\text{H-NMR}$ (DMSO): δ = 7.80-7.19 (m, 14H, Ar-H), 3.56-3.25 (m, 2H, CH₂), 3.23-3.20 (m, 2H-CH₂), 1.19-1.11 (m, 3H, CH₃), 0.83-0.77 (m, 3H, CH₃); $^{13}\text{C-NMR}$ (DMSO): δ = 190.5, 162.3, 149.3, 144.7, 142.5, 138.6, 133.5, 130.8, 130.1, 129.6, 129.2, 128.9, 128.5, 127.8, 127.0, 125.8, 122.8, 114.8, 43.3, 41.9, 15.1, 12.6; *Anal. Calcd.* For C₂₈H₂₄F₃N₃O₂: C, 68.42; H, 4.92; N, 8.55. Found: C, 68.25; H, 4.90; N, 8.52.

2.12. 4-benzoyl-N-(tert-butyl)-5-phenyl-1-(4-(trifluoromethyl)phenyl)-1H-pyrazole-3-carboxamide (5f)

IR(cm^{-1}): 3531-3294 (NH), 3131 (Ar-H), 2969-2932 (R-H), 1709 (C=O, amin), 1669 (C=O, benzoyl); $^1\text{H-NMR}$ (DMSO): δ = 10.16 (s, 1H, -NH), 7.94-7.18 (m, 14H, Ar-H), 1.24 (s, 9H, CH₃); $^{13}\text{C-NMR}$ (DMSO): δ = 190.8, 162.2, 151.4, 144.9, 144.4, 142.2, 137.8, 134.4, 130.4, 130.4, 129.9, 129.6, 129.4, 127.9, 127.0, 126.8, 125.8, 123.1, 50.8, 29.1. *Anal. Calcd.* for C₂₈H₂₄F₃N₃O₂: C, 68.42; H, 4.92; N, 8.55. Found: C, 68.29; H, 4.81; N, 8.56.

2.13. 4-benzoyl-N-(methylcarbamoyl)-5-phenyl-1-(4-(trifluoromethyl)phenyl)-1H-pyrazole-3-carboxamide (6a)

General Procedure: Acid chloride (**3**) (1mmol) was dissolved in xylene. Methyl-urea (1mmol) was added to reaction flask. The mixture was refluxed for 5h. Then it was evaporated, organic layer was treated with dry ether and filtered. The compound was crystallized from ethyl alcohol;

IR(cm^{-1}): 3516-3342 (NH), 3067 (Ar-H), 1702 (C=O, urea), 1672 (C=O, benzoyl), 1631 (C=O); $^1\text{H-NMR}$ (DMSO): δ = 10.30 (bs, H, NH), 8.50 (bs, 1H, NH), 7.99-7.17 (m, 14H, Ar-H), 2.49-2.34 (m, 3H, CH₃); $^{13}\text{C-NMR}$ (DMSO): δ = 190.8, 161.7, 153.4, 146.8, 144.7, 144.4, 143.7, 142.2, 138.4, 137.8, 134.4, 133.9, 130.3, 129.5, 128.3, 127.5, 126.9, 125.8, 123.2, 122.6, 26.5. $^{19}\text{F-NMR}$ (56.5MHz, DMSO): -61.42. *Anal. Calcd.* for C₂₆H₁₉F₃N₄O₃: C, 63.41; H, 3.89; N, 11.38. Found: C, 63.20; H, 3.91; N, 11.33.

2.14. 4-benzoyl-N-(ethylcarbamoyl)-5-phenyl-1-(4-(trifluoromethyl)phenyl)-1H-pyrazole-3-carboxamide (6b)

IR(cm^{-1}): 3312 (NH), 3061 (Ar-H), 1701 (C=O, urea), 1665 (C=O, benzoyl), 1618 (C=O); $^1\text{H-NMR}$ (DMSO): δ = 10.25 (br, 1H, -NH), 8.05-8.03 (m, NH-Et), 7.84-7.19 (m, 14H, Ar-H), 3.13-3.09 (m, 2H -CH₂), 1.00-0.95 (m, 3H, CH₃); $^{13}\text{C-NMR}$ (DMSO): δ = 190.8, 161.8, 152.7, 144.7, 144.3, 142.2, 137.8, 134.4, 130.5, 130.4, 129.8, 129.4, 129.4, 127.9, 127.0, 127.0, 126.8, 123.2, 34.7, 15.5. *Anal. Calcd.* for C₂₇H₂₁F₃N₄O₃: C, 64.03; H, 4.18; N, 11.06. Found: C, 63.88; H, 4.20; N, 11.02.

2.15. 4-benzoyl-N-(benzylcarbamoyl)-5-phenyl-1-(4-(trifluoromethyl)phenyl)-1H-pyrazole-3-carboxamide (6c)

IR(cm^{-1}): 3530-3306 (NH), 3062 (Ar-H), 1699 (C=O, urea), 1662 (C=O benzoyl), 1630 (C=O); $^1\text{H-NMR}$ (DMSO): δ = 10.42 (s, 1H, NH), 8.51-8.47 (m, 1H, NH-CH₂), 7.84-7.20 (m, 14H, Ar-H), 4.33-4.31 (m, 2H, CH₂); $^{13}\text{C-NMR}$ (DMSO): δ = 190.7, 161.9, 153.0, 144.8, 144.4, 142.2, 139.8, 137.8, 134.4, 130.4, 129.9, 129.6, 129.4, 129.3, 129.0, 127.9, 127.6, 127.0, 127.0, 126.8, 123.2, 39.8. *Anal. Calcd.* for C₃₁H₂₁F₃N₄O₃: C, 67.15; H, 3.82; N, 10.10. Found: C, 66.95; H, 3.84; N, 10.06.

2.16. 4-benzoyl-5-phenyl-1-(4-(trifluoromethyl)phenyl)-1H-pyrazole-3-carboxamide (7)

The compound acid amide (**5**) (1mmol) was dissolved in a mixture of DMF (0.7mL) and SOCl₂ (0.15mL). The mixture was stirred in ice-water for 24h. Starting material was controlled with TLC method. After the starting material was disappeared, the reaction was stirred by pouring ice into the flask. The formed precipitates were filtrated and crystallized from methanol (**7**); IR(cm^{-1}): 2243 (CN), 1648 (C=O, benzoyl); $^1\text{H-NMR}$

NMR (DMSO): δ =7.84-7.16 (m, 14H, Ar-H); ^{13}C -NMR (DMSO): δ =188.8, 146.6, 141.8, 136.9, 134.1, 131.1, 130.6, 130.4, 130.1, 129.1, 128.9, 127.7, 127.2, 126.7, 125.2, 122.9, 113.4. *Anal.* Calcd. for $\text{C}_{24}\text{H}_{14}\text{F}_3\text{N}_3\text{O}$: C, 69.06; H, 3.38; N, 10.07. Found: C, 68.85; H, 3.39; N, 10.03.

2.17. 3,4,6-triphenyl-2-(4-(trifluoromethyl)phenyl)-2,6-dihydro-7H-pyrazolo[3,4-d]pyridazin-7-one (8)

General Procedure: The compound (2) (1 mmol) was dissolved in xylene at room temperature. Phenyl hydrazine (1mmol) was added to reaction flask. The mixture was refluxed for 5 h. Starting material was controlled with TLC method. After the starting material disappeared, the reaction was left for cooling. The white precipitates were filtrated and recrystallized from xylene (8); identical IR spectrum with literature compound, mp 271°C (Bildirici et al., 2009).; IR(cm^{-1}): 3210 (Ar-H), 1692 (C=O); ^1H -NMR (DMSO): δ =7.81-6.98 (m, 19H, Ar-H); ^{13}C NMR (DMSO-d₆): δ =155.4, 144.5, 143.3, 142.6, 142.6, 142.3, 141.7, 134.2, 131.3, 130.2, 129.9, 129.7, 129.2, 128.7, 128.5, 128.2, 127.9, 127.0, 126.6, 125.7, 122.9, 117.2. *Anal.* Calcd. for $\text{C}_{30}\text{H}_{19}\text{F}_3\text{N}_4\text{O}$: C, 70.86; H,

3.77; N, 11.02. Found: C, 70.77; H, 3.74; N, 11.08.

2.18. 3,4-diphenyl-2-(4-(trifluoromethyl)phenyl)-2,6-dihydro-7H-pyrazolo[3,4-d]pyridazin-7-one (9)

IR(cm^{-1}): 3338-3056 (NH \leftrightarrow OH), 1682 (C=O); ^1H -NMR (DMSO): δ =12.66 (s, 1H, NH \leftrightarrow OH), 7.79-6.93 (m,14H, Ar-H); ^{13}C NMR (DMSO): δ =156.7, 144.3, 143.1, 142.7, 141.2, 137.9, 134.8, 131.3, 130.3, 130.1, 129.9, 129.6, 128.8, 128.6, 127.8, 126.9, 126.6, 117.5. *Anal.* Calcd. for $\text{C}_{24}\text{H}_{15}\text{F}_3\text{N}_4\text{O}$: C, 66.67; H, 3.50; N, 12.96. Found: C, 66.49; H, 3.42; N, 12.88.

2.19. 6-(4-nitrophenyl)-3,4-diphenyl-2-(4-(trifluoromethyl)phenyl)-2,6-dihydro-7H-pyrazolo[3,4-d]pyridazin-7-one (10)

IR(cm^{-1}): 3051 (Ar-H), 1713 (C=O); ^1H -NMR (DMSO): δ =7.81-7.18 (m, 18H, Ar-H); ^{13}C NMR (DMSO-d₆): δ =162.9, 151.3, 144.4, 143.9, 142.8, 140.9, 139.5, 138.5, 138.3, 134.2, 130.3, 130.2, 129.8, 129.5, 129.3, 129.2, 128.9, 128.2, 127.3, 127.0, 126.6, 126.4, 115.9, 113.0. *Anal.* Calcd. for $\text{C}_{30}\text{H}_{18}\text{F}_3\text{N}_5\text{O}_3$: C, 65.10; H, 3.28; N, 12.65. Found: C, 65.01; H, 3.26; N, 12.57.

Table 1. Some physical properties of synthesized compounds

Compound	Closed Formula	Molecule Mass (g/mol)	Melting point (°C)	Product Quantity (mg)	Yield (%)
2	$\text{C}_{24}\text{H}_{16}\text{F}_3\text{N}_2\text{O}_3$	437	218-220	201	46
4a	$\text{C}_{25}\text{H}_{18}\text{F}_3\text{N}_2\text{O}_2$	435	161-163	305	70
4b	$\text{C}_{27}\text{H}_{22}\text{F}_3\text{N}_2\text{O}_3$	479	104-105	383	80
4c	$\text{C}_{28}\text{H}_{24}\text{F}_3\text{N}_2\text{O}_3$	493	103-105	394	80
5a	$\text{C}_{24}\text{H}_{16}\text{F}_3\text{N}_3\text{O}_3$	451	254-256	226	50
5b	$\text{C}_{28}\text{H}_{24}\text{F}_3\text{N}_3\text{O}_2$	491	186-188	392	80
5c	$\text{C}_{30}\text{H}_{28}\text{F}_3\text{N}_3\text{O}_2$	519	147-149	311	60
5d	$\text{C}_{32}\text{H}_{32}\text{F}_3\text{N}_3\text{O}_2$	547	199-200	301	55
5e	$\text{C}_{28}\text{H}_{24}\text{F}_3\text{N}_3\text{O}_2$	491	100-102	329	67
5f	$\text{C}_{28}\text{H}_{24}\text{F}_3\text{N}_3\text{O}_2$	491	217-218	275	56
6a	$\text{C}_{26}\text{H}_{19}\text{F}_3\text{N}_4\text{O}_3$	492	227-228	271	55
6b	$\text{C}_{27}\text{H}_{21}\text{F}_3\text{N}_4\text{O}_3$	506	190-191	304	60
6c	$\text{C}_{31}\text{H}_{21}\text{F}_3\text{N}_4\text{O}_3$	554	238-239	111	20
7	$\text{C}_{24}\text{H}_{14}\text{F}_3\text{N}_3\text{O}$	417	124-125	238	57
8	$\text{C}_{30}\text{H}_{19}\text{F}_3\text{N}_4\text{O}$	508	195-197	305	60
9	$\text{C}_{24}\text{H}_{15}\text{F}_3\text{N}_4\text{O}$	432	294-296	181	42
10	$\text{C}_{30}\text{H}_{18}\text{F}_3\text{N}_5\text{O}_3$	553	262-263	221	40

2.20. Determination of Antimicrobial Activity

A series of pyrazole-3-carboxylic acid **2** derivatives were synthesized and examined for antimicrobial activity according to the disc diffusion method proposed by Bauer et al., in 1966 (Bauer et al., 1966). To this end, 5-mm-diameter discs of Whatman® No. 1 filter paper were impregnated with 10 µL of each 25 µg pyrazole carboxylic acid derivative dissolved in dimethyl sulfoxide (DMSO), which was subsequently allowed to dry. Streptomycin (10 µg) and nalidixic acid (10 µg), and *Saccharomyces cerevisiae* were used as the control antibiotics and microorganism, respectively.

The turbidity of the microbial cultures produced in Mueller–Hinton broth and potato dextrose broth was adjusted to McFarland standard turbidity tube No. 10. *Bacillus cereus* ATCC 7064, *Escherichia coli* ATCC 4230, *Micrococcus luteus* ATCC 9345, and *Staphylococcus aureus* ATCC 6538 were plated on Mueller–Hinton agar using a glass spreader. *Saccharomyces cerevisiae* ATCC 9763 was plated on potato dextrose agar in the same manner.

The impregnated discs containing the pyrazole carboxylic acid derivatives were placed at regular

intervals on the surface of the microbial-seeded agar, and the Petri dishes were allowed to incubate at 37°C for 24 hours. Following incubation, inhibition zones around the discs were evaluated as positive for antimicrobial activity. Minimum inhibitory concentration (MIC) values were also determined for the pyrazole carboxylic acid derivatives that were shown to be positive for antimicrobial activity. Solutions were prepared at concentrations of 8-250 µg/mL in Mueller-Hinton broth and potato dextrose broth, which were inoculated with 100 µl *B. cereus* or *M. luteus* solutions adjusted to McFarland standard turbidity tube No. 10, and allowed to incubate for 24 hours at 37°C. Following incubation, the tube series was examined, and the lowest concentration at which urea was not found was determined to be the MIC (Wayne et al., 2003; Jorgensen and Ferraro., 2009).

3. Results and Discussion

3.1. Chemistry

Solvent-free heating of 2,3-furandione **1** and hydrazone derivative **1a** gave pyrazole-3-carboxylic acid **2**, which was synthesized via different routes to obtain an approximate yield of 46% (Figure 1).

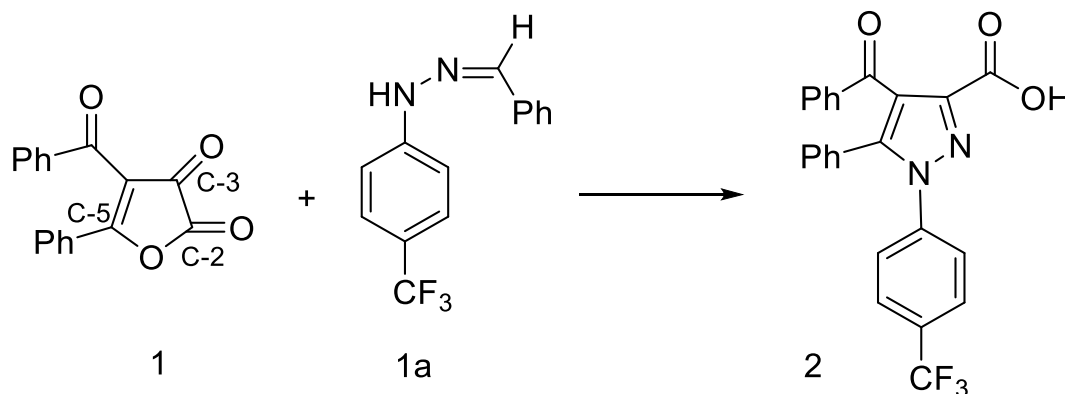


Figure 1. Synthesis of compound 2.

From the chemical behaviour of 4-benzoyl-5-phenylfuran-2,3-dione **1**, it can be interpreted that the reaction resulted in a moderate yield. Different reactivity of 2,3-furandiones led to a dozen different compounds. The C-2, C-3, and C-5 atoms of 2,3-furandiones are susceptible to attack by nucleophiles (Yıldırım et al., 1995; Kappe et

al., 1995). With this information, 2,3-furandione was reacted with hydrazine derivative **1a**. In Figure 1, a similar reaction pathway to that discussed for 4-benzoyl-5-phenyl-2,3-furandione (Şener et al., 2002) is plotted from furandione **1** to pyrazole carboxylic acid **2**.

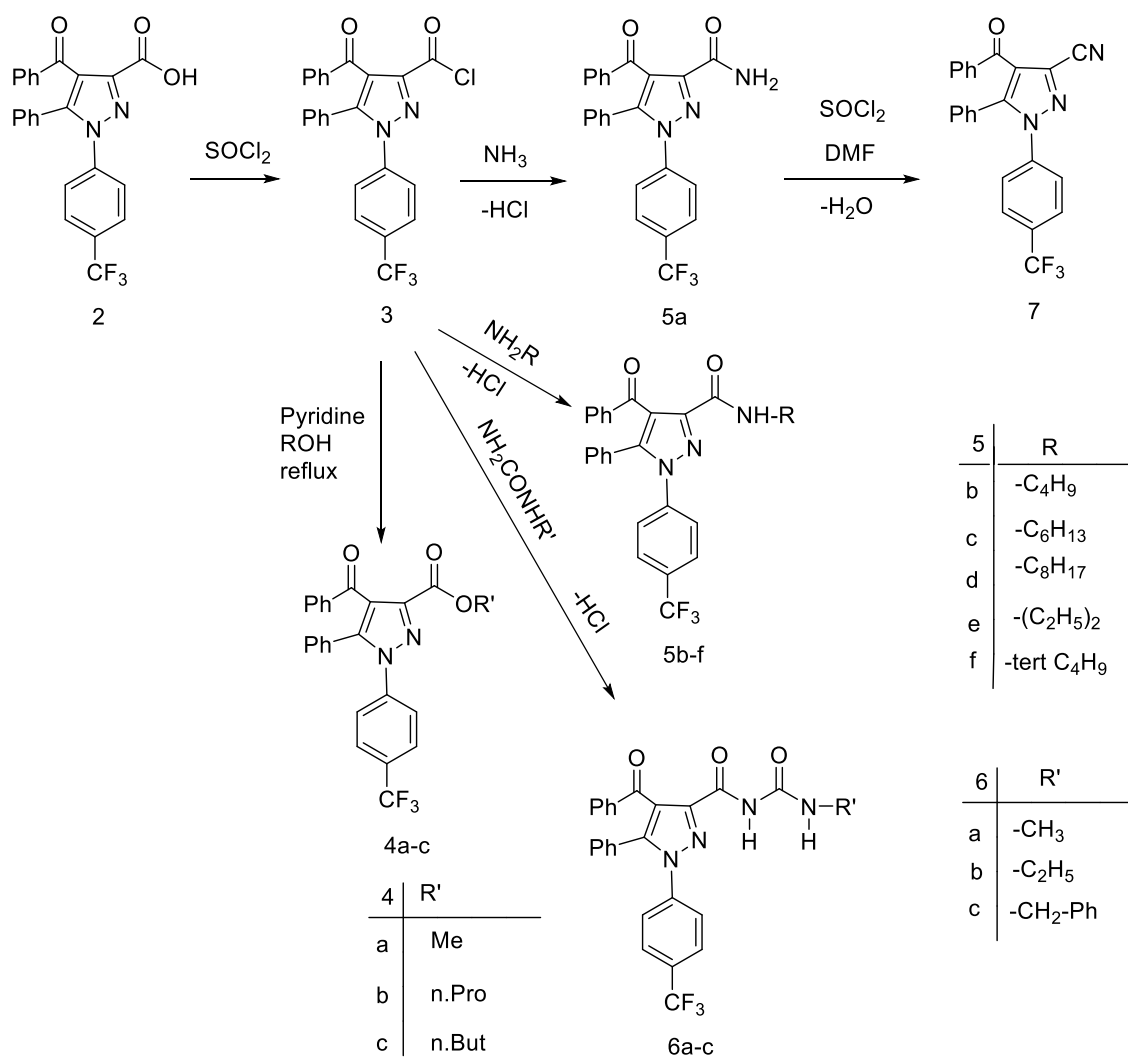


Figure 2. Reactions of pyrazole carboxylic acid with nucleophiles.

Compound **2** was determined from analytical and spectral data (see **Experimental**). Moreover, the acid **2** could be turned into the corresponding acid chloride **3**, which is known (Menozzi et al., 1987; Scherowsky and Franke, 1974), ester **4a-c**, amide **5a-f**, and nitrile **7** derivatives by the common chemical methods (Figure 2). Acid chloride **3** was reacted with primary and secondary amines, resulting in **5a-f**. Furthermore, acid chloride **3** was reacted with urea and its derivatives to obtain **6a-c**.

The carboxylic acid functional group on C-3 and the benzoyl group on C-4 of pyrazole can be reacted with hydrazines to give rise to the pyrazolopyridazin(on)e system (Akbas and Berber, 2005). Pyrazole carboxylic acid **2** was therefore cyclized with hydrazine hydrate to obtain an approximate 42% yield of pyrazolopyridazinone **9** (Figure 3), of which both itself and its tautomeric form are known (Shawali, 1977).

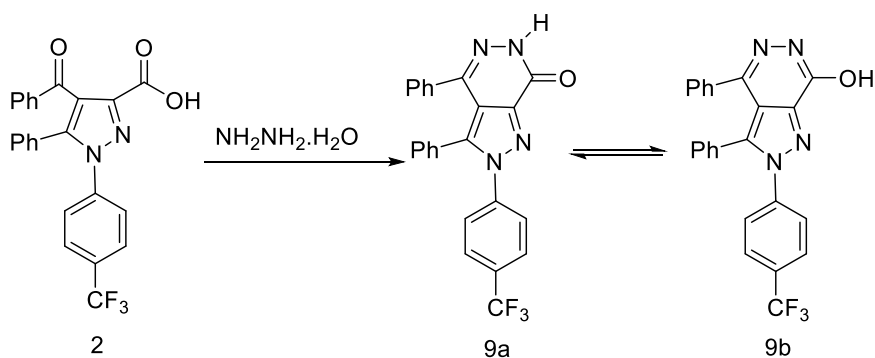


Figure 3. Reaction between pyrazole carboxylic acid and hydrazine hydrate.

In addition, the acid compound was reacted with various hydrazines to produce pyrazolopyridazinones **8** and **10** (Figure 4). Structural determination of the synthesized

pyrazole derivatives acquired from **2** were validated by analytical and FT-IR ¹H- and ¹³C-NMR spectroscopic data (see Experimental).

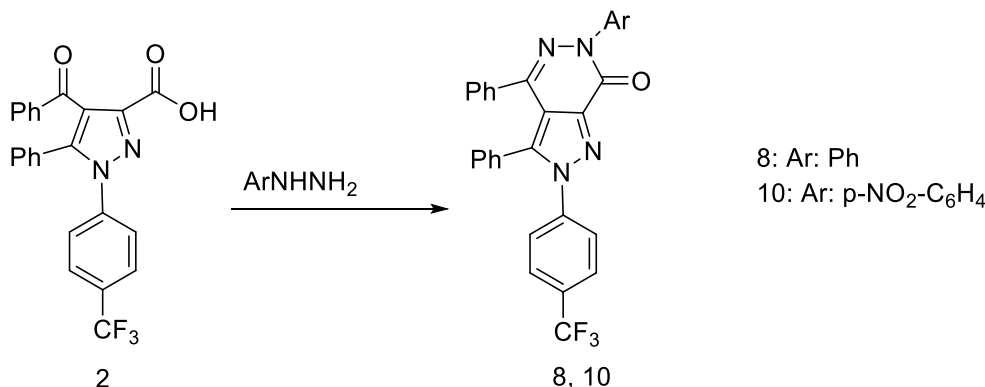


Figure 4. Reaction of pyrazole carboxylic acid with substituted hydrazines.

We have analyzed spectral data of all synthesized molecules. It is worth to say that; When the spectra of IR, ¹H-NMR and ¹³C-NMR of the synthesized pyrazole carboxylic acid, ester, amide and urea derivatives are examined, the carbonyl groups show generally and respectively vibration at 3059 cm⁻¹, 1734 cm⁻¹, 1671 cm⁻¹ and 1702 cm⁻¹ (Şener et al., 2004). Chemical shift observed at 13.32 ppm for compound **2** belongs to OH group. While OCH₂ group of ester (**4a-c**) derivatives resonate between 3.61 and 4.01 ppm, NH protons of amide group (**5a-f**) resonated between 7.91 and 10.16 ppm. Furthermore, NH protons of urea (**6a-c**) appear to be resonance at 10.30 ppm, 10.25 ppm, 10.42 ppm. Also carbon of the carbonyl group which attached to the phenyl group appears to be at 191.0 ppm and the carbonyl group attached to the acid group appears to be at 161.9 ppm. The carbonyl carbons of the ester, amide and urea derivatives generally and respectively appear

to be at 161.0, 162.0 and 153.0 ppm (Genç et al., 2019). Spectral data are in good agreement with literature.

3.2. Antimicrobial Activity

In recent years, it has been shown that pyrazole derivatives display antimicrobial effects (Abunada et al., 2008; Sarma et al., 2010). Results of the disk diffusion and MIC experiments show that only compound **10** possessed antimicrobial activities (Table 2), in which there is an identical nitro group attached to the phenyl ring. Furthermore, compound **10** showed antibacterial activity against only the Gram-positive bacteria, *B. cereus* and *M. luteus*, with a MIC value of 32 and 128 µg/mL, respectively. This finding revealed that functional group is important for antibacterial activity.

Table 2. Antimicrobial activity of the title compounds

Compd.	Zone of inhibition, mm					MIC, µg/mL				
	<i>B. cereus</i>	<i>E. coli</i>	<i>M. luteus</i>	<i>S. aureus</i>	<i>S. cerevisiae</i>	<i>B. cereus</i>	<i>E. coli</i>	<i>M. luteus</i>	<i>S. aureus</i>	<i>S. cerevisiae</i>
2	S	S	S	S	S	-	-	-	-	-
4a	S	S	S	S	S	-	-	-	-	-
4b	S	S	S	S	S	-	-	-	-	-
4c	S	S	S	S	S	-	-	-	-	-
5a	S	S	S	S	S	-	-	-	-	-
5b	S	S	S	S	S	-	-	-	-	-
5c	S	S	S	S	S	-	-	-	-	-
5d	S	S	S	S	S	-	-	-	-	-
5e	S	S	S	S	S	-	-	-	-	-
5f	S	S	S	S	S	-	-	-	-	-
6a	S	S	S	S	S	-	-	-	-	-
6b	S	S	S	S	S	-	-	-	-	-
6c	S	S	S	S	S	-	-	-	-	-

Table 2. continued

Zone of inhibition, mm						MIC, µg/mL				
Compd.	<i>B. cereus</i>	<i>E. coli</i>	<i>M. luteus</i>	<i>S. aureus</i>	<i>S. cerevisiae</i>	<i>B. cereus</i>	<i>E. coli</i>	<i>M. luteus</i>	<i>S. aureus</i>	<i>S. cerevisiae</i>
7	S	S	S	S	S	-	-	-	-	-
8	S	S	S	S	S	-	-	-	-	-
9	S	S	S	S	S	-	-	-	-	-
10	9	S	9	S	S	32	-	128	-	-
Streptomycin	24	20	12	16	- ^a	15	-	-	-	-
Nalidixic acid	-	-	-	-	14	-	-	-	-	-

S: strength, a: not active by 256 µg/mL

4. Conclusions

In the present study, a pyrazole carboxylic acid compound possessing a trifluoromethyl group was synthesized, and its acid chloride derivative was subjected to nucleophilic substitution reactions resulting in amide, ester, and urea derivatives possessing a trifluoromethyl group. These molecules may be very important due to the fluoride atom, which has unique properties in protein binding. Moreover, all the synthesized molecules were tested to elucidate a good candidate for an antibacterial. The successful antibacterial molecule had a nitro-phenyl unit and a MIC value of 32 and 128 µg/mL against the Gram-positive bacteria, *B. cereus* and *M. luteus*, respectively. This result indicated that nitro group on pyrazolopyrazinone has an effect on bacteria. We have seen that nitro group is a versatile and unique functional group in medicinal chemistry (Nepali et al., 2019). With this information, this type of molecules might be considered as antibacterial candidate for further studies.

References

- Adnan, A.B., Ashour, H.M.A., Ghany, Y.S.A., Bekhit, A.E.D.A. and Baraka, A., 2008. Synthesis and biological evaluation of some thiazolyl and thiadiazolyl derivatives of 1H-pyrazole as anti-inflammatory antimicrobial agents. *European Journal of Medicinal Chemistry*, 43, 456-463.
- Abunada., N.M., Hassaneen, H.M., Nadia, G.K. and Miqdad, A.O., 2008. Synthesis and Antimicrobial Activity of Some New Pyrazole, Fused Pyrazolo[3,4-d]-pyrimidine and Pyrazolo[4,3-e][1,2,4]-triazolo[1,5-c]pyrimidine Derivatives. *Molecules*, 13, 1501-1517.
- Akbas, E. and Berber, I., 2005. Antibacterial and antifungal activities of new pyrazolo [3, 4-d] pyridazin derivatives, *European Journal of Medicinal Chemistry*, 40, 401-405.
- Akçamur, Y., Şener, A., İpekoglu, A.M. and Kollenz, G., 1997., Functionalization and cyclization reactions of 4-benzoyl-1,5-diphenyl-1H-pyrazole-3-carboxylic acid, *Journal of Heterocyclic Chemistry*, 34, 221-224.
- Baasner, B., Hagemann, H. and Tatlow, J.C., 2000. *Houben-Weyl Organofluorine Compounds: Thieme: Stuttgart, Germany.*, 740 p.
- Badawey, E.S.A.M. and El-Ashmawey, I.M., 1998. Nonsteroidal antiinflammatory agents - Part 1: Antiinflammatory, analgesic and antipyretic activity of some new 1-(pyrimidin-2-yl)-3-pyrazolin-5-ones and 2-(pyrimidin-2-yl)-1,2,4,5,6,7-hexahydro-3H-indazol-3-ones. *European Journal of Medicinal Chemistry*, 33, 349-361.
- Banks, R.E., Smart, S.E and Tatlow, J.C., 1994. *Organofluorine Chemistry. Principles and Commercial Applications: New York, Plenum Press.*, 52-200.
- Bauer, A.W., Kirby, W.M.M., Sherris, J.C. and Turck, M., 1966. Antibiotic susceptibility testing by a standardized single disk method, *American Journal of Clinical Pathology*, 45, 493-496.
- Bildirici, İ., Şener, A., Atalan, E., Battal, A. and Genç, H., 2009. Synthesis and Antibacterial Activity of 4-benzoyl-1-(4-carboxy-phenyl)-5-phenyl-1H-pyrazole-3-carboxylic Acid and Derivatives, *Medicinal Chemistry Research*, 18, 327-340.
- Çetin, A., Bildirici, İ., 2018. A study on synthesis and antimicrobial activity of 4-acyl-pyrazoles. *Journal of Saudi Chemical Society*, 22, 279-296.
- Chambers, R.D., 2004. *Fluorine in Organic Chemistry: Oxford, Blackwell Publishing, Oxford*, 406p.
- Genç, H., Tasdemir, V., Tozlu, I. and Ögün, E., 2019. Synthesis of Novel Tetra-Substituted Pyrazole Derivatives from 2,3- Furandione, *Letters in Organic Chemistry*, doi: 10.2174/1570178616666190314150302

- Hagmann, W.K., 2008. The Many Roles for Fluorine in Medicinal Chemistry, *Journal of Medicinal Chemistry*, 51, 4359-4369.
- Harper, D.B., O'Hagan, D. and Murphy, C.B., 2003. Fluorinated Natural Products: Occurrence and Biosynthesis. *Natural Production of Organohalogen Compounds; Handbook of Environmental Chemistry: Berlin, Heidelberg, Springer*, 141p.
- Jorgensen, J.H. and Ferraro M.J., 2009. Antimicrobial susceptibility testing: a review of general principles and contemporary practices, *Clinical Infectious Diseases* 49, 1749-1755.
- Kappe, C.O. Terpetsching, E., Penn, G., Kollenz, G., Peters, K., Peters, E.M. and VonSchnering, H.G., 1995. Reactions of cyclic oxalyl compounds, 37. Substituent effects on the site of nucleophilic attack at 1H-pyrrole-2,3-diones. *Liebigs Annalen der Chemie*, 3, 537-543.
- Kollenz, G., Ziegler, E. Ott, W. and Igel, H., 1976. Synthesen von Heterocyclen, CC1 Reaktionen mit cyclischen Oxalylverbindungen, XVIII2 Zur Reaktion von 4-Benzoyl-5-phenyl-2,3-dihydrofuran-2,3-dion mit H-aktiven Nucleophilen., *Z.Naturforsch*, 31B, 1511-1514.
- Londershausen, M., 1996. Approaches to New Parasiticides. *Pesticide Science*, 48, 269-292.
- Menges, N. and Bildirici, İ., 2017. Synthesis and evaluation of aromaticity and tautomerization of pyrazolopyridazin(on)es. *Journal of Chemical Sciences*, 129, 741-752.
- Menozzi, G., Mosti, L. and Schenone, P., 1987. Reaction of 2-dimethylaminomethylene-1,3-diones with dinucleophiles. VI. Synthesis of ethyl or methyl 1,5-disubstituted 1H-pyrazole-4-carboxylates. *Journal of Heterocyclic Chemistry*, 24, 1669-1675.
- Nepali, K., Lee, H.Y. and Liou, J.P., 2019. Nitro-Group-Containing Drugs. *Journal of Medicinal Chemistry*, 62, 2851-2893.
- Sarma, K.N. Subha, M.C.S and Rao, K.C., 2010. A facial synthesis and antimicrobial activity of some pyrazole derivatives carrying indole. *European Journal of Chemistry*, 7, 745-750.
- Scherowsky, G. and Franke, H., 1974. Thermolyse von 2-methoxy-2.3.5-triaryl-1.3.4-oxadiazolinen in gegenwart von abfangreagenzien, *Tetrahedron Letter*, 18, 1673-1676.
- Şener, A., Genc, H., Tozlu, I. and Şener, M.K., 2004. Studies on the Reactions of 4-Ethoxycarbonyl-5-phenyl-2,3-dihydro-2,3-furandione with Some NH Nucleophiles. *Turkish Journal of Chemistry*, 28, 659-665.
- Şener, A., Kasımoğulları, R., Şener, M.K., Bildirici, İ., Akçamur, Y., 2002. Studies on the reactions of cyclic oxalyl compounds with hydrazines or hydrazones: Synthesis and reactions of 4-benzoyl-1-(3-nitrophenyl)-5-phenyl-1H-pyrazole-3-carboxylic acid. *Journal of Heterocyclic Chemistry*, 39, 869-875.
- Şener, A., Tozlu, İ., Genç, H., Bildirici, İ. and Arısoy, K., 2007. Synthesis and some reactions of 4-(ethoxycarbonyl)-1,5-diphenyl-1H-pyrazole-3-carboxylic acid. *Journal of Heterocyclic Chemistry*, 44, 1077-1081.
- Shawali, S., 1977. Synthesis and tautomeric structure of some 2H-pyrazolo[3,4-d]pyridazines. *Journal of Heterocyclic Chemistry*, 14, 375-381.
- Thomson, W.T., 1997. *Agricultural chemicals-Book II. Herbicides: California, USA, Thomson Publications*, 268p.
- Wayne, P., 2003. *National Committee for Clinical Laboratory Standards: NCCLS Document M7-A6 6th edition, USA*, 19-97.
- Yıldırım, İ., Sarıpınar, E., Güzel, Y., Patat, Ş. and Akçamur, Y., 1995. Theoretical investigations on the mechanism of interaction of 4-formyl furan-2, 3-dione and urea, *Journal of Molecular Structure: THEOCHEM*, 334, 165-171.

Kırşehir (Akpınar) Bölgesi Lösititlerinin Kaplama Taşı Olarak Kullanılabilirliği*Usability of Leucitites of Kırşehir (Akpınar) Region as Covering Stone***Zeynel BAŞIBÜYÜK^{*1,a}, Gökhan EKİNCİOĞLU^{2,b}**¹*Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Mimarlık Fakültesi, Ahi Evran Üniversitesi, Kırşehir, Türkiye*²*Madencilik ve Maden Çıkarma Bölümü, Kaman M Y O, Ahi Evran Üniversitesi, Kırşehir, Türkiye*

• Geliş tarihi / Received: 20.02.2019 • Düzeltilerek geliş tarihi / Received in revised form: 27.05.2019 • Kabul tarihi / Accepted: 21.06.2019

Öz

Lösitit, dünyada nadir olarak gözlenen foidolit kaya grubu içerisinde tanımlanan bir magmatik kayadır. Bu çalışma kapsamında Kırşehir ili kaman ilçesi İsa Hocalı köyünün 1 km kuzey batısında bulunan lösitit kayacının yayılımı, renk ve doku devamlılığı, mineralojik-petrografik, fiziksel-mekanik özellikleri belirlenmiş ve jeokimyasal analizleri yapılmıştır. Elde edilen verilere göre TS 6234 standardına göre lösititin zemin ve duvar kaplaması olarak kullanılabilir olduğu belirlenmiştir. Ülkemizde üretimi gerçekleştirilen granitler çoğunlukla gri renklidir. Çalışma alanındaki lösititlerin koyu rengi ve kendine has leopar dokusundan dolayı “Kırşehir Leopar” ismi ile ticari değere sahip olabileceği öngörülmektedir. Kırşehir bölgesi lösititlerinin üretime kazandırılması ile doğal taş sektör ürün portföyünde farklı renk ve dokuda kayaç kazandırılarak hem bölge, hem de ülke ekonomisine katkı sunacağı düşünülmektedir.

Anahtar kelimeler: Doğal Taş, Fiziksel ve Mekanik Özellikler, Kırşehir Leopar, Lösit

Abstract

Leucitites is a magmatic rock, which is rarely found in the foidolite rock group. Leucitites rock is located 1 km north-west of İsa Hocalı village in the Kaman district of Kırşehir province. In this study, the distribution of leucite, color and texture continuity, mineralogical-petrographical and physical-mechanical properties were determined and geochemical analyzes were performed. According to the data obtained, it has been identified that leucitite can be used as floor and wall covering according to TS 6234 standard. Granites produced in our country are mostly gray colored. The Leucitite in the study area has a dark color and unique leopard tissue. Therefore, it is predicted that it may have commercial value with the name “Kırşehir Leopar”. By bringing the leucites of Kırşehir region into production, it is thought that the natural stone sector will contribute to the economy of the region and the country by adding rock in different color and texture in the product portfolio.

Keywords: Natural Stone, Physical and Mechanical Properties, Kırşehir Leopard, Leucite

^{*a}Zeynel BAŞIBÜYÜK; zbasibuyuk@ahievran.edu.tr; Tel: (0386) 280 38 06; orcid.org/0000-0003-2845-148X

^borcid.org/0000-0001-9377-6817

1. Giriş

Lösitit kayacı doğal taş sektöründe ticari isim olarak “Granit” olarak adlandırılan kesilip parlatılabilen magmatik derinlik kayaçları içerisinde bulunur. Granitler estetik görünümü ve atmosferik şartlarda bozunmaya karşı gösterdiği direnç nedeni ile yapı sektöründe zemin ve duvar kaplaması olarak birçok alanda kullanılmaktadır. Ülkemiz granit sahalarını Batı Anadolu Granitleri, Orta Anadolu Granitleri ve Kuzeydoğu Anadolu Granitleri şeklinde ana hatlarıyla gruplandırabilir (Taşlıgil ve Şahin, 2016). Türkiye’deki önemli granit rezervleri Ordu, Rize, Trabzon, Balıkesir, Kırklareli, Kırşehir, Bolu, İzmit, Çanakkale ve İzmir’de bulunmaktadır. Parlak görünümü ve dayanıklılığı ile genellikle gelişmiş ülkelerde tercih edilen granitin kullanımı son zamanlarda ülkemizde de yaygınlaşmaya başlamıştır (TCTB, 2018).

Ülkemizde yaygın olarak üretimi gerçekleştirilen ve ticari olarak değerlendirilen granitler, Aksaray Yaylak, Bulancak Füme, Bergama Gri ve Hisar Gri’dir. Bahsi geçen ticari değere sahip ülkemiz granitleri gri renk tonlarında karşımıza çıkmakta olup renk çeşitliliği bakımından oldukça sınırlı kalmaktadır. Bu nedenle ülkemiz granit ticari potansiyelinin artırılması noktasında renk ve doku çeşitliliğinin artırılması önem arz etmektedir. Doğada nadir olarak gözlenen feldispatoidli kayaçlardan, foidolit kaya grubu içerisinde tanımlanan lösitit kayacı, koyu renk tonu ve leopar benzeri dokusu nedeni ile oldukça dikkat çekici bir doğal taştır.

Bu çalışmanın amacı çalışma sahasındaki kendine özgü farklı doku ve renk bileşimine sahip olan lösitit kayacının, arazideki durumunu belirlemek, mineralojik-petrografik ve fiziko-mekanik özelliklerin belirlenmesi sonucunda, doğal taş sektörüne kazandırmak ve böylece hem bölge hem de ülke ekonomisine katkı sunabilmektir.

2. Materyal ve Yöntem

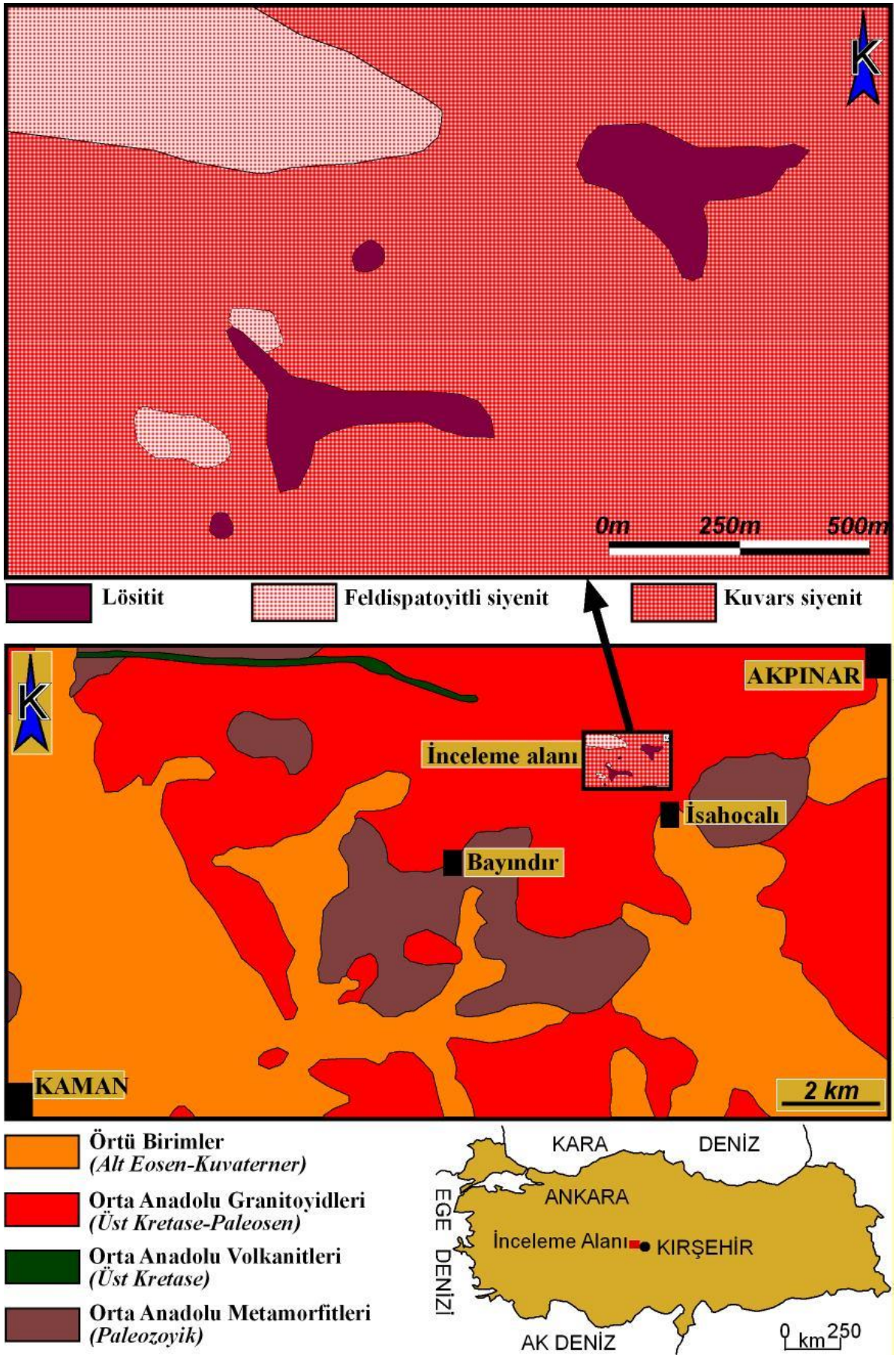
İnceleme alanındaki lösititlerin yayılımları, renk ve doku devamlılıkları ile diğer kayaçlarla olan dokanak ilişkilerinin belirlenmesi amacı ile jeolojik arazi çalışmaları yapılmıştır. Yüzey kaplama taşı olarak işletilebilir potansiyeline sahip olduğu düşünülen 3 farklı lokasyondan, lösititleri temsilen kimyasal analiz, ince kesit incelemeleri ve kayaçların fiziko-mekanik özelliklerinin belirlenmesi amacıyla altere olmayan seviyelerden örnekler alınmıştır. Lösititin ana element analizi XRF yöntemi ile

Kütahya Dumlupınar Üniversitesi İLTEM Laboratuvarında gerçekleştirilmiştir. Mineralojik-petrografik özelliklerin tespit edilmesi amacıyla alınan örneklerden Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü İnce Kesit Laboratuvarı’nda ince kesitler hazırlanmıştır. Araziden alınan numuneler özgül ağırlığı, birim hacim ağırlığı, görünür porozitesi, toplam porozitesi, böhme yüzey aşınması, Shore sertlik değerleri ve basınç dayanımı gibi fiziksel ve mekanik özelliklerin TS EN 13755 (2014), TS EN 14157 (2017), TS EN 1926 (2013), ISRM (2007)’e göre belirlenmesi amacıyla Ahi Evran Üniversitesi Kaman Meslek Yüksekokulu Madencilik ve Maden Çıkarma Bölümü Taş Analiz Laboratuvarı’nda belirli ebatlarda kesilmiş ve analizler gerçekleştirilmiştir. Elde edilen veriler sonucunda Kırşehir Leopar numunelerinin TS 6234 standardında göre yüzey ve duvar kaplaması olarak kullanılabilirliği araştırılmıştır.

3. Jeoloji

İnceleme sahasındaki en yaşlı seviyeyi şist, gnays, amfibolit ve mermerlerden oluşan Paleozoyik yaşlı Orta Anadolu Metamorfitleri oluşturmaktadır. Seymen (1981), yaptığı çalışmada birimi 3 formasyona ayırmıştır. Bunlar yaşlıdan gence doğru, Kalkanlıdağ, Tamadağ ve Bozçaldağ formasyonlarıdır. Üst Kretasede dasit-riyolit-riyodasit bileşimli Orta Anadolu Volkanitleri ve Üst Kretase-Paleosen yaşlı granit-siyenit-monzonit bileşimli Orta Anadolu Granitoidleri kendinden yaşlı birimleri keserek yerleşmişlerdir. Tüm bu birimleri Alt-Orta Eosen-Kuvaterner yaşlı sedimenter birimler uyumsuzlukla örtmektedir (Şekil 1).

Bölge ve yakın çevresinde bulunan magmatik kayaçlar, Erler ve Bayhan (1995) tarafından “Orta Anadolu Granitoidleri” olarak tanımlanmıştır. Granit, siyenit ve monzonit bileşimine sahip bu kayaçlar Üst Kretase-Paleosen yaşlıdır (Otlu, 1998; Boztuğ vd., 2009). Orta Anadolu Metamorfitleri ve Orta Anadolu Granitoidleri, Eosen – Kuvaterner yaşlı denizel ve karasal kaya birimleri tarafından örtülmektedir. Çakıtaşı, kumtaşı, silttaşı, kiltası, kireçtaşı ve yer yer tuf, jipsli seviyelerin aralanmasından oluşan bu birimler, yaşlıdan gence doğru, Baraklı Formasyonu, Arzılar Kireçtaşı Üyesi, Meşeköy Formasyonu, Kozaklı Kireçtaşı Üyesi, Kızılırmak Formasyonu, traverten ve alüvyon olarak tanımlanmıştır (Kara ve Dönmez, 1990; Otlu ve Boztuğ, 1998; Boztuğ vd., 2009).

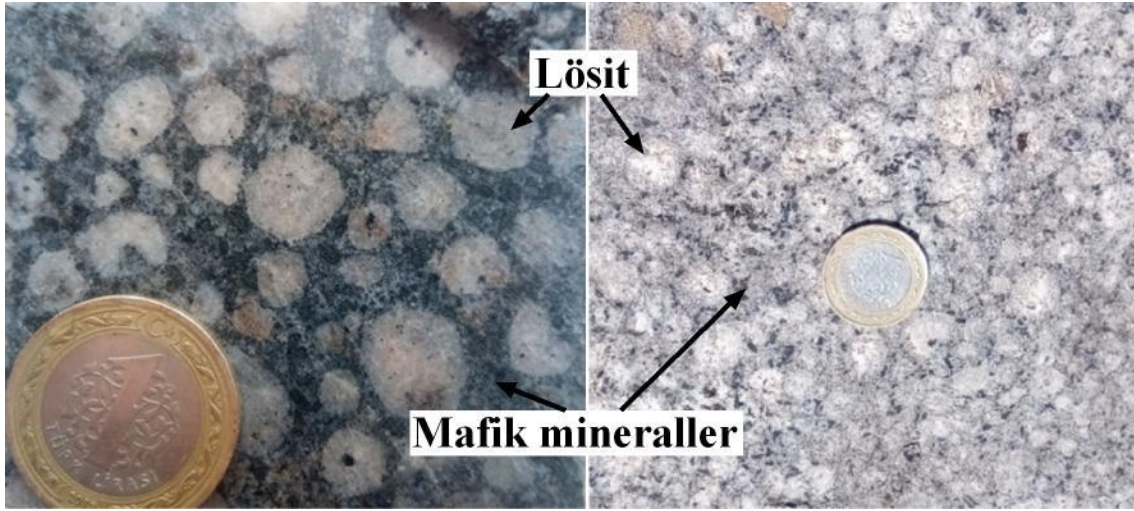


Şekil 1. İnceleme alanının jeoloji haritası (Kara ve Dönmez, 1990)

3.1. Arazi Çalışmaları

Orta Anadolu Granitoidleri içerisinde bulunan lösit inceleme sahasında KD-GB yönünde uzanan bir hat boyunca yayılım göstermekte ve genellikle bölgedeki en üst topoğrafyalarda yüzlek vermektedir. Birim sert, tıkız ve masif bir yapıya sahiptir ve altere olmamıştır. Bölgede iki hakim seleksiyona sahip olarak gözlenmiştir. İnceleme sahasının GB tarafında mafik mineral içeriğindeki

zenginleşmeden dolayı daha koyu bir tona sahipken diğer lokasyonlarda mafik mineral içeriğindeki azalma nedeni ile daha açık bir tona sahiptir (Şekil 2). Yüzeysel ve hidrotermal alterasyondan pek fazla etkilenmemesi kayacın blok verimini arttırıcı bir etken oluştururken, birim içerisinde yer yer gözlenen soğuma çatlakları (Şekil 3) blok verimini olumsuz etkileyici bir neden olarak açığa çıkmaktadır.



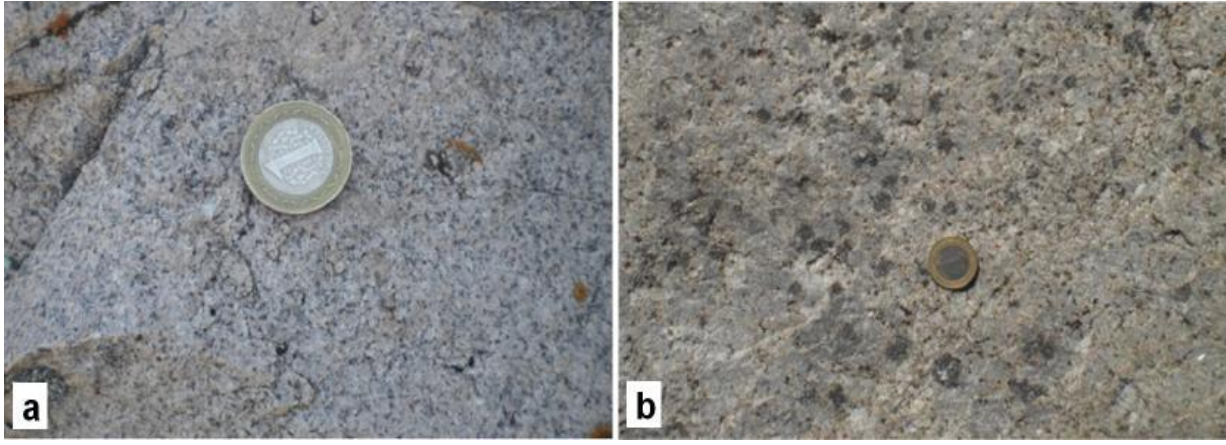
Şekil 2. Lösitlerde mafik mineral içeriğine bağlı olarak gözlenen farklı renk seleksiyonları.



Şekil 3. Lösitlerde gözlenen soğuma çatlakları.

Birim inceleme sahası içerisinde pembemsi kahve renkli kuvars siyenit (Şekil 4.a) ya da yer yer feldispatoyitli siyenit (Şekil 4.b) dokanağında özşekilsiz oval yayılımlar şeklinde yüzlek sunmaktadır. Yüzeşte ayrı patatesler şeklinde yan

yana gözlenen bu seviyelerin derinlerde birleşerek büyük bir kütle oluşturma ihtimali oldukça yüksektir. Bunun belirlenmesi bölgede yapılacak sondaj verilerinin değerlendirilmesi ile ortaya çıkartılabilir.



Şekil 4. Lösitlerle dokanak halinde bulunan kuvars siyenit (a) ve feldispatoyidli siyenit (b).

4. Laboratuvar Çalışmaları

Çalışma alanı içerisinde renk ve doku anlamında görselliği bulunan ve üretim potansiyeline sahip bölgelerden mümkün olduğunca alterasyona maruz kalmayan, arazi yüzeyinden alınan Kırşehir Leopar kayacının laboratuvar ortamında öncelikle kimyasal içeriğinin belirlenmesi amacıyla Kütahya Dumlupınar Üniversitesi İLTEM Laboratuvarında kimyasal analizi yapılmıştır. Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi mineraloji petrografi laboratuvarında kayacın mineralojik ve petrografik özellikleri belirlenerek kayaç tanımlama işlemleri gerçekleştirilmiştir. Daha sonrasında ise araziden alınan örnekler TS EN ve ISRM standartları kapsamında gerekli ebatlara getirilmiş olup ilgili standartlar çerçevesinde kayacın fiziksel ve mekanik özellikleri Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi Kaman Meslek Yüksekokulu Kaya Mekaniği laboratuvarında belirlenmiştir.

4.1. Kimyasal Analiz

Kimyasal analizler için çalışmada kullanılan kayaç öncelikle KAEÜ Kaman Meslek Yüksekokulu Kaya Mekaniği Laboratuvarındaki çeneli kırıcıda kırılmış ve bilyalı değirmende öğütülerek kimyasal analiz boyutu olan 100 µm'nin altına indirilmiştir. Öğütülmüş numunenin kimyasal analizi Kütahya Dumlupınar Üniversitesi İLTEM Laboratuvarında kimyasal analizi yapılmıştır. Analiz sonuçları Tablo 1'de verilmiştir.

4.2. Mineralojik Petrografik Analiz

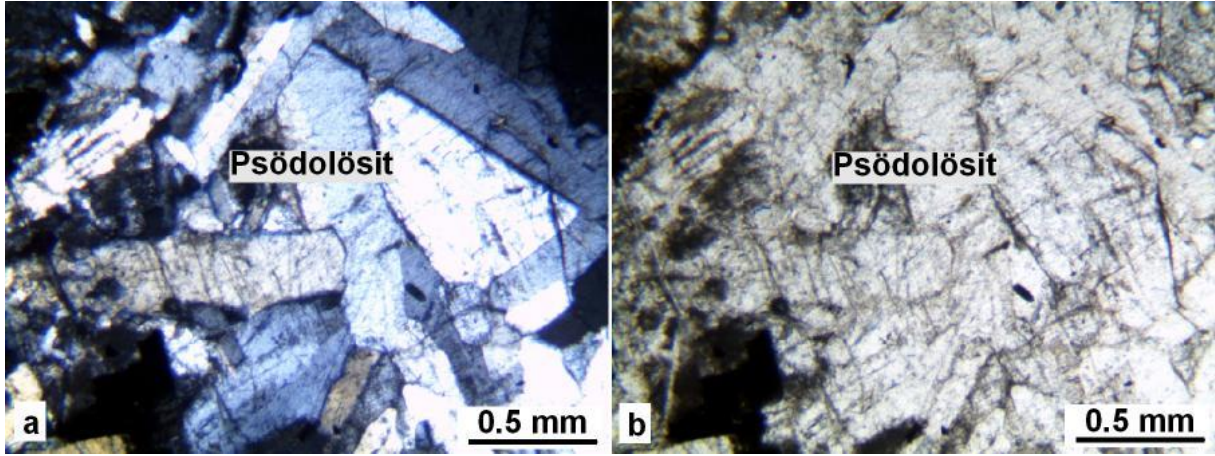
Lösit, potasyumca zengin, silisçe-fakir bir magmadan türemiş yüzeyde veya yüzeye yakın ortamlarda katılan çok tipik bir magmatik

mineraldir. Diğer taraftan psödolösit, potasyum feldispat, nefelin ve az miktarlarda sodalit, kankrinit veya zeolitten meydana gelen ve lösit kristal yapısı gösteren, hem volkanik ve hem de plutonik kayalarda görülen bir kristaller topluluğu olarak tanımlanmıştır (Deer vd., 1965; Lünel ve Akıman, 1985).

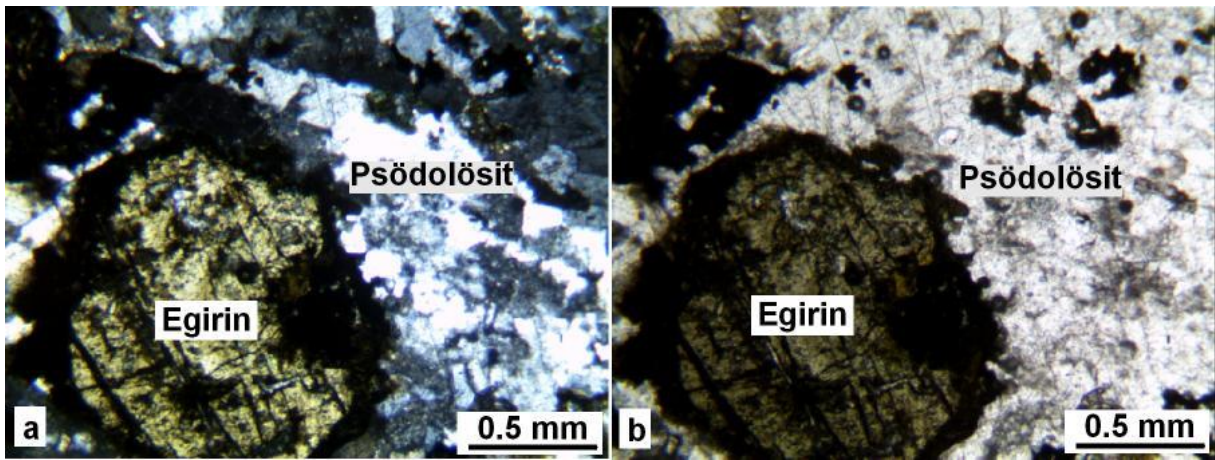
Tablo 1. Kimyasal analiz sonuçları

Ana Oksitler	%
SiO ₂	51.08
Al ₂ O ₃	22.00
K ₂ O	10.83
Fe ₂ O ₃	4.48
CaO	4.08
Na ₂ O	4.06
MgO	0.83
TiO ₂	0.56
P ₂ O ₅	0.22
SrO	0.18
MnO	0.13
Cl	0.08
ZrO ₂	0.08
SO ₃	0.07
PbO	0.03
ZnO	0.02
LOI	1.25

İnceleme alanındaki holokristalin hipidiyamorftanesel dokuya sahip kayaç, içerisinde psödolösit (lösit+nefelin+ortoklaz), egirin, egirinojit ve opak mineralleri belirlenmiştir (Şekil 5,6). Mafik minerallerde yer yer opasitleşme türü bozunmalar gözlenmiştir. Mineralojik içeriklerine göre birim feldispatoidli kayaçlardan, foidolit kaya grubu içerisinde tanımlanan foid siyenit (lösit) olarak isimlendirilmiştir. Lösit+nefelin+ortoklaz mineralleri bir araya gelerek özşekilli psödolösit kristallerini oluşturmaktadır.



Şekil 5. Lössit kayacı içerisindeki özşekilli prizmatik lösit mineralleri



Şekil 6. Lössit kayacı içerisindeki özşekilli egrin minerali

4.3. Fiziksel ve Mekanik Özellikler

Çalışma sahası içerisinde üretim yapılması muhtemel Kırşehir Leopar numunelerinin fiziksel özellikleri TS EN 13755 (2014), TS EN 14157

(2017), ISRM (2007)'e göre ve mekanik özelliklerinden tek eksenli basınç dayanımı da TS EN 1926 (2013) 'ya göre belirlenmiştir. Deneylerden elde edilen sonuçlar Tablo 2'de verilmiştir.

Tablo 2. Fiziksel ve mekanik özelliklere ait deney sonuçları

Deney	Ortalama Değerler	Standartlar
Tek Eksenli Basınç Dayanımı Tayini (kgf/cm ²)	1462.3	TS EN 1926
Birim Hacim Ağırlık (gr/cm ³)	2.63	TS EN 1936
Ağırlıkça Su Emme (%)	0.29	TS EN 13755
Hacimce Su Emme (%)	0.76	TS EN 1936
Toplam Porozite (%)	3.51	TS EN 1936
Shore Sertliği	82.69	ISRM (2007)
Böhme Yüzey Aşınma (cm ³ /50cm ²)	7.90	TS EN 14157

5. Lössit'in (Kırşehir Leopar) Yüzey ve Duvar Kaplaması Olarak Kullanılabilirliği

Kırşehir Leopar taşının yüzey ve duvar kaplaması olarak kullanılabilirliğinin belirlenmesi amacıyla,

laboratuvar deneylerinden elde edilen sonuçlar TS 6234 (1988) standardında belirtilen sınır değerler (Tablo 3 ve 4) ile karşılaştırılmıştır.

Tablo 3. Kaplama taşı olarak kullanılabilirlik için TS 6234 (1988) sınır değerleri

Deney	TS 6234
Tek Eksenli Basınç Dayanımı Tayini (kgf/cm ²)	>1200
Birim Hacim Ağırlık (gr/cm ³)	>2.560
Ağırlıkça Su Emme (%)	< 0.75
Shore Sertliği	-
Sürtünme ile Aşınma Kaybı (Böhme) (cm ³ /50cm ²)	Kaplama taşı için < 15 cm ³ /50cm ² Döşeme taşı için < 10cm ³ /50cm ²

Kırşehir leopar kayacının tek eksenli basınç dayanımı, birim hacim ağırlık, ağırlıkça su emme ve sürtünme ile aşınma kaybı değerleri standartta

belirtilen sınır değerleri karşılaştırıldığında kaplama taşı olarak kullanılabilir olduğu belirlenmiştir (Tablo 4).

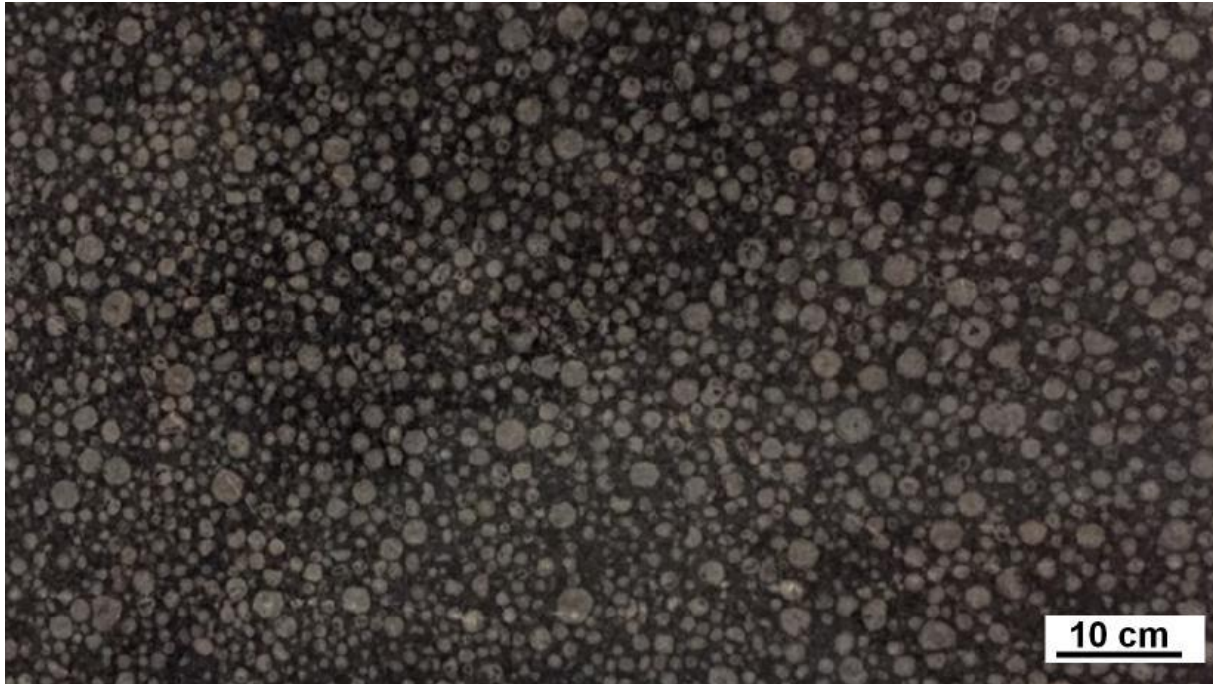
Tablo 4. Kırşehir Leopar taşının TS 6234 (1988) standardına göre kaplama ve yapı taşı olarak kullanılabilirliğinin belirlenmesi

Test/Analiz Adı	Ortalama Değerler	Uygunluk Durumu
Tek Eksenli Basınç Dayanımı Tayini (kgf/cm ²)	1462.30	Uygun
Birim Hacim Ağırlık (gr/cm ³)	2.630	Uygun
Ağırlıkça Su Emme (%)	0.29	Uygun
Hacimce Su Emme (%)	0.76	-
Shore Sertliği	82.69	-
Sürtünme ile Aşınma Kaybı (Böhme) (cm ³ /50cm ²)	7.90	Uygun

6. Lösit'in (Kırşehir Leopar) Yüzey ve Duvar Kaplaması Uygulama Örneği

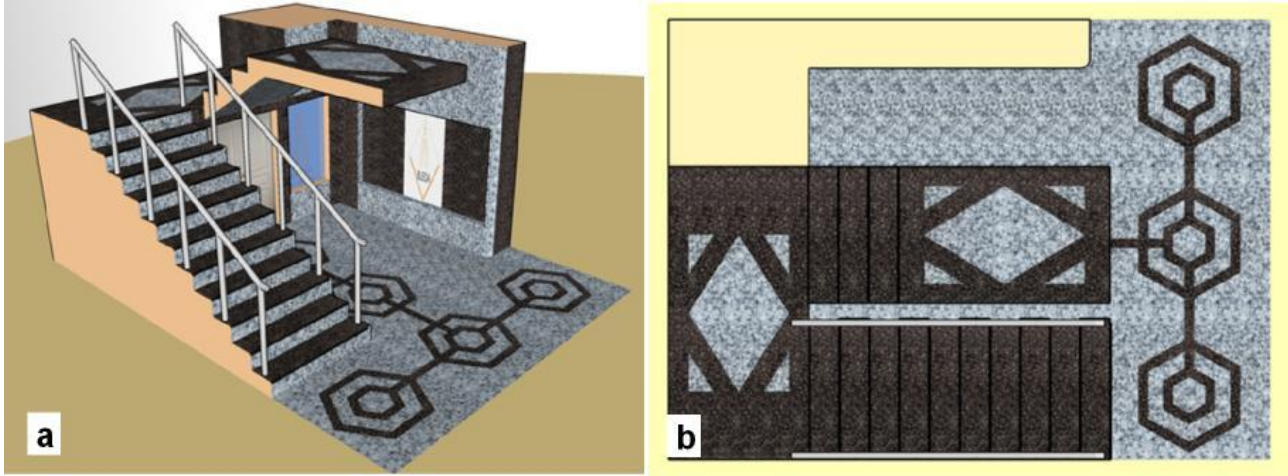
Lösit (Kırşehir Leopar) duvar kaplama, zemin döşeme ve şömine gibi dekoratif yapılarda

kullanılabilecek farklı bir ürün olup çalışma kapsamında araziden alınan iri kaya numuneleri fabrika ortamında kesme parlatma işlemlerine tabi tutularak örnek plaka elde edilmiştir (Şekil 7).

**Şekil 7.** Lösit (Kırşehir Leopar) numunesine ait parlatılmış plaka görünümü

Elde edilen plaka görseli sketchup programı kullanılarak merdiven basamağı, riht ve duvar kaplama uygulamalarında ülkemizde yoğun olarak bulunan gri renkli granit örneği ile kombin

çalışması yapılmış olup üretimi gerçekleştirilmesi halinde uygulanması muhtemel alanlardaki döşenmiş hali tasarlanmıştır (Şekil 8).



Şekil 8. Lösitinin (Kırşehir Leopar) merdiven, duvar ve zemin kaplaması tasarımı (a: genel görünüm, b: üstten görünüm)

7. Sonuçlar

İnceleme sahasında koyu rengi ve kendine has leopar dokusu bulunan foidolit kaya grubu içerisinde tanımlanan lösitit, dünyada nadir olarak gözlenen bir magmatik kayadır. Üst Kretase-Paleosen yaşlı Orta Anadolu Granitoidleri içerisinde bulunan lösitit kayacı, yüzeysel ve hidrotermal alterasyondan pek fazla etkilenmemesi, tek eksenli basınç dayanımı, birim hacim ağırlık, ağırlıkça su emme ve sürtünme ile aşınma kaybı değerleri standartta belirtilen sınır değerleri karşıladığı değerlendirildiğinde “Kırşehir Leopar” kayacının kaplama taşı olarak kullanılabilir olduğu görülmüştür.

Ülkemizde üretimi gerçekleştirilen granitler çoğunlukla gri renkli olup, iç ve dış piyasada yaygın olarak kullanılanları; Aksaray Yaylak, Bulancak Füme, Bergama Gri ve Hisar Gri'dir. Bahsi geçen ticari değere sahip ülkemiz granitleri, renk çeşitliliği bakımından oldukça sınırlı kalmaktadır. TCTB (2018) doğal taş sektör raporundaki verilere bakıldığında, 2017 granit ihracat geliri blok bazında 5,18 milyon dolar, işlenmiş granit bazında 5,34 milyon dolarlık ihracat geliri oluşturmuştur. 2017 granit ithalat değerlerine baktığımızda ise blok granit bazında 2,8 milyon dolar, işlenmiş granit bazında 144 milyon dolardır. Granit ihracat geliri yaklaşık 10 milyon dolar iken ithalat değeri 147 milyon dolar olup 137 milyon dolarlık oldukça yüksek bir fark oluşmaktadır. Bu farkın en önemli nedeni renk ve

doku çeşitliliğinin ülkemizde sınırlı olmasından kaynaklanmaktadır. Bu nedenle ülkemiz granit ticari potansiyelinin artırılması noktasında renk ve doku çeşitliliğinin artırılması önem arz etmektedir. Lösitit kayacı, koyu renk tonu ve leopar benzeri dokusu nedeniyle oldukça dikkat çekici bir doğal taştır. Kırşehir bölgesi lösititlerinin üretime kazandırılması ile doğal taş sektör ürün portföyünde farklı renk ve dokuda kayacın kazandırılarak hem bölge hem de ülke ekonomisine katkı sunacağı düşünülmektedir.

Ayrıca atık malzemenin olumsuz çevresel etkilerinin azaltılması hem de endüstriyel hammadde olarak ekonomiye kazandırılması açısından, blok üretimi sırasında açığa çıkacak pasadan, lösititlerin kimyasal analizleri dikkate alındığında yüksek miktarda K_2O+Na_2O (%10,83+4,06) içeriğine sahip olması nedeniyle lösititlerin zenginleştirilmesi sonucunda elde edilecek ürünün seramik, çimento vb. alanlarında endüstriyel hammadde olarak kullanılabilmesi öngörülmektedir. Aynı zamanda özgün bir alan olan diş porseleni üretiminde Özkan (2005) tarafından yapılan çalışmada bölgedeki lösititlerin kullanılabilmesi belirlenmiştir.

Çalışma kapsamında elde edilen sonuçlar bölgedeki lösititlerin hem doğal taş hem de endüstriyel hammadde olarak kullanılabilir olduğunu göstermiştir. Bu çalışma ile bölgeye yatırım yapmayı planlayan yatırımcılara, saha hakkında önemli veriler sunulmaktadır. Çalışma

sahasında gerçekleştirilecek madencilik faaliyetleri ile bölge ve ülke ekonomisine önemli katkılar sunulabileceği düşünülmektedir.

Teşekkür

Bu çalışmanın gerçekleştirilmesinde desteklerinden dolayı BLEDA AŞ'ye teşekkür ederiz.

Kaynaklar

- Boztuğ, D., Güney, Ö., Heizler, M., Jonckheer, R. J., Tichomirowa, M., Otlu, N. 2009. 207Pb-206Pb,40Ar-39Ar and Fission-Track Geothermochronology Quantifying Cooling and Exhumation History of the Kaman-Kırşehir Region Intrusions, Central Anatolia, Turkey. Turkish Journal of Earth Sciences, 18(1), 85-108.
- Deer, W.A.; Howie, R.A. ve Russman, J., 1965, Rock Forming Minerals: Longmans, London.
- Erler, A. ve Bayhan, H., 1995. Orta Anadolu Granitoidlerinin Genel Değerlendirilmesi ve Sorunları. Yerbilimleri, 17, 49-67.
- ISRM, 2007. Rock Characterization, Testing and Monitoring –ISRM Suggested Methods. Brown, E.T. (ed), Pergamon Pres, 211p.
- Kara, H. Dönmez, M. 1990. 1:100.000 ölçekli açınsama nitelikli Türkiye jeoloji Haritalarıserisi, Kırşehir–G 17 paftası. MTA yayınları.
- Lünel, A. T., Akman, O., 1985. Hamitköy, Kaman, Kırşehir bölgesinde bulunan psodolosit oluşuğu ve basınç göstergesi olarak kullanımı. Maden Tetkik ve Arama Dergisi, 103(103,104).
- Otlu, N., 1998. Kortundağ-Baranadağ Arası (D Kaman, KIRŞEHİR) Plütonik Kayaçlarının Petrolojik

İncelenmesi. Cumhuriyet Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.

- Otlu, N., Boztuğ, D., 1998. The coexistence of the silica oversaturated (ALKOS) and undersaturated alkaline (ALKUS) rocks in the Kortundağ and Baranadağ plutons from the Central Anatolian alkaline plutonism, E Kaman/NW Kırşehir, Turkey. Turkish Journal of Earth Sciences 7, 241–257.
- Özkan, M., 2005. Lössit ve Nefelin Siyenitin Değerlendirilmesi ve Diş Porseleni Yapımı . Yüksek Lisans Tezi, Erciyes Üni. Fen Bil. Enst. Kayseri, 91s.
- Seymen, İ. 1981. Kaman (Kırşehir) dolayında Kırşehir masifinin stratigrafisi ve metamorfizması. TJK Bült., 24, 2, 101-108.
- Taşlıgil, N., & Şahin, G., 2016. Yapı Malzemesi Olarak Kullanılan Türkiye Doğal Taşlarının İktisadi Coğrafya Odağında Analizi. Marmara Coğrafya Dergisi, 33, 607-640.
- TCTB, 2018. Doğal Taşlar Sektör Raporu. T.C. Ticaret Bakanlığı İhracat Genel Müdürlüğü Maden, Metal ve Orman Ürünleri Dairesi, 8s. Ankara.
- TS 6234, “Granit Yapı ve Kaplama Taşı olarak Kullanılan”, TSE, Ankara. 1988
- TS EN 13755, 2014. Doğal Taşlar -Deney yöntemleri- Atmosfer basıncında su emme tayini. Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- TS EN 14157, 2017. Doğal taşlar -Deney yöntemleri- Aşınma direncinin tayini. Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- TS EN 1926, 2013. Doğal taşlar -Deney yöntemleri- Tek eksenli basınç dayanım tayini. Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.

Kentsel Tarihi Çevrelerde Sokak Sağlıklaştırma Çalışmaları: Bartın Örneği

Street Rehabilitation in Urban Historical Environments: The of Case Bartın

Deniz ÇELİK^{*1,a}, Dilara DEMİRTAŞ^{1,b}

¹Bartın Üniversitesi, MYO, Park ve Bahçe Bitkileri Bölümü, 74100, Bartın

²Bartın Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Peyzaj Mimarlığı Anabilim Dalı, 74100, Bartın

• Geliş tarihi / Received: 21.01.2019 • Düzeltilecek geliş tarihi / Received in revised form: 28.05.2019 • Kabul tarihi / Accepted: 21.06.2019

Öz

Tarihi çevreler bulunduğu bölgenin gelenek ve göreneklerini, yaşam tarzını, sosyal yapısını, ekonomik durumunu, kültürünü, teknolojisini, mimarisini, vb. özelliklerini bugüne taşıyan kültürel varlıklardır. Geçmiş ile günümüz arasında köprü kuran tarihi belge niteliğindedirler. Fakat zaman içinde doğal ya da insan kaynaklı nedenlerden dolayı tahribat, eskime, yıpranma gibi sorunlarla karşı karşıya kalmaktadırlar. Bu nedenle korunmaları, iyileştirilmeleri gerekmektedir. Koruma kapsamında yapıların restorasyonu, restitüsyonu, sıhhileştirilmesi ya da sokak sağlıklaştırma çalışmaları yapılmaktadır. Günümüzde sadece fiziki mekânı değil sosyo kültürel yapıyı da içine alan bütüncül koruma anlayışı ön plana çıkmaktadır. Aynı zamanda tarihi çevreleri koruma ve yaşatma faaliyetleri ile çekim noktaları, cazibe merkezleri de oluşturulabilmektedir. Bu bağlamda araştırmanın amacı, Bartın kenti Hükümet Caddesi ve etkileşim içinde olduğu tarihi kent merkezinde koruma kullanma dengesi gözeterek, kentsel peyzaj odaklı sokak sağlıklaştırma çalışmalarında uyulması gereken ilkeleri belirlemektir. Araştırma literatür taraması, alan analizleri, verilerin değerlendirilmesi, sonuç ve öneriler olmak üzere dört aşamada gerçekleştirilmiştir. Araştırma sonucunda, alanının Bartın kent kimliğini kısmen yansıttığı, eskime, yıpranma gibi fiziksel sorunlar yaşandığı saptanmıştır. Hükümet Caddesi ve etkileşim alanı özelinde kentsel peyzaj odaklı sokak sağlıklaştırma projelerinde planlama, tasarım, uygulama bağlamında ölçütler geliştirilmiştir. Sonuç olarak, tarihi çevreleri koruma ve geliştirmeye yönelik hedefler/politikalar imar planları, koruma amaçlı imar planları, kalkınma planları, turizm planları ile birlikte düşünülmelidir. Bu kararları benimseyecek politik irade olmalıdır. Ayrıca yerel halkın, yatırımcıların, üniversitenin, kanaat önderlerinin birlikte hareket etmesi ve parasal araçların belirtilmesi önem taşımaktadır.

Anahtar kelimeler: Kentsel peyzaj, Koruma, Kimlik, Peyzaj tasarımı, Tarihi çevre

Abstract

The historic environments are the cultural beings which have the traditions and customs of the region, life style, social structure, economical status, culture, technology, architecture, etc. They are the historical documents that bridge the past and the present. However, due to natural or man-made reasons, they have faced some problems such as destruction. Therefore, they must be protected and rehabilitated. The restoration, restitution, rehabilitation or street rehabilitation works are carried out within the scope of the conservation. Today, holistic protection concept including not only physical space, but also socio-cultural structure, comes to the fore. At the same time, it is possible to create attraction points and attraction centers with the protection and survival activities of historic environments. In this context, the aim of the study is to determine the principles to be followed in urban landscape-oriented street rehabilitation studies by considering the balance of use and protection Hukümet Avenue in Bartın city and the historical city center where it interacts. The research has created with four stages: literature review, field analysis, evaluation of data, results and recommendations. As a result of the research, principles have been developed in the context of planning, design and implementation in the urban landscape-oriented street rehabilitation projects in the Hukümet Avenue and interaction area. As a result, targets / policies for conservation and development of historic environments should be considered together with development plans, development plans for conservation, and tourism plans. There must be a political will to adopt these decisions. It is also important that local people, investors, universities and opinion leaders act together and specify financial instruments.

Keywords: Urban landscape, Conservation, Identity, Landscape design, Historical environment

*a Deniz ÇELİK; dcelik@bartin.edu.tr; Tel: (0532) 731 81 89; orcid.org/0000-0003-4230-2157

b orcid.org/0000-0001-6171-7599

1. Giriş

Tarihi çevreler geçmişin izlerini günümüze taşıyan mekanlardır. Geleneksel yaşam biçimleri, kültürü, mimari özellikleri ile şekillenmiş bu çevrelerde konut, ticaret, dini yapılar gibi farklı kullanımlar bir arada ve birbirleriyle etkileşim içinde bulunmaktadır. İnsan ölçeğinde tasarlanmış sokakları, meydanları, sivil mimari yapıları ve anıtsal kültür varlıkları ile bu mekanlar günümüzün açık hava müzeleri niteliğindedir (Ahunbay, 2004). Bunun yanı sıra tarihi çevreler de yer alan kültür varlıkları geçmiş yaşam kültürünü, ulaşılan teknolojiyi günümüze taşıyan tarihi belge niteliğindedir. Bu kültür varlıkları birçok değere sahiptir. Bu değerler tarihsellik, mitolojik, artistik, özgünlük, enderlik, homojenlik, işlevsellik ve eğitim değeri olarak özetlenebilir (Madran, Özgönül, 2005).

Tarihi mekanlar ölçeğe bağlı olarak üç grup altında toplanabilir. Bunlar, tarihi çevre, tarihi kent ve tarihi bölgelerdir. Tarihi çevre doku özelliği gösterir, bir veya birkaç sokaktan meydana gelmektedir. Tarihsel geçmişi, mimari özellikleri ile bir bütünlük gösterir. Antalya Kaleiçi, Bursa Hisar Mahallesi örnek olarak verilebilir. Tarihi kent, gerek tarihsel gerekse mimari özellikleri ile bütünlük gösteren dokuların bir araya gelmesiyle oluşan Prag, Venedik gibi kentsel yerleşimlerdir. Tarihi bölge ise tarihsel geçmişi ve mimari özellikleri bakımından bütünlük gösteren birden fazla kentin bir araya gelmesiyle oluşan bölgelerdir. Orta Asya, Mezopotamya gibi örnekler mevcuttur (Özyaba, 1999).

Tarihi kentler ve tarihi kent merkezlerinde doğal ve yapay çevreler yer almaktadır. Bu çevreler sanayileşmeyle ivme kazanan kentsel gelişmenin etkisi altında kalarak fiziksel aşınma ve tahrip olma tehdidi altındadır. Bu nedenle tarihi kent ve kentsel alanların gelişmesi ve çağdaş yaşam koşullarına uyumu için muhafazası, korunması ve restorasyonu gereklidir (URL-1, 2019). Ayrıca, tarihi çevrelerde iklim, deprem, yangın, ekonomideki değişim, kente göç gibi doğal ya da insan etmenli nedenlerden dolayı bozulma veya tahribatlar da olabilmektedir. Zaman içinde mekânsal ölçekte, nitelikte ve kimlikte değişimler başlayabilmektedir (Anonim, 2009). Bununla birlikte bu çevreler teknolojik gelişmeler, toplumsal değişim, küreselleşme gibi etkiler nedeniyle de birtakım sorunlarla karşı karşıya kalabilmektedir. Örneğin altyapı eksikliği, fiziksel eskime gibi nedenlerden dolayı yaşayan kişi sayısında azalma söz konusu olabilmektedir

(Smith, 2002). Bu gibi nedenlerden dolayı tarihi çevrelerin korunması gerekmektedir. Tarihi çevrelerde yapılan koruma çalışmalarının amacı kent peyzajını, kimliğini, geleneksel yerleşim dokusunu korumak, fiziksel ortamda yaşam kalitesini artırmak ve kullanım sürekliliğini sağlamak olarak özetlenebilir (Çelik ve Yazgan, 2007). Korumayla birlikte kentlerin ekonomik kalkınmasına da katkıda bulunulabilecektir. Korumada hem fiziki, hem de kültürel, sosyo-ekonomik, toplumsal koruma sağlanmış, doğal ve kültürel kaynakların günün koşullarına göre kullanılabilirliği ve sürdürülebilirliği gerçekleşmiş olacaktır (UNESCO, 2013).

Tarihi çevrelerin korunması çalışmalarında yerel toplumla birlikte çalışmak, onların sosyo-kültürel yapısı ve düşüncelerini almak bu çevrelerin şekillenmesinde önem taşımaktadır (Elnokaly ve Elseragy, 2013). Böylece, kentsel kimliğin, estetiğin korunması, geçmiş, günümüz ve gelecek arasında bir bağın kurulması mümkün olabilecektir (Çelik, Açıköz 2008; Kiper, 2008). Yapı ölçeğinde restorasyon işlemleri ile koruma sağlanırken, kentsel/bütüncül korumada yapısal, işlevsel, simgesel ve toplumsal boyutları birlikte ele alan koruma gündeme gelmektedir (Kuban, 2000). Aynı zamanda tarihi çevreleri koruyarak yapı stoku durumundaki geleneksel yapıların kullanılabilirliğinin artmasına, kente yeni çekim noktalarının kazandırılmasına, yerele ekonomik katkıda bulunulmasına imkan verilebilecektir (Smith, 2002; Çetin ve Sönmez, 2014).

Genel anlamda tarihi kent korumasını iki boyutta ele almak mümkündür. Birincisi mimari korumadır ve arkeoloji, mimari sitil, yapı malzemesi ve tekniklerini kapsar. İkincisi kent korumasıdır. Bu da kentin morfolojik ve estetik değişimini korumaktır (Rodwell, 2007). Tarihi çevrelerin kullanılması ve korunarak gelecek kuşaklara aktarılması hedeflenirken mimari koruma kapsamında tarihi yapılar restore edilmektedir. Ayrıca tarihi yapılara uygulanan farklı koruma yöntemleri de söz konusudur. Bunlar, sağlamlaştırma, bütünlüme, yenileme, yeniden yapma, temizleme ve taşımadır. Tarihi çevre korumanın temel amacı tarihi yerleşmeyi yok olmaktan kurtarmak, kültür mirasını günümüz yaşamıyla bütünleştirmektir (Ahunbay, 2004). Tarihi çevre koruma yöntemlerinden biri de sokak sağlıklaştırma çalışmalarıdır. Sokak sağlıklaştırma ile fiziksel, sosyal ve kültürel koruma/iyileştirme ile birlikte tarihi bir belge niteliğinde olan tarihi yapıların belgelenmesi, rölöve, restitüsyon ve restorasyonu da mümkün olabilmektedir (URL-2, 2019; Ünver, 2017).

Sokak sağlıklaştırma projeleri tarihi yapıların korunmasını, alanda yaşayan kişilerin çağdaş yaşam konforundan yararlanmasını, kent estetiğinin artırılmasını ve yerel halkta koruma bilinç düzeyinin artmasını kolaylaştırmaktadır. Ulusal ve uluslararası boyutta sokak sağlıklaştırmaya yönelik birçok proje ve uygulama alanları söz konusudur. Örneğin, İzmir Kemeraltı Sokak Sağlıklaştırma çalışmalarında yerel yönetim bölge halkıyla birlikte hareket etmiş, alana yönelik planlama ve uygulama süreçlerinde uzlaşma ve işbirliği sağlanmıştır. Dolayısı ile bütünlük koruma yani fiziksel ve sosyal yapıyı korumakta mümkün olmuştur (Altınörs Çırak, 2017). Eskişehir Tarihi Odunpazarı Bölgesi'nde Sokak Sağlıklaştırma Projeleri ile tarihi yapıların restorasyonu yapılarak, daha sağlam, sağlıklı ve estetik olmaları sağlanmıştır (URL-3, 2019). Beypazarı Sokak sağlıklaştırma projesi kapsamında tarihi çarşı içinde yer alan yapıların röleve ve retitüsyon projeleri hazırlanıp, restorasyonları yapılmıştır. Tarihi sokak doku bütünlüğünü koruyacak şekilde yaşatılmaya çalışılmıştır (URL-4, 2019). Uluslararası alanda ise sokak sağlıklaştırma çalışması kapsamında Dünyanın en küçük şehri olarak bilinen Belçika'nın Durbuy şehrinde organik yapıdaki sokaklar sadece yayaların kullanacağı şekilde planlanmış ve tarihi doku mevcut durumuyla korunmuştur. Fransa'daki Saint-Paul De Vence kasabasında yapılan koruma çalışmaları sırasında tarihi binaların bir kısmı ticari işletme olarak değerlendirilmiş ve tarihi yapılarla uyum sağlayan kentsel donatı elemanları kullanılarak kentsel kimlik korunmuştur. İtalya'da bulunan Siena kentinde Ortaçağ mimarisini yansıtan taş binaların yer aldığı tarihi kent merkezinde tarihi doku hem korunmuş hem de turistik cazibe merkezi haline getirilmiştir (Çelimli, 2016).

Bu bağlamda araştırmada nüfus artışı, hızlı kentleşme, yapı endüstrisindeki teknolojik gelişim ve fiziksel eskime gibi nedenlerden dolayı değişim ve dönüşümün yaşandığı Bartın kentindeki Hükümet Caddesi ve etkileşim içinde olduğu tarihi kent merkezinde kentsel peyzaj odaklı sokak sağlıklaştırma plan ve projelerine yönelik ölçütlerin belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu kapsamda "sokak sağlıklaştırma plan ve projelerine yönelik ölçütler nelerdir? "Tarihi çevrede sokak sağlıklaştırma çalışmalarının yerel halk için önemi nedir? Neler yapılabilir?" sorularına cevaplar aranmıştır.

2. Materyal ve Yöntem

Araştırmanın ana materyalini Bartın kentinde bulunan Hükümet Caddesi ve etkileşim içinde olduğu tarihi kent merkezi oluşturmaktadır. Bu alanın seçilme nedeni Koruma Amaçlı İmar Plan sınırı içinde yer alması, alanda tescilli binaların bulunması, yerel halk tarafından yoğun olarak kullanılması, sosyokültürel amaçlı aktiviteler için tercih ediliyor olması, ulaşımın kolay olmasıdır. Ayrıca Bartın Belediyesi İmar ve Şehircilik Müdürlüğünden elde edilen 1/1000 ölçekli Koruma Amaçlı İmar Planı ve raporu, arazi çalışması sırasında elde edilen fotoğraflar ile tarihi kent dokusuna ait eski fotoğraflar da materyal olarak kullanılmıştır. Çalışma alanı sınırlarını Karakaş Caddesi, Yukarı Çarşı Caddesi ve 636. Sokak (eski Rüştüye Sokak) oluşturmaktadır. Tarihi kent merkezinin ana arteri ise Hükümet Caddesidir (Şekil 1).

Araştırmanın yöntemi verilerin elde edilmesi, alan analizleri, değerlendirme, sonuç ve öneriler olmak üzere 4 aşamada gerçekleştirilmiştir. Birinci aşamada ulusal ve uluslararası literatür taraması yapılarak, konuya ve alana ilişkin veriler elde edilmiştir. Araştırma konusu ile ilgili kurum ve kuruluşlardaki kişilerle görüşülerek gerekli olan yazılı veriler, haritalar ve raporlar elde edilmiştir. İkinci aşamada; alan analizleri, gözlem ve fotoğraf çekimleri yapılarak mevcut durum saptanmıştır. Bartın Kentine ait 1/1000 ölçekli koruma amaçlı imar planı ile arazideki mevcut durum karşılaştırılarak tarihi dokunun mekansal özellikleri paftalara işlenmiştir. Bu kapsamda, mevcut kullanımlar, kat yükseklikleri, tescilli yapılar, ulaşım sistemi ve odak noktaları ile alanın etkileşim içinde olduğu açık yeşil alanlar belirlenmiş, Auto Cad 2011 programı kullanılarak haritalar oluşturulmuştur. Üçüncü aşamada, elde edilen veriler değerlendirilmiştir. Dördüncü aşamada ise ulaşılan sonuçlar verilerek, kentsel peyzaj odaklı sokak sağlıklaştırma plan ve projeleri kapsamında Hükümet Caddesi ve yakın çevresinde yer alan sokak dokusuna, yapı cephelerine, kent mobilyalarına ve açık-yeşil alanlara yönelik ölçütler belirlenmiştir.

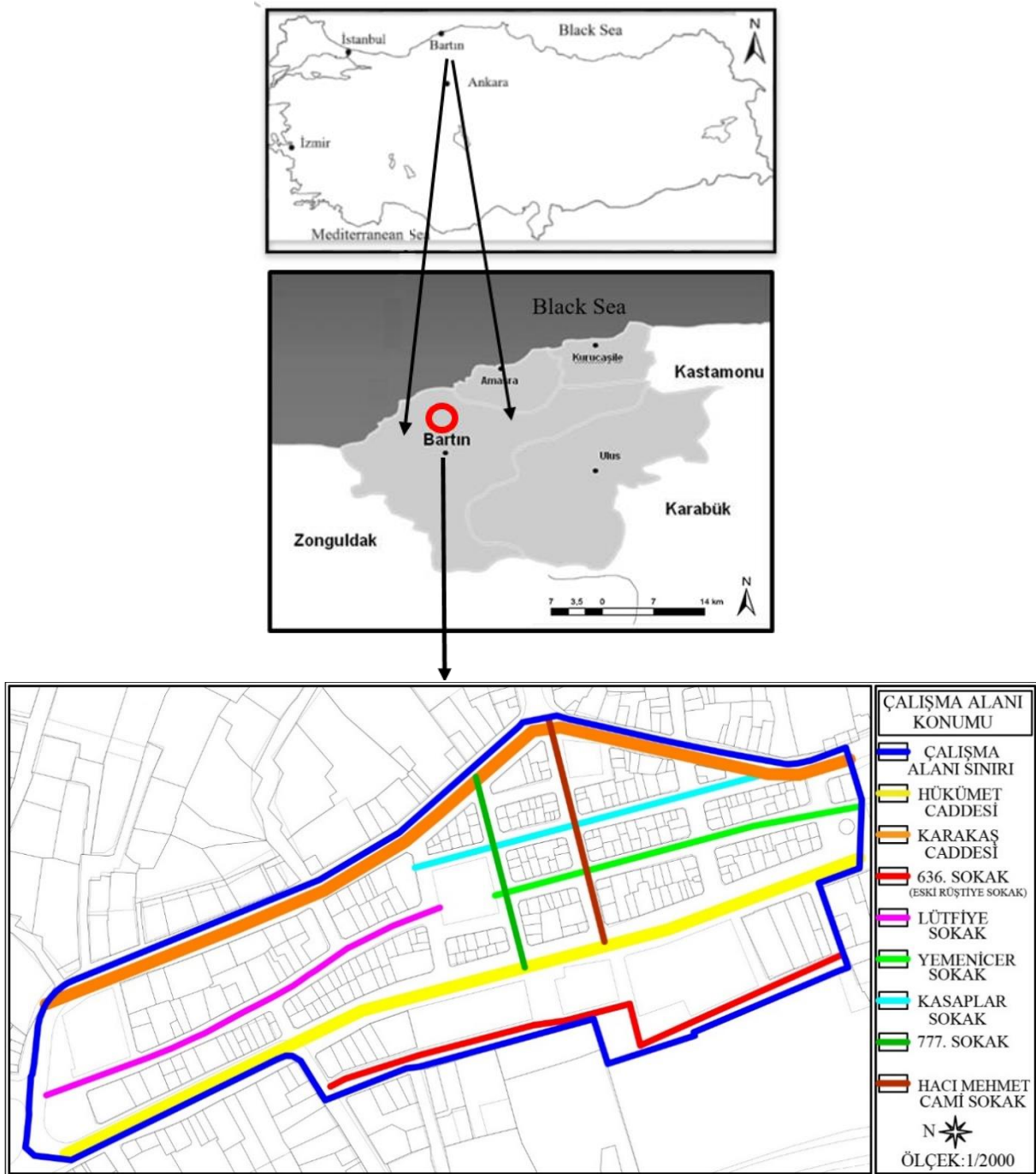
3. Araştırma Bulguları

3.1. Bartın Kentine İlişkin Bulgular

Bartın İli Batı Karadeniz bölgesinde, 41°37' kuzey enlemi ile 32°22' doğu boylamı arasında yer almaktadır.

Yüzölçümü 2143 km², ortalama yükselti 25 m'dir (Anonim, 2008). Bartın İli Bartın Irmağını oluşturan Kocaçay ve Kocanaz Çaylarının oluşturduğu ova üzerine kurulmuştur (Bartın Belediyesi, 2014). Bartın sınırları içinde Sesamos (Amasra), Kromna (Kurucaşile) ve Erythinoi (Çakraz) gibi önemli antik kentler yer almaktadır. Ekonomik yapının temel bileşenleri madencilik, sanayi, tarım, ticaret, turizm ve ormancılıktır. Geleneksel el sanatları içinde tel kırma, ahşap oymacılığı, gemi yapımcılığı bulunmaktadır (Anonim,2007). 2018 yılı merkez nüfusu 155.016

kişidir (URL-5, 2019). Bartın Kentine ait ilk imar planı 1957 yılında yapılmıştır. 1957 yılından sonra ise nüfus artışı, araç ve yaya trafiğinin yoğunlaşması gibi nedenlerden dolayı 1970, 1980-1983 yılları arasında farklı imar planları yapılmış ve günümüze kadar mevcut imar planları üzerinde revizyonlar gerçekleştirilmiştir. İlk Koruma Amaçlı İmar Planı ise 1982 yılında yapılmıştır. Günümüzde ise 2003 yılında yürürlüğe giren yeni Koruma Amaçlı İmar Planı kullanılmaktadır (Anonim, 2006).



Bartın'daki geleneksel sivil mimari örnekleri ise Osmanlı döneminin mimarisini, estetik anlayışını, yaşama biçimini, kültürünü yansıtmaktadır. Art Nouveau ve Barok sanatlarını yansıtan Bartın Evleri genellikle iki ya da üç katlı ve "Daraba" denilen ağaç çitlerle çevrili bahçe içindedir. Katlar ahşap-karkas olup, zemin katları taştır. Evlere iki kanatlı bir kapıdan "Gulluk" bölümünden girilmektedir. Giriş bölümü ile bahçelerdeki yürüme alanları kayrak taşlarla kaplıdır. Her bahçede taştan yapılmış bir kuyu bulunmaktadır. Evler çok pencerelidir ve özgün giyotin pencereler olup, sadece merdiven ve cumbaları aydınlatanlar yuvarlak formludur (Anonim, 2007). Cephelerde simetrik bir görüntü hakimdir, giriş cephelerinde, üst katlarda ve ortada "Cumba" mevcuttur. Çatılar alaturka kiremit ile örtülüdür (Aşcıoğlu, 2001). 2000 yılında Tarihi Kentler Birliği'ne üye olan Bartın kentinde tarihi dokuyu korumak ve yaşatmak amacıyla tarihi yapıların röleve ve restorasyonları, sokak sağlıklaştırma çalışmaları yapılmış ve yapılmaya devam etmektedir. Samancıoğlu Sokak Sağlıklaştırma Projesi 2004 yılında yapılmış, uygulama ise 2009 yılında gerçekleştirilmiştir. Ayrıca, Bartın'da 250 adet tescilli bina yer almaktadır.

Bunun yanı sıra Bartın Kentsel Sit Alanında yer alan tarihi yapılar ile yeni yapılacak yapılarda, sokaklarda ve kentsel donatı elemanlarında kullanılacak olan malzemelere ilişkin bilgiler koruma amaçlı imar plan raporlarında yer almaktadır. 2003 yılında hazırlanan Bartın-Kentsel Sit Alanı, Etkileme Geçiş Alanı Korunacak Sokaklar Koruma Amaçlı İmar Planı Plan Koşulları'nda; "genel koşullar madde 7'de, koruma sokaklarında yaya yollarında Arnavut

kaldırımı ya da benzeri parke taş ve taş türevleri (kilitli taş) malzeme kullanılacaktır. Madde 8'de, teknik alt yapı tesisatı toprak altından geçirilecek, aydınlatma direkleri alanın karakterine uygun malzeme ve üslupta seçilecektir. Madde 14'de, Koruma Amaçlı İmar Planı sınırları içerisinde reklam, tabela ve panoları yola çıkma şeklinde asılamaz. Bu tabelalar bina cephelerine ve maksimum boyutları 0.50 m² geçmeyecek şekilde asılacaktır." denilmektedir. Sit Alanı İçerisindeki Tescilsiz Mevcut ve Yeni Yapılacak Yapıların Koşulları da madde 9'da yer almaktadır. Ayrıca "çatılar alaturka kiremitli çatı yapılacak, anten ve benzeri elemanlar bahçe içinde ortak sistemle çözülecektir." şeklinde ifadeler yer almaktadır (Anonim, 2003).

3.2. Araştırma Alanına İlişkin Bulgular

Bu bölümde araştırma alanının mevcut durumu analiz edilmiş ve alana özgü haritalar oluşturulmuştur. Bu kapsamda yapıların kullanım amaçları, tescilli yapı, anıtsal kültür varlığı gibi korunması gerekli yapı kapsamında olup olmadığı, kat yükseklikleri, araç ve yaya sirkülasyon sistemi, yeşil alan varlığı, nirengi/odak noktaları, kent mobilyalarının yeterli olup olmadığı gibi konularda analizler yapılmıştır. Bu bağlamda araştırma alanının ana arterini oluşturan Hükümet Caddesi ve diğer sokaklar üzerinde özel mülkiyetteki ticari yapıların yoğun olarak yer aldığı saptanmıştır. Kullanım tipleri eczane, lokanta, kafe, banka, market, kuyumcu, tekstil ürünleri satış birimleri olarak özetlenebilir. Ayrıca alan içinde Kent Müzesi ve 4 adet cami bulunmaktadır (Şekil 2).

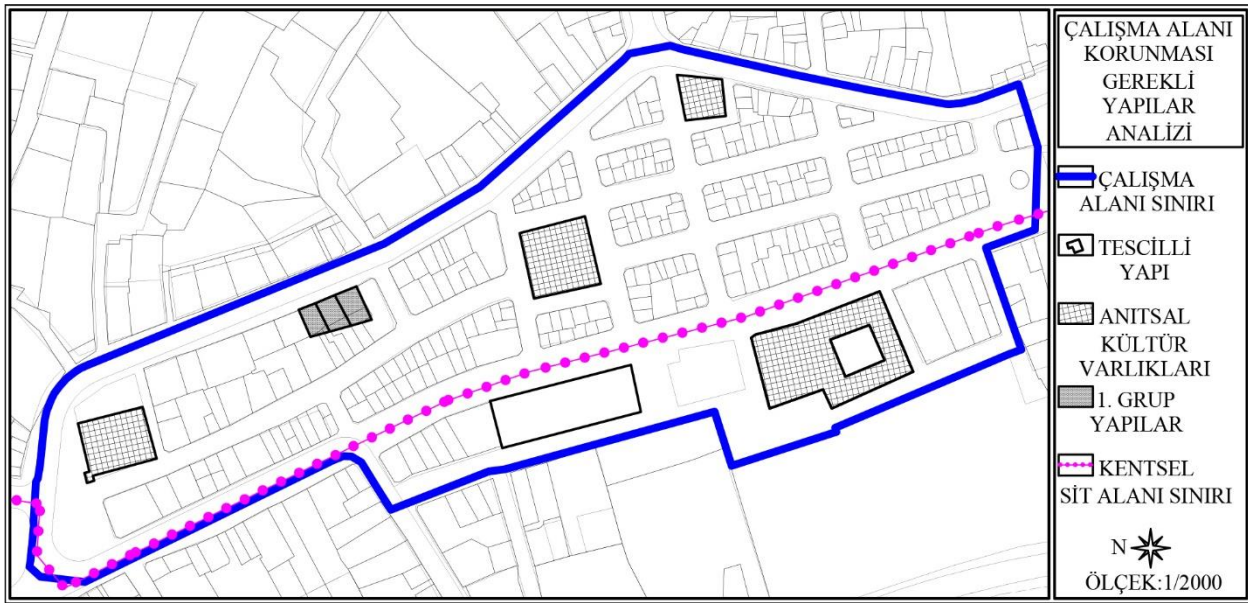


Şekil 2. Araştırma alanındaki mevcut kullanımlar

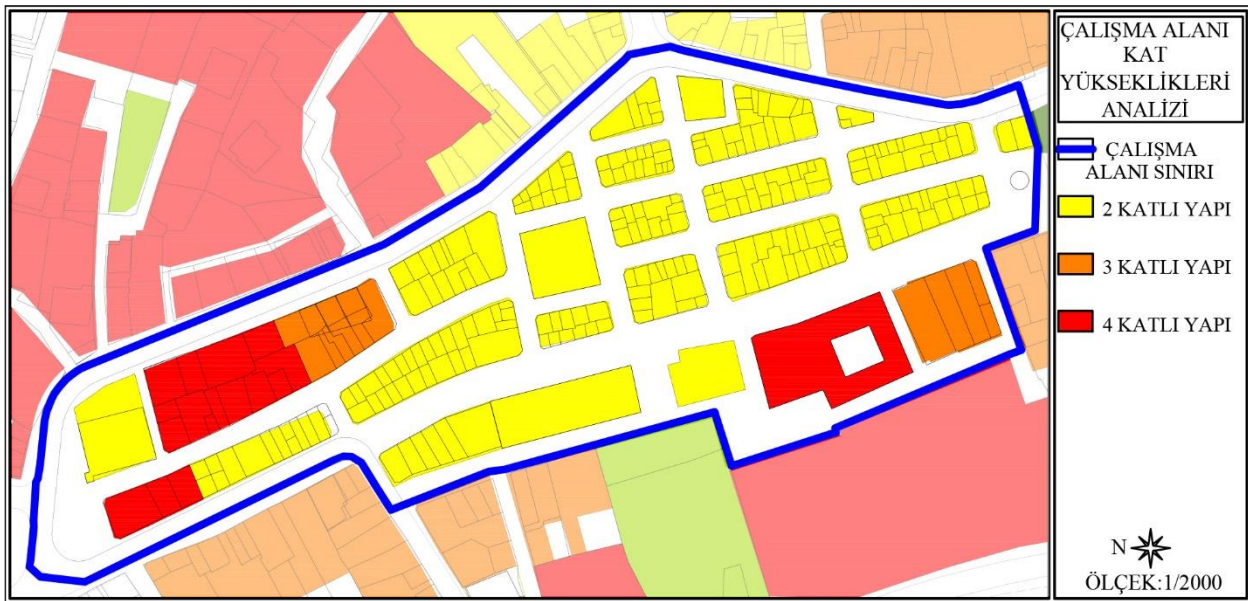
Ayrıca, araştırma alanında geleneksel sivil mimari örnekleri yoğun olarak yer almaktadır ve birçoğu ticari amaçlı kullanılmaktadır. Bunlar kırtasiye, lokanta, banka, kafe gibi kullanımlardır. Tarihi yapılar bitişik nizamda inşa edilmiştir. Sokakların düşey sınırlarını bu binaların dış cepheleri ve sokağa açılan kapıları oluşturmaktadır. Hükümet caddesi ve diğer sokaklardaki yapılar direkt sokağa açılmaktadır. Alandaki tescilli yapılar ise dağınık bir yerleşim düzeni sergilemektedir. Taşhan'ın yanı sıra anıtsal kültür varlığı olarak, Arap Cami, İbrahim Paşa Cami, Hacı Mehmet

Cami, Halil Bey Cami bulunmaktadır. Geleneksel özelliğini koruyan 1. Grup yapılar ise Karakaş Caddesi üzerinde yer almaktadır (Şekil 3)

İnsan ölçeğinde tasarlanmış olan alanda 2,3,4 katlı yapılar bulunmaktadır ve binaların alt katları ticari amaçla, üst katları ise büro, ticaret, depo amaçlı kullanılmaktadır. Binaların çoğu 2 katlıdır. Yeni yapılan binalar betonarme olup, diğerleri geleneksel mimari yapı tekniğine uygun olarak inşa edilmiştir. Alandaki binalarda bahçe bulunmamaktadır (Şekil 4).



Şekil 3. Araştırma alanındaki tescilli yapılar



Şekil 4. Araştırma alanındaki yapıların kat yükseklikleri

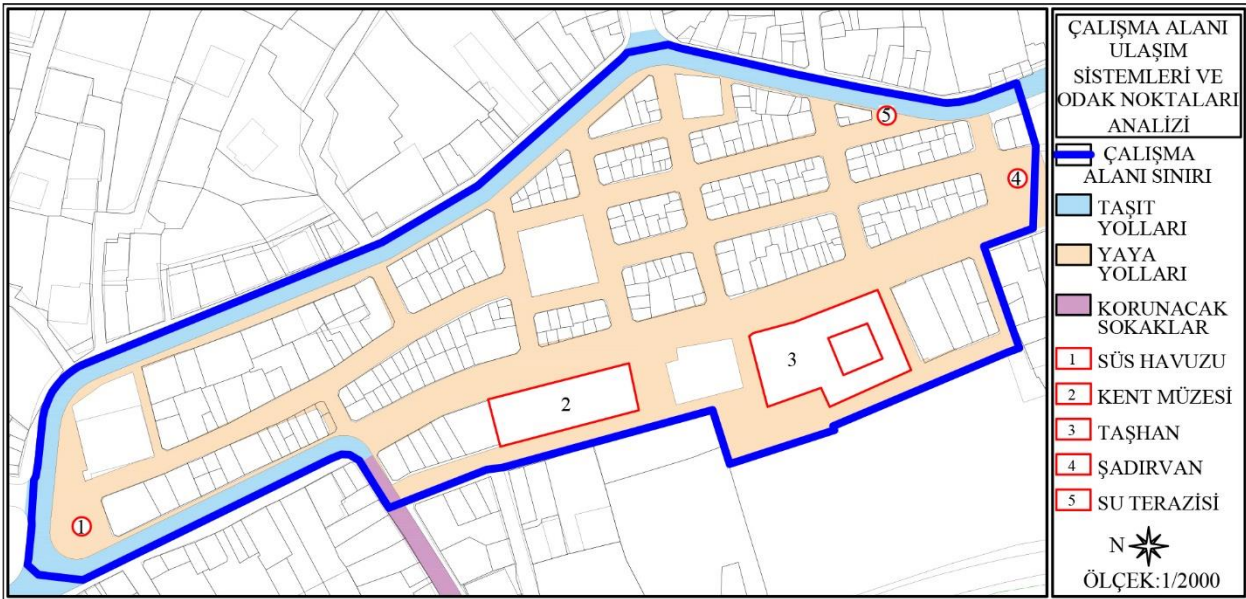
Kat yüksekliğinin yanı sıra sokak genişlikleri de insan ölçeğinde planlanmıştır. Cadde ve sokaklar birbirine dar ve kısa ara sokaklarla bağlanmış

durumdur. Hükümet caddesi Bartın kent merkezinin en önemli akslarından biridir. 2002 yılında caddenin bir bölümü araç trafiğine

kapatılmıştır. Yukarı Çarşı Sokak, Hamam Sokak, 636. Sokak ile Karakaş Caddesinin sınırladığı alan yaya bölgesi olarak düzenlenmiştir. Hükümet Caddesi ve diğer sokaklar sadece günün belli saatlerinde araç girişine açıktır. Araçlar ticari işletmeler için alana girebilmektedir. Hamamönü Sokak ise Koruma Amaçlı İmar Planına göre korunacak sokak niteliğindedir. Alanda özellikle 636. sokakta kafe ve çay bahçeleri yoğun olarak bulunmaktadır (Şekli 5).

Tarihi yapılar ve anıtlar hem tarihi bir belge niteliğindedir hem de kent peyzajına estetik

açıdan katkıda bulunurken zaman içinde de kentsel imge/odak noktası olarak değer kazanmaktadır. Örneğin Ayasofya ve Süleymaniye Cami İstanbul'un önemli odak noktalarındandır (Kuban, 2000). Bartın kent merkezinde de Şadırvan, Su Terazisi, Taşhan, Kent Müzesi (Eski Belediye Binası), Arap Cami önemli odak noktaları arasında yer almaktadır (Şekli 5). Bu öğeler fiziksel olarak yüksekte olmayıp, kullanım farklılıkları ile ön plana çıkmaktadır. Kentte yaşayanlar bu odak noktalarını yön ve yer bulmada tarif edici öğe olarak kullanmaktadır.



Şekil 5. Araştırma alanındaki ulaşım sistemi ve odak noktaları

Bunun yanı sıra alanda yapılan gözlem ve incelemeler sonucunda tarihi yapıların fonksiyon değiştirdiği, çağdaş yaşam konforu özelliklerini taşımadığı, yıprandığı, eskidiği saptanmıştır. Bu durumlara bağlı olarak yapılan tadilat ve cephe giydirmeleri de farklı sorunlara neden olmaktadır. Örneğin, geleneksel sivil mimari yapı cephelerinde tadilat sonrası renk ve doku, uyumu olmamakta, pencereler farklı büyüklükte olmakta ve mimari tipolojiyi yansıtmamaktadır. Ticari amaçlı kullanılan yapıların giriş katlarındaki tüm cepheler cam vitrin olarak kullanılmaktadır. Bu nedenle binalar tarihi yapı özelliği taşımamaktadır. Ayrıca, tarihi yapıların yanında yeni yapılmış modern binalar yer almaktadır. Ticari işletmeler dükkanlarının ön bölümlerini ürünlerini sergilemek için kullandığı için yolun kullanım alanı daralmakta, görsel kirliliğe ve sokak dokusunda uyumsuzluğa neden olmaktadır.

Araştırma alanındaki zemin döşemelerinde farklı şekillerdeki beton parke taşlar ve desenler kullanılmıştır. Özellikle Hükümet Caddesinde kullanılan desen hem form hem de ölçek bakımında tarihi doku ile uyum göstermemektedir. Yine alan içinde yol ağaçlaması ve bahçeli konut bulunmamaktadır. Oysa, güvenli bir yaya ağı, düzenli yol ağaçlaması, düşük trafik hızı ile konforlu ve gölge mekanlar oluşturabilir (Çelikyay ve Öztaş, 2018). Alanda sadece Arap Cami önünde iki adet Aesculus hippocastanum (At Kestanesi) yer almaktadır. Tüm Cadde ve sokaklarda yüksek aydınlatma ve çöp kutusu bulunmaktadır. Yukarı Çarşı Caddesi ve Hükümet Caddesinde çiçek kasaları kullanılarak yeşil doku elde edilmeye çalışılmıştır. Bu kentsel donatı elemanları tarihi doku ile malzeme, form, ölçek ve renk açısından

uyum sağlamamaktadır. Çelikyay ve Karayılmazlar (2016) tarafından da Hükümet Caddesindeki kentsel donatı elemanlarının kent kimliği ve bulunduğu çevreyle uyum sağlamadığı, estetik düzeyinin az olduğu ifade edilmiştir.

Alan analizleri sırasında alana ilişkin olumlu gelişmelerde saptanmıştır. Araç trafiğine açık olan Yukarı Çarşı Caddesi ve Karakaş Caddesinde yaya güvenliği için sınır elemanı yer almaktadır. Yukarı Çarşı Caddesi, Hükümet Caddesinin ve Karakaş Caddesinin iki tarafında kaldırım ve görme engelliler için duyumsanabilir (hissedilebilir) yüzeyler bulunmaktadır. Hükümet Caddesinde plastik obje olarak simitçi, bakırcı ve ağda satan kişi heykelleri yer almaktadır. Bu heykeller hem kent kimliğini yansıtmakta hem de ölçek bakımından alan ile uyum içindedir.

4. Sonuç ve Öneriler

Araştırma alanında çoğunlukla tarihi sivil mimari örnekleri ile anıtsal kültür varlıkları yer almaktadır. Kent merkezinin ana aksı durumunda olan Hükümet Caddesi alışveriş ve kültürel aktivitelerin yapıldığı mekan niteliğindedir. Fakat alanda modern binalar, kısmen tadilat yapılmış ve fonksiyon değiştirmiş tarihi binalar bulunduğu için alan kent kimliğini kısmen yansıtmaktadır. Ceplerdeki farklı renk, form ve büyüklükteki tabelalar görsel kirliliğe neden olmaktadır. Zemin kaplamada kullanılan desen tarihi doku ile uyum sağlamamaktadır. Kentsel donatı elemanları birbiri ve kentsel kimlik ile uyum içinde değildir. Ticari işletmelerin yaya yolunun bir bölümünde ürünlerini sergilemeleri kullanım alanını daraltmış ve görsel algıyı zorlaştırmaktadır.

Araştırma alanında olan Hükümet Caddesi ve etkileşim içinde olduğu tarihi kent merkezinde zaman içinde yapılarda eskime-yıpranma ve işlevsel dönüşümler, kentsel mobilyalarda ve zemin döşemelerinde yenileme çalışmaları yapılmış ve yapılmaya devam etmektedir. Fakat tarihi doku genelinde yapılan tadilat, yenileme vb. uygulamaların birçoğu “Bartın-Kentsel Sit Alanı, Etkileme Geçiş Alanı Korunacak Sokaklar Koruma Amaçlı İmar Planı Plan Koşullarının” tamamına uyum sağlamamaktadır. Alandaki sokakların korunacak sokak olmaması mevcuttaki uygulamaların gerçekleşmesine imkan sağlamıştır. Oysa tarihi merkez kentsel sit alanı içinde olduğu için plan koşullarına uygun uygulamaların yerine getirilmesi gerekmektedir. Böylece tarihi dokunun korunması, yaşam kalitesinin artırılması, sosyo kültürel yapının korunması, farkındalığın artması, görsel kirliliğin azalması mümkün olabilecektir.

Özellikle cephelerde birden fazla sayıda bulunan klima, çanak anten, yola çıkan reklam tabelaları hem görsel kirliliğe hem de tarihi dokunun algılanmamasına neden olmaktadır.

Bu nedenle araştırma alanı için kentsel peyzaj odaklı sokak sağlıklaştırma plan ve projelerine yönelik ölçütlerin belirlenmesi amaçlanmıştır. Araştırma alanında mülkiyet bakımından hem sokak, cadde gibi kamusal mekanlar hem de ticari işletme, konut gibi özel mekanlar yer almaktadır. Yapısal anlamdaki ölçütleri önerirken “Korunması Gerekli Sokakları Sağlıklaştırma Projesi Teknik Şartnamesindeki” ilkeler dikkate alınmıştır. İşlevsel, başarılı bir şekilde tasarlanmış kamusal alanlar oluşturmak için de Madden (2001) tarafından belirlenen kolay erişim, kullanım imkanı, konfor, sosyalleşme gibi temel ölçütlerin yanı sıra koruma kullanma dengesini gözetmek, sosyo ekonomik gelişim, engelsiz ulaşım gibi parametreler belirleyici olmuştur.

Bu bağlamda kentsel peyzaj odaklı korunması gerekli sokak sağlıklaştırma plan ve projelerinde planlama, tasarım, uygulama bağlamında aşağıdaki ölçütler önerilmiştir.

- Sokak sağlıklaştırma plan ve projeleri 2863 sayılı Kültür ve Tabiat Varlıklarını Koruma Kanunu, ilgili yasa ve yönetmelikler ile alanda geçerli olan koruma imar planlarına uygun olarak hazırlanmalı,
- Koruma kullanma dengesi gözetilerek alan kullanım kararları verilmeli,
- Alanın iklimsel özellikleri dikkate alınmalı,
- Alanın sosyal, ekonomik, ekolojik, estetik ve fiziksel özellikleri dikkate alınmalı,
- Kent silüetini koruyacak plan ve tasarım kararları verilmeli,
- Yerel halk öncelikli olmak üzere alan kullanıcılarının istek ve talepleri belirlenerek ihtiyaç listeleri oluşturulmalı,
- Doğal ve kültürel kimlik bileşenleri saptanıp, bunları yansıtan mekansal tasarımlar yapılmalı,
- Engelsiz kullanımlar için çocuk, yaşlı, dezavantajlı gruplar için gerekli önlemler alınmalı,
- Kentsel donatı elemanları (bank, aydınlatma elemanı, çiçek kasası, vb.), reklam panosu, tabelaların malzeme, doku, renk ve ölçü olarak tarihi doku ile uyumu sağlanmalı,
- Zemin döşeme ve cephe kaplamalarında tarihi dokuya uygun malzeme seçilmeli,
- Kesintiye uğramayacak yaya ve araç sirkülasyon sistemi oluşturulmalı,
- Alt ve üst yapı sistemlerinin yeterli miktarda ve etkin kullanımda olması sağlanmalı,

- Sokak dokusunda turistik kullanımlar için sergi salonu, el sanatları atölyeleri, turistlerin dinlenme ve fotoğraf çekim alanı gibi kullanımlara yer verilmeli,
- Bitkisel tasarımlarda öncelikle tarihi dokuda tercih edilen bitkiler saptanmalı ve tasarımlarda bu bitkilere yer verilmeli,
- Bununla birlikte bitkisel düzenlemelerde mekanın estetik algısını artıracak yaprak, dal ve çiçek özelliği ile ön plana çıkan dekoratif bitkiler tercih edilmeli,
- Tasarımlarda kamu yararı gözetilmeli,
- Konusunda uzman birçok disiplinin bir arada olduğu kadro ile plan ve projeler hazırlanmalı,
- Uzun/orta/kısa hedeflerde uygulanabilecek tasarımlar yapılmalı,
- Uygulama sürecinde izleme, denetleme ve bu süreçte elde edilen veriler doğrultusunda yeniden değerlendirme yapılmalı,
- Elektrik hattı yer altına alınmalı, cephelerdeki anten, klima gibi objelerin ortak kullanımlar ile sayısı azaltılmalı,
- Hasarlı olan tarihi yapıların restorasyon, restitüsyon ve rölöve projeleri yapılmalı,
- Yapı sahipleri cephe ve balkonlarının onarımı, bakımı gibi konularda “en güzel cephe” yarışmaları ile kent estetiğine katkı sunmaları konusunda teşvik edilmeli,
- Yönlendirme levhaları, reklam tabelaları kent estetiği ve kent silüeti dikkate alınarak uygun yerlerde bulunmalı,
- Malzeme temini ve işçilik bakımından uygulanabilir tasarımlar yapılmalı,
- Açık ve yeşil alanlara yönelik tasarımlarda kültürel kimliği koruyacak ve kimlik öğelerini bu mekanlara yansıtacak projeler üretilmeli,
- Açık ve yeşil alanlarda peyzaj bakım ve onarım işleri periyodik olarak yapılmalı,
- Kent estetiği üzerinde fiziksel çevre, biyolojik çevre ve sosyo kültürel çevre etkili olmaktadır. Bu çevrelerde kullanılan boya ve çevreyi kaplayan diğer malzemelerin rengi de kişiler üzerinde etkili olmaktadır (Ojo ve Kayode, 2006). Bu nedenle renklerin kişiler üzerindeki psikolojik etkileri göz önüne alınarak renk seçimi yapılmalı,
- Tarihi doku ve kent kimliği ile uyum gösterecek simit, kestane, mısır gibi seyyar satış birimleri tasarlanmalı,
- Yerel yönetim, kanaat önderleri, özel sektör, üniversite ve yerel halk birlikte çalışabilmeli,
- Halkın projeyi sahiplenmesi için güveni kazanılmalıdır.

Sonuç olarak, araştırmada sokak sağlıklılaştırma plan ve projelerinde ilgili yasa ve yönetmeliklerle

uyumlu, yerel halkın benimsediği, kent kimliğini yansıtan, alanında uzman birden fazla meslek disiplininin bir arada olduğu ekip tarafından kısa, orta, uzun vadede uygulamaya geçirilecek plan ve projeleri hazırlamaya yönelik ölçütler önerilmiştir. Gerçekleşecek olan koruma ile sadece fiziksel koruma değil, sosyo kültürel ve ekonomik korumada mümkün olabilecektir

Kaynaklar

- Ahunbay, Z., 2004. Tarihi Çevre Koruma ve Restorasyon, Üçüncü baskı, Yapı Yayınları, İstanbul, 212s.
- Altınörs Çırak, A., 2017. Plan Kararlarının Uygulanmasında Bir Konsensüs Oluşturma ve İşbirliği Deneyimi: İzmir Kemeraltı Sokak Sağıklaştırma Çalışmalarının Öyküsü. Planlama, 27(3): 286-302.
- Anonim, 2003. Bartın-Kentsel Sit Alanı, Etkileme Geçiş Alanı Korunacak Sokaklar Koruma Amaçlı İmar Planı Plan Koşulları. Bartın Belediyesi, İmar ve Şehircilik Müdürlüğü, Bartın.
- Anonim, 2006. Bartın Nazım İmar Planı Araştırma Raporu. Bartın Belediyesi 01.05.2006 Tarih 86 Sayılı Meclis Kararı, Bartın.
- Anonim, 2007. Kültür Kenti Bartın'ı Keşfedin, Mitolojiden Gezgincilere. Kültür ve Turizm Envanteri, Bartın İl Kültür ve Turizm Müdürlüğü Yayını, Ankara, 180s.
- Anonim, 2008. Bartın 2023 stratejik amaçlar ve il gelişme planı, Bartın Valiliği İl Planlama ve Koordinasyon Müdürlüğü, Bartın.
- Anonim, 2009. Tarihi Çevre Koruma, Tarihi Çevre Koruma: Yaklaşımlar, Uygulamalar, Dosya14.1, TMMOB Mimarlar Odası Ankara Şubesi.
- Anonim, 2014. Yerel Yönetimler Kentleşme ve Demokrasi, Sempozyum, 23-24 Ocak 2004, TMMOB Mimarlar Odası, İstanbul.
- Aşcıoğlu, E., 2001. Bartın. Bartın Ticaret ve Sanayi Odası Yayını, Ankara.
- Bartın Belediyesi, 2014. Bartın belediyesi 2015-2019 dönemi stratejik planı, Eylül 2014, ss.179, Bartın.
- Çelik, D. ve M. E. Yazgan, 2007. Kentsel Peyzaj Tasarımı Kapsamında Tarihi Çevre Korumaya Yönelik Yasa ve Yönetmeliklerin İrdelenmesi. ZKÜ Bartın Orman Fakültesi Dergisi. 9 (11): 1-10.

- Çelik, D., Açiksöz, S., 2008. Tarihi Kentlerde Kent Estetiği Kaygısı: Bartın Örneği Bartın Orman Fakültesi Dergisi, 10(14): 57-65.
- Çelikyay, H. S., & Karayılmazlar, S., 2016. Bartın Kent Merkezindeki Kamusal Alanların Kentsel Ergonomi ve Kent Kimliği Açısından İrdelenmesi. Bartın Orman Fakültesi Dergisi, 18(2): 224-238.
- Çelikyay, H. S., & Öztaş, R. G., 2018. LEED ND yeşil sertifika sistemleri bağlamında ekolojik mahalle tasarımı. Presented at the International Eurasian Conference on Science, Engineering and Technology (Eurasian Sci En Tech 2018), Ankara.
- Çelimli, M. A., 2016. Divriği Kent Dokusundaki Geleneksel Konut Mimarisinin İncelenmesi ve Örnek Sokak Sağlıklaştırması Üzerine Bir Değerlendirme (Yüksek Lisans Tezi), Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Mimarlık Anabilim Dalı, Kayseri.
- Çetin R. Z., Sönmez İ. S., 2014. Tarihi Kent Merkezlerinde Yeniden Canlandırma Stratejileri. Ege Mimarlık, 18-21.
- Elnokaly A., Elseragy A., 2013. Sustainable Heritage Development: Learning from Urban Conservation of Heritage Projects in Non Western Contexts. European Journal of Sustainable Development, 2: 31-54.
- Kiper, P., 2008. Küreselleşme Sürecinde Kentlerin Tarihsel-Kültürel Değerlerin Korunması: Türkiye- Bodrum Örneği, Sosyal Araştırmalar Vakfı Yayını.
- Kuban, D. 2000. Tarihi Çevre Korumanın Mimarlık Boyutu Kuram ve Uygulama, Birinci Baskı, Yapı Endüstri Merkezi (YEM) Yayınları, İstanbul, 207s.
- Madden, K., 2001. How to turn a place around: A handbook for creating successful public spaces. New York.
- Madran, E., Özgönül, N., 2005. Kültürel ve Doğal Değerlerin Korunması. 1. Baskı, Yalçın Matbaacılık, Ankara.
- Ojo B., Kayode F., 2006. The Role of Colour in Environmental Beautification and Urban Aesthetics: The Nigerian Example. Indoor Built Environment, 15(6): 543-550.
- Özyaba, M., vd. 1999. Kentsel Alanların Planlanması ve Tasarımı. Karadeniz Teknik Üniversitesi Mühendislik- Mimarlık Fakültesi, ders notları, no:54, s.424-467, Trabzon.
- Rodwell, D., 2007. Conservation and Sustainability in Historic Cities. Malden, Mass. Blackwell Publ. 262 s.
- Smith, B. 2002. Tarihi Kentlerin Korunmasında Yöntemler. Türkiye'de Tarihi Kent Dokularının Korunması ve Geleceğe Taşınması Sempozyumu, TC Kültür Bakanlığı Kültür ve Tabiat Varlıklarını Koruma Genel Müdürlüğü, 8-11 Şubat 2002 - Kemer, Antalya, s.125-129.
- UNESCO (United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization), 2013. New Life for Historic Cities, Paris.
- URL-1, <http://www.icomos.org.tr/?Sayfa=Tuzukler1&dil=tr>. 15 Aralık 2018.
- URL-2, <http://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2005/06/20050618.htm>. 05 Aralık 2018.
- URL-3, [http://www.odunpazari.bel.tr/haber-1390-odunpazarinda_hemsehrilerimizin_daha_saglam_saglikli_ve_estetik_evlerde_yasamalarini_istiy_oruz#PopupGoster\[popup\]/0/](http://www.odunpazari.bel.tr/haber-1390-odunpazarinda_hemsehrilerimizin_daha_saglam_saglikli_ve_estetik_evlerde_yasamalarini_istiy_oruz#PopupGoster[popup]/0/). 28 Nisan 2019
- URL-4, <http://artibirproje.com/Sayfa.aspx?Pid=20>. 22 Mart 2019.
- URL-5, <https://biruni.tuik.gov.tr/medas/?kn=95&locale=tr>. 25 Mayıs 2019.
- Ünver, H., 2017. Sokak Sağlıklaştırmanın Tanımsal Olarak İrdelenmesi. Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi, 5: 96-106.

***Galanthus ikariae* Baker Bitkisinin Toprak Üstü Kısımlarının Uçucu Yağının Kimyasal Bileşimi ve Biyolojik Aktiviteleri**

Chemical Constituents and Biological Activities of Essential Oil from Aerial Parts of Galanthus ikariae Baker

Osman ÜÇÜNCÜ^{*1,a}, Cemalettin BALTACI^{1,b}, Şeyda Merve KARATAŞ^{1,c}, Ayşe MUSLU^{1,d}, Demet BÜYÜKÇEKİÇ^{1,e}, Hasan EJDERHA^{1,f}, Elif Ezgi ÖZDEMİR^{1,g}

¹Gümüşhane Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, 29100, Gümüşhane

• Geliş tarihi / Received: 12.02.2019 • Düzeltilecek geliş tarihi / Received in revised form: 13.06.2019 • Kabul tarihi / Accepted: 21.06.2019

Öz

Bu çalışmada *Galanthus ikariae* Baker bitkisinin toprak üstü kısımlarının uçucu yağının kimyasal içeriği, antioksidan ve antimikrobiyal özellikleri araştırılmıştır. Bitkinin uçucu yağı Clevenger tipi hidrodistilasyon ile alınmış ve GC-MS/FID ile analiz edilmiştir. Uçucu yağdaki 41 bileşiğin yapısı literatür bilgileri ile karşılaştırılarak aydınlatılmıştır. Hegzadekanoik asit, linoleik asit, 2-tridekanon ve linoleik asit metil ester bileşiklerinin sırasıyla %19.05; %14.6; %11.49 ve %6.97 oranlarında ana bileşenler oldukları tespit edilmiştir. Uçucu yağın toplam fenolik miktarı ve radikal süpürücü aktivitesi (DPPH) sırasıyla 342.22 mg/mL GAE ve %55.92 bulunmuştur. Uçucu yağın antimikrobiyal aktivitesi agar kuyucuk metodu ile 12 adet bakteri ve 5 adet maya-küfe karşı araştırılmıştır ve özellikle *Listeria monocytogenes* bakterisi ve *Saccharomyces cerevisiae* mayasına karşı etkili olduğu görülmüştür.

Anahtar kelimeler: Antimikrobiyal, Antioksidan, *Galanthus ikariae*, GS-MS/FID, Uçucu Yağ

Abstract

In this study, the chemical composition, antioxidant and antimicrobial properties of the volatile oil of aerial parts *Galanthus ikariae* Baker plant were investigated. The essential oil was obtained by Clevenger type hydrodistillation and analysed by GC-MS/FID. The structures of 41 compounds in essential oil were compared with the literature information. Hexadecanoic acid, linoleic acid, 2-tridecanone and linoleic acid methyl ester compounds were the main components and found as 19.05%; 14.67%; 11.49% and 6.97%, respectively. The amount of total phenolic and, %DPPH* scavenging activity were found as 342.22 mg/mL GAE and %55.92, respectively. The antimicrobial activity of essential oil was investigated against twelve bacteria and 5 fungi, by using agar dilution method. Essential oil was effective against *Listeria monocytogenes* and *Saccharomyces cerevisiae*, especially.

Keywords: *Galanthus ikariae*, Volatile oil, Antioxidant, Antimicrobial, GS-MS/FID

*a Osman ÜÇÜNCÜ; osmanucuncu@yahoo.com; Tel: (0456) 233 10 00-1861; ^aorcid.org/0000-0003-0858-0188

^borcid.org/0000-0002-4336-4002

^corcid.org/0000-0002-5221-1681

^dorcid.org/0000-0002-3175-6375

^eorcid.org/0000-0002-8873-8928

^forcid.org/0000-0002-0811-5537

^gorcid.org/0000-0003-2800-9376

1. Giriş

Amaryllidaceae familyasına ait olan kardelen (*Galanthus* spp.), ülkemizin kuzey ve doğu bölgelerinde yetişen ve ilkbaharda beyaz renkli çiçek açan soğanlı bir bitki türüdür. Deniz seviyesinden 900-1800 metre yüksekliklerde ve nemli toprakta yetişebilen, -15°C'ye kadar sıcaklıktan etkilenmeyen bu bitkinin çiçeklenme dönemi ocak ayından mart sonuna kadardır. Karlı günlerde çiçek verdiği ve yılın ilk çiçeği olarak kabul edildiğinden kardelen ismini alan bitki, botanikçiler tarafından ilk olarak soğanlı menekşe olarak tanımlanmıştır. *Galanthus* cinsinin Doğu ve Kuzey Anadolu'da yetişen yaygın türlerinden bazıları *G. ikariae* Baker ve *G. rizehensis* Stern. dir (Brickell, 1984). Dünyada 20 kadar doğal türü bulunan kardelenin Türkiye'de 11 türü yetişir ve bunların 3'ü endemiktir. Bir kardelen türü olan *Galanthus ikariae* bitkisi Türkiye'de daha çok Artvin, Gümüşhane ve Trabzon yöresinde yayılış göstermekte olup, halk arasında karga soğanı veya domuz soğanı şeklinde isimlendirilmektedir (Kaya vd., 2002).

Ülkemizde yetişen bazı *Galanthus* türlerinin yaprak ve gövde kısımlarının geleneksel tedavide adet söktürücü ve kalbi kuvvetlendirici, soğanlarının ise ezilerek çıbanları olgunlaştırmada kullanıldığı bilinmektedir (Baytop, 1999). Ticari olarak ise bazı *Galanthus* türlerinin soğanları ihraç edilmektedir (Koyuncu, 1997).

Amaryllidaceae familyasına ait olan *Galanthus* türleri içerdikleri alkaloidlerden ve potansiyel tedavi edici etkilerinden dolayı çok sayıda fitokimyasal çalışmaya konu olmuşlardır. Günümüzde *Galanthus* cinsi, tedavi değeri olan (Rainer, 1997) ve ilaç olarak kullanılma potansiyeline sahip farklı alkaloidleri nedeniyle ilgi çekmektedir (Noyan vd., 1998; Ünver vd., 1999). Galanthamin, likorin, tazettin, galanthin ve sanguinin gibi alkaloidlerin *G. woronowii* Losinks. bitkisinden izole edildiği bildirilmiştir (Sarıkaya vd. 2013, Bozkurt vd., 2017). *G. woronowii* ve *G. nivalis* bitkilerinin karşılaştırılmalı GC-MS analizlerinde bu bitkilerden sırasıyla 13 ve 42 adet bileşiğin yapısı aydınlatılmıştır (Bokov ve Samylina, 2017). Bokov vd., (2016) başka bir çalışmada ise aynı bitkilerinin metanol ekstraktlarının Amaryllidaceae alkaloid profillerini ortaya çıkartmışlardır. Karimi vd., (2018) yaptıkları bir çalışmada ise *G. transcaucasicus* bitkisinin fitokimyasal değerlendirilmesi ile antioksidan ve antimikrobiyal özelliklerini araştırmışlardır. Farklı bir çalışmada ise *G. ikariae* bitkisinin alkaloid

içeriği araştırılmış ve (+)-9-*o*-dimetilhomolikorine, (-)-galanthamin, (+)-3-epihidroksibulbispermine ve (+)-tazettin bileşikleri tanımlanmıştır (Sener vd., 1999). Literatürde *Galanthus* cinsine ait GC-MS ve biyolojik aktivite çalışmaları sınırlı sayıdadır. Son yıllarda *Galantus* türlerinin potansiyel tedavi edici etki gösterdikleri belirlenen lektin ve Amaryllidaceae alkaloidlerini içerdikleri belirtilmiştir. Nitekim analjezik, antiviral, sitotoksik ve antikolinestaz gibi biyolojik etki gösteren ve Alzheimer hastalığının tedavisinde kullanılan galantamin ve analjezik ile kardiyotonik etkisi olan likorin bu cinsine ait türlerde bulunmaktadır (Emir 2010). Bu çalışmada *G. ikariae* bitkisinin uçucu yağı elde edilerek, kimyasal yapısı aydınlatılmış, antioksidan ve antimikrobiyal özellikleri incelenmiştir.

2. Materyal ve Metot

2.1. Materyal

İncelenen *Galanthus ikariae* bitkisi, 2013 yılı Mart ayında Gümüşhane ili Kürtün ilçesi Çayırçukur Köyü'nden (980m, A7, 40° 40' 26" kuzey, 39° 5' 50" doğu) toplanmıştır. Bitki materyali Giresun Üniversitesi Bulancak UBYO Bitkisel Üretim ve Teknolojileri Bölümü öğretim üyesi Doç. Dr. Mutlu Gültepe tarafından teşhis edilerek KTUB Gültepe 551 herbaryum numarası verilerek, analiz için oda sıcaklığında açık havada kurutulmuş ve uygun koşullarda saklanmıştır.

2.2. Metod

2.2.1. Clevenger Tipi Hidrodestilasyon İşlemi

Kurutulmuş *Galanthus ikariae* bitki örneklerinden alınan 75 gramlık toprak üstü kısımlar, küçük parçalara ayrıldıktan sonra 2 L'lik balona konularak üzerine 800 mL saf su eklenmiştir. Bitki materyali, gömleklili ısıtıcı üzerinde yaklaşık 4 saat ısıtılmış ve Clevenger tipi cihazda uçucu yağın toplanması sağlanmıştır. Oluşan uçucu yağ HPLC kalitesinde 1 mL n-hekzan'da çözülerek alındıktan sonra koyu renkli şişede ağzı kapatılarak -18 °C'de saklanmıştır. Daha sonra uçucu yağ ekstraktından alınan 1 µL'lik çözeltiler GC-MS cihazına enjekte edilerek analizi yapılmıştır (Pino vd., 2005).

2.2.2. GC-MS Analizleri

1 mL hegzan eklenmiş uçucu yağ ekstraktından alınan 1 µL'lik çözelti GC-MS cihazına enjekte edilmiş ve kimyasal analizi yapılmıştır. Bu

çalışmada yapılan GC-MS analizinde Agilent marka gaz kromatografisi cihazı ile 5977 E Seri GC/MSD marka kütle spektrometresi cihazları kullanılmıştır.

2.2.3. Bileşenlerin Aydınlatılması

Uçucu yağların bileşenleri kütle spektrumlarının GC-MS cihazında bulunan NIST, WILEY gibi kütüphanelerle, alıkonma sürelerinin ise literatür verileriyle karşılaştırılması sonucu toplam 41 adet bileşiğin yapısı aydınlatılmıştır (Adams, 2004; Pino vd., 2005; Zhao vd., 2009).

2.2.4. Antimikrobiyal Aktivite Analizi

Çalışmada kullanılan mikroorganizmalar Gümüşhane Üniversitesi Gıda Mühendisliği Bölümü laboratuvarlarından temin edilmiştir. Uçucu yağ ekstraktının antimikrobiyal aktiviteleri 12 bakteri ve 5 maya-küf olmak üzere 17 mikroorganizmaya karşı agar difüzyon yöntemi ile belirlenmiştir. Mikroorganizmalar aktifleşmeden 24 saat sonrasındaki 18 saatlik ikinci aktifleştirme işleminden sonra kullanılmıştır (10⁶cfu). Bu amaçla, hazırlanan steril katı besiyerlerine çalışmada kullanılacak mikroorganizmalardan %1 oranında ilave edilmiş ve petri kutularına dökülüp katılaşmaları beklenmiştir. Daha sonra katılaşan besiyerlerinin üzerine 5 mm çaplı kuyucuklar açılmıştır. Açılan kuyucuklara, uçucu yağın hegzan ile hazırlanmış farklı konsantrasyondaki (%1, 2, 5, 10) solüsyonlarından eklenerek, inkübasyon işlemi gerçekleştirilmiştir. Bakteriler 36°C'de 24 saat, mayalar 32°C'de 48 saat inkübasyona bırakılmıştır. Yeterli süre sonunda gelişme olan zonlar ölçülerek değerlendirme yapılmıştır (Finley ve Given, 1986).

2.2.5. Antioksidan Aktivite Testleri

2.2.5.1. Serbest Radikal Süpürücü Aktivitenin Belirlenmesi:

Bitkinin uçucu yağının serbest radikal süpürücü aktivitesi 2,2-difenil-1-pikrilhidrazil (DPPH) kullanılarak Sanchez-Moreno metoduna göre yapılmıştır (Sağdıç ve Özcan, 2003). Metoda göre konsantrasyonları belirli olarak hazırlanan uçucu yağ ve DPPH çözeltileri vorteksle karıştırılarak oda sıcaklığında ve karanlıkta 30 dk bekletilmiştir. 517 nm'de absorbanısı okunarak reaksiyon ortamında kalan DPPH miktarı aşağıdaki formüle göre hesaplanmıştır: % İnhibisyon= (Kontrol Absorbansısı-Örneğin Absorbansısı / Kontrol Absorbansısı) x 10

2.2.5.2. Toplam Fenolik Madde Miktarı:

Folin-Ciocalteu metoduyla toplam fenolik madde tayini Gamez-Meza'e göre yapılmıştır (Gámez-Meza vd.,1999). Konsantrasyonu belli 0.5 mL örnek, 2.5 mL Folin-Ciocalteu reaktifi (%10'luk, h/h, suda) ve 7.5 mL Na₂CO₃ çözeltisi (%20'lik, a/h, suda) deney tüpüne karıştırılarak 2 saat oda sıcaklığında bekletilmiştir. Örneklerin absorbanısı 765 nm dalga boyunda köre karşı okunarak toplam fenolik madde miktarları; gram ekstraktta mg gallikasite eşdeğer olacak şekilde hesaplanmıştır.

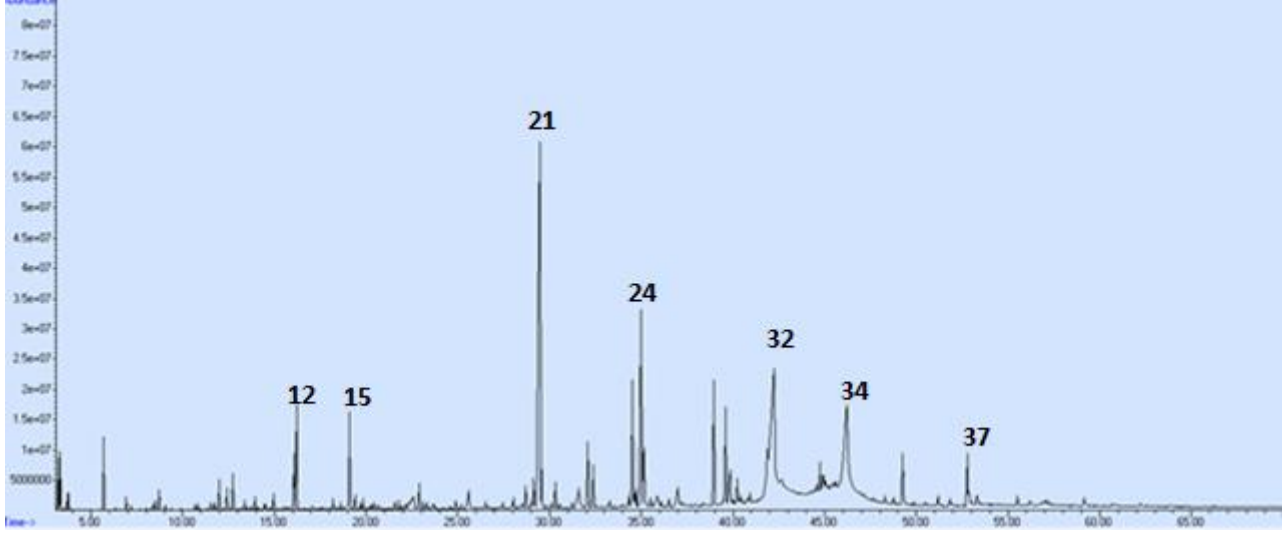
3. Bulgular ve Tartışma

Şekil 1'de spektrumu verilen 75 g kurutulmuş *Galanthus ikariae* (Amaryllidaceae) bitkisine uygulanan hidrodestilasyon işlemi ile elde edilen uçucu yağda bulunan 41 adet doğal bileşiğin yapısı, alıkonma zamanları ve kütle spektrumları dikkate alınarak GC cihazında bulunan NIST ve Willey kütüphanelerindeki bileşiklerle ve literatürle karşılaştırılarak ortaya çıkarılmıştır. Uçucu yağın GC analizinde bileşiklerin % 85.42'lik kısmı tanımlanmıştır. Şekil 1'de görüldüğü gibi bitkinin uçucu yağındaki bileşenler, keskin pikler vermiş, yüksek eşleşme oranları (en az %87) göstermiş ve alıkonma zamanlarının karşılaştırılması ile kimyasal yapıları aydınlatılmıştır.

Yapısı aydınlatılan bileşikler Tablo 1'de görüldüğü gibi α -terpinolen, geraniol gibi terpen türevleri; hegzanal, (E)-2-hegzanal, nonanal, (E)-2-nonenal gibi alifatik aldehidler; naftalen, benzen asetaldehid, 1,3-diklorobenzen gibi aromatik bileşikler ve tetradekanoik asit, hegzadekanonik asit ve linoleik asit gibi yağ asitleri bulunmaktadır. Uçucu yağın ana bileşenleri ise % 19.05 hegzadekanonik asit, % 14.67 linoleik asit, % 11.49 2-tridekanon ve % 6.97 oranında linoleik asit metil ester bileşikleridir. Uçucu yağın içerisinde yağ asitleri ve esterleri ana bileşen sınıfını oluşturmaktadır. Literatürde *Galanthus* cinsi üyeleri üzerine GC-MS çalışmaları sınırlı sayıdadır. Bokov ve Samyina (2017) tarafından gerçekleştirilen çalışmada *G. woronowii* ve *G. nivalis* bitkilerinin metanol ekstraktlarının karşılaştırılmalı GC-MS analizleri yapılmıştır. *G. woronowii* bitkisinde etil linoleat, 2,9,10-trimetoksi-(1 α ,2 α)-3,12-didehidrogalantan-1-ol ve etil- α -D-glukopyranosid bileşikleri, *G. nivalis* bitkisinde ise evoglukosan, 4,5-etilen-8,9-dimetoksi-6-fenantridon ve 1-metoksi-3-(2-hidroksietil)-nonan bileşikleri ana bileşenler olarak belirlenmiştir. *G. transcaucasicus* bitkisi

üzerine yapılan GC-MS çalışmasında ise 2-furankarboksialdehid, 2,3-butandiol, ve asetik asit ana bileşenler olduğu ortaya konulmuştur (Karimi

vd., 2018). Kimyasal içeriklerin farklılıkları metanol ekstraktlarından ve kullanılan GC kolonunun farklı olmasından kaynaklanmaktadır.



Şekil 1. *G. ikariae* bitkisinin GC-MS spektrumu

Tablo 1. *G. ikariae* bitkisinin GC-MS analiz sonuçları

	Bileşiğin İsmi	RT	DeneySEL RI	Eşleşme Oranı %	Pik Alanı
1	1-Hegzanal	5.685	805	95	0.65
2	3-Siklohepten-1-on	6.361	822	91	0.04
3	5,5-dimetil-2-etil-1,3-siklopentadien	6.925	841	87	0.12
4	(2E)-Hekzenal	7.196	850	97	0.06
5	2-Heptanol	10.683	956	95	0.19
6	2-pentil furan	11.989	992	91	0.36
7	1,3-Dikloro benzen	12.735	1013	97	0.92
8	Benzen asetaldehid	13.939	1040	94	0.19
9	(2E)-Oktenal	14.481	1049	95	0.11
10	1-Oktanol	14.956	1050	87	0.29
11	α -Terpinolen	15.591	1089	95	0.15
12	Nonanal	16.204	1106	91	1.97
13	2-etil-hekzanoik asit	17.030	1122	90	0.14
14	(E)-2-Nonenal	18.203	1161	95	0.36
15	Naftalen	19.096	1186	97	1.62
16	Dekanal	19.846	1207	91	0.55
17	Geraniol	21.570	1250	93	0.25
18	Nonanoik asit	22.529	1270	92	0.83
19	2-Undekanon	22.894	1295	97	0.72
20	1-Dodekanol	28.708	1468	87	1.09
21	2-Tridekanon	29.437	1495	95	11.49
22	Dodekanoik asit	31.582	1570	99	1.09
23	Benzofenon	33.275	1631	95	0.33
24	2,11-Tridekandion	34.980	1696	91	5.78
25	14-Metil pentadekanoik asit	35.869	1731	98	0.85
26	2- Fenil metilen oktanal	36.504	1754	99	0.27
27	Tetradekanoik asit	36.979	1772	99	1.58
28	6,10,14-trimetil-2-pentadekanon	38.951	1848	96	1.97
29	Fitalik asid, isobutil oktil ester	39.595	1874	90	3.21

Tablo 1. devamı

	Bileşimin İsmi	RT	DeneySEL RI	Eşleşme Oranı %	Pik Alanı
30	Nonadekan	40.235	1899	92	1.20
31	Hekzadekanoik asit metil ester	40.906	1927	96	0.82
32	Hekzadekanoik asit	42.190	1978	99	19.05
33	Metil linoleat	44.753	2092	99	6.97
34	Linoleik asit	46.187	2137	99	14.67
35	(Z)-9-Trikosen	48.746	2275	99	0.56
36	2,6,10-Trimetil, 14-neofitadien	51.180	2393	96	0.41
37	Linoleik asid, butil ester	52.779	2475	90	1.39
38	Pentakosan	53.303	2502	74	1.18
39	(Z,Z)-10,12-Hekzadekadien-1-ol asetat	54.529	2558	90	0.52
40	Heptakosan	57.075	2700	96	1.38
41	Nonakosan	62.223	2900	98	0.14
Toplam%					85.42

*RT: Retention time, RI: Retention index

Galanthus ikariae bitkisinin uçucu yağ ekstraktlarının seçilen test mikroorganizmalara karşı inhibisyon seviyeleri Tablo 2’de gösterilmiştir. Kullanılan uçucu yağın %1’lik konsantrasyonda *B. cereus*, *E.coli*, *E. coli O157:H7*, *L. monocytogenes* ve *S. aureus*’a karşı etkili olduğu görülmüştür. Antimikrobiyal çalışma sonucunda uçucu yağın antifungal etkisinin sadece *S. cerevisiae* mikroorganizmasına karşı olduğu tespit edilmiştir. Karimi vd. 2018’in *G. transcaucasicus* bitkisinin metanol ekstraktlarının *B. subtilis*, *B. cereus*, *S. aureus*, *E. coli* ve *P. aeruginosa* bakterilerine karşı etkili olduğu görülmüştür. Bu bitkinin sergilediği yüksek antimikrobiyal aktivitenin mikrobiyal

bazdaki farklılığın yanısıra, içerdiği fenoliklere, flavonoidlere ve uçucu bileşiklere bağlı olduğu belirtilmiştir (Karimi vd., 2018). Yapılan başka bir çalışmada *G. ikariae* bitkisindeki analjezik, kardiyotonik, antiinflamatuvar, antimalarial ve antitümör gibi birçok biyolojik aktivite gösteren, likorin yüzdesi 0,0043 olarak bulunmuştur (Sener vd., 1999). Aynı çalışmada *G. elwesii* ve *G. ikariae* bitkilerinin bazı biyolojik aktiviteleri incelenmiştir. Bu bitkilerin etanol ekstraktlarının antibakteriyal, antifungal, antiplatelet, antimalarial aktivitelerinin olmadığı sadece *G. elwesii* bitkisinin insektisidal aktivite gösterdiği görülmüştür (Sener vd., 1999).

Tablo 2. *Galanthus ikariae* Baker, bitkisinin uçucu yağının antimikrobiyal aktivitesi (mm)

	%1	%2	%5	%10
Bakteri				
<i>Yersinia pseudotuberculosis</i>	-	-	-	-
<i>Bacillus cereus</i>	6.62±0.10	-	-	-
<i>Bacillus subtilis</i>	-	-	-	-
<i>Enterobacter cloacae</i>	-	-	-	-
<i>Escherichia coli</i>	7.40±0.15	-	-	-
<i>Escherichia coli O157:H7</i>	5.37±0.10	-	-	-
<i>Klebsiella pneumoniae</i>	-	-	-	-
<i>Listeria monocytogenes</i>	8.28±0.10	-	-	-
<i>Proteus vulgaris</i>	-	-	-	-
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	-	-	-	-
<i>Salmonella Typhimurium</i>	-	-	-	-
<i>Staphylococcus aureus</i>	5.29±0.10	-	-	-
Maya-Küf				
<i>Saccharomyces cerevisia</i>	10.3±0.10	-	-	-
<i>Candida albicans</i>	-	-	-	-
<i>Zygosaccharomyces bailii</i>	-	-	-	-
<i>Zygosaccharomyces rouxii</i>	-	-	-	-
<i>Penicillium</i>	-	-	-	-

Bitkiden elde edilen uçucu yağın 2,2-difenil-1-pikrilhidrazin (DPPH) üzerindeki serbest radikal süpürücü madde miktarı ile Folin-Ciocalteu metoduyla da toplam fenolik madde miktarı sırasıyla 342.22 mg/mL GAE ve %55.92 olarak bulunmuştur. Ayrıca toplam fenolik madde miktarı hesaplanmasında kullanılan gallik asit standart kurvesi çizilmiş ve R^2 değeri 0,0997 olarak bulunmuştur. Ay (2018) yaptığı çalışmada *Galanthus elwesii* bitkisinin çiçek, yaprak, gövde, kök ve soğanlarının etanol ekstratlarının toplam fenolik ve flavonoid içeriğini belirlemiştir. İlgili çalışmada bitki organları bazında antioksidan aktivitenin değişebildiği belirtilmiş ve bitkinin fenolik içeriği olgunlaşma aşamasındaki soğanlarında en yüksek (42.63 mgGA/mg), olgunlaşma aşamasındaki köklerde (18.15mgGA/mg) ise en düşük olarak belirlenmiştir. Çalışmamızda ise *G. ikariae* bitkisinin uçucu yağının antioksidan aktiviteye sahip olduğu tespit edilmiş ve uçucu yağ ekstraktının DPPH radikaline karşı radikal süpürücü aktivitesi %55.92 olarak bulunmuştur.

Bitkilerde bulunan diğer bileşikler için de farklı çalışma yöntemleriyle yapı aydınlatılması yapılabilir. Yapısı aydınlatılan bileşiklerin çoğunluğunu aldehid ve yağ asitleri oluşturmaktadır. Bu bileşik türlerinin özellikle ilaç, kozmetik ve gıda sanayisi gibi günlük yaşantıda pek çok kullanım alanının bulunması bu tür bitkilere olan ilgiyi artırmaktadır.

4. Sonuç

Bu çalışma *G. ikariae* bitkisinin toprak üstü kısımlarının uçucu yağının kimyasal içeriği ve biyolojik özelliklerinin (antioksidan ve antimikrobiyal) incelendiği literatürdeki ilk çalışmadır. Çalışmada, uçucu yağ GC-MS/FID ile analiz edilerek 41 adet bileşiğin yapısı aydınlatılmıştır. Uçucu yağda hegzadekanoik asit, linoleik asit, 2-tridekanon, linoleik asit metil ester bileşiklerinin ana bileşenler olduğu bulunmuştur. Potansiyel biyolojik etki göstereceği düşünülen uçucu yağın agar-kuyucuk yöntemi ile yapılan antimikrobiyal aktivite testi sonucuna göre *Listeria monocytogenes* bakterisi ve *Saccharomyces cerevisiae* mayasına karşı etkili olduğu görülmüştür. Ayrıca bitkiye ait uçucu yağın antioksidan özelliklerinin belirlenmesi için yapılan çalışmalarda toplam fenolik miktarı ve radikal süpürücü aktivitesi (DPPH) sırasıyla 342.22 mg/mL GAE ve %55.92 bulunmuştur. Bu çalışmadaki veriler, ilerleyen dönemlerde *Galanthus* cinsi üzerine yapılacak çalışmalara katkıda bulunabilir. Amaryllidaceae familyasına

ait olan bitkinin biyolojik aktif olduğu belirtilen galantamin ve likorin alkaloidleri içeriği araştırılarak kaliteli bir drog ortaya çıkarılabilir.

Kaynaklar

- Adams, R.P., 1997. Identification of essential oil components by gas chromatography/mass spectroscopy. *Journal of the American Society for Mass Spectrometry* 8(6), 671-672.
- Ay, B.E., Açıköz, M.A., Yarılgaç, T. Ve Kara, M., 2018. Assessment of Antioxidant Activity of Giant Snowdrop (*Galanthus elwesii* Hook) Extracts with Their Total Phenol and Flavonoid Contents. *Indian Journal of Pharmaceutical Education and Research* 52(4) 128-132.
- Baytop, T., 1999. Bitkiler İle Tedavi (Geçmişte ve Bugün). İstanbul, Nobel Tıp Kitabevleri, 480 s.
- Brickell, C. D., 1984. *Galanthus* L. In: Flora of Turkey and the Est Aegean Islands, in: Davis, P.H. (Ed.), Vol. 8, Edinburgh University Press, Edinburgh ISBN: 9780852244944, pp. 365-372.
- Bokov, D.O., Samylina, I. A. ve Nikolov, S. D., 2016. Amaryllidaceae alkaloids GC/MS analysis in *Galanthus woronowii* and *Galanthus nivalis* of Russian origin. *Research Journal of Pharmaceutical Biological and Chemical Sciences* 7(6), 1625-1629.
- Bokov, D.O. ve Samylina, I.A., 2017. Comparison of the Chemical Compositions of *Galanthus woronowii* Losinsk. and *Galanthus nivalis* L. Homeopathic Mother Tinctures by Gas Chromatography with Mass-Selective Detection. *Pharmaceutical Chemistry Journal* 50(10), 659-667.
- Bozkurt, B., Emir, A., Kaya, G.İ., Onur, M.A., Berkov, S., Bastida, J. ve Unver Somer N., 2017. Alkaloid profiling of *Galanthus woronowii* Losinsk. by GC-MS and evaluation of its biological activity. *Marmara Pharmaceutical Journal* 21(4), 915-920.
- Emir, A., 2010. *Galanthus woronowii* Losinsk. Bitkisinin Kalite Kontrol Açısından Değerlendirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, Ege Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, İzmir, 147 s.
- Finley, J.W. ve Given Jr, P., 1986. Technological necessity of antioxidants in the food industry. *Food and Chemical Toxicology*, 24(10-11), 999-1006.
- Gámez-Meza, N., Noriega-Rodríguez, J.A., Medina-Juárez, L.A., Ortega-García, J., Cázarez-Casanova, R. ve Angulo-Guerrero, O., 1999. Antioxidant activity in soybean oil of extracts

- from Thompson grape bagasse. Journal of the American Oil Chemists' Society 76(12), 1445.
- Karimi, E., Mehrabanjoubani, P., Homayouni-Tabrizi, M., Abdolzadeh, A. ve Soltani, M., 2018. Phytochemical evaluation, antioxidant properties and antibacterial activity of Iranian medicinal herb *Galanthus transcaucasicus* Fomin. Journal of Food Measurement and Characterization, 12(1), 433-440.
- Kaya, G. İ., Kıvçak, B. ve Gözler, B., 2002. *Galanthus nivalis* L. subsp. *cilicicus* (Baker) Gottlieb-Tannenhain bitkisinden hazırlanan herba ve *bulbus galanthi* drogları üzerinde DAB 10'A göre yapılan kalite kontrol çalışmaları. 14. Bitkisel İlaç Hammaddeleri Toplantısı, 29-31 Mayıs 2002, Eskişehir, 199-202.
- Koyuncu, M., 1997. Türkiye'den İhraç Edilen Geofitlerin Korunması ve Üretimi Konusunda Gelişmeler, In: XI. Bitkisel İlaç Hammaddeleri Toplantısı Bildiri Kitabı (editörler: M. Kükcüoğlu, KHC. Baser), Ankara Üniversitesi Eczacılık Fakültesi, 57-62.
- Noyan, S., Rentsch, G.H., Önür, M.A., Gözler, T., Gözler, B., ve Hesse, M., 1998. The Gracilines: a novel subgroup of the *Amaryllidaceae* Alkaloids. Org-Chem.Inst., 29(51), 1777-1791.
- Pino, J. A., Mesa, J., Muñoz, Y., Martí, M. P. ve Marbot, R., 2005. Volatile components from mango (*Mangifera indica* L.) cultivars. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 53(6), 2213-2223.
- Rainer, M., 1997. Galanthamine in Alzheimer's disease. CNS Drugs, 7(2), 89-97.
- Sağdıç, O. ve Özcan, M., 2003. Antibacterial activity of Turkish spice hydrosols. Food Control, 14(3), 141-143.
- Sarikaya, B.B., Kaya, G.I., Onur, M.A., Bastida, J. ve Somer, N.U., 2013. Phytochemical investigation of *Galanthus woronowii*. Biochemical Systematics and Ecology, 51, 276-279.
- Sener, K., Koyuncu, M., Bingöl, F. ve Muhtar V., 1999. Production of bioactive alkaloids from Turkish geophytes. IUPAC, 23-27 November 1997, Phuket, Thailand. 1-7.
- Ünver, N., Gözler, T., Walch, N., Gözler, B., ve Hesse, M., 1999. Two novel dinitrogenous alkaloids from *Galanthus plicatus* subsp. *byzantinus* (Amaryllidaceae). Phytochemistry, 50(7), 1255-1261.
- Zhao, C., Zeng, Y., Wan, M., Li, R., Liang, Y., Li, C., Zeng, Z. ve Chau, F.T., 2009. Comparative analysis of essential oils from eight herbal medicines with pungent flavor and cool nature by GC-MS and chemometric resolution methods. Journal of Separation Science, 32(4), 660-670.

Asfalt Kaplama Kalınlığının Karışım Homojenitesi Üzerindeki Etkisi

Effect of Asphalt Pavement Thickness on Mixture Homogeneity

Erol İSKENDER*

Karadeniz Teknik Üniversitesi, Of Teknoloji Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, 61830, Trabzon

• Geliş tarihi / Received: 18.02.2019 • Düzeltilecek geliş tarihi / Received in revised form: 17.06.2019 • Kabul tarihi / Accepted: 01.07.2019

Öz

Asfalt kaplamalarda karışım homojenitesi kaplama performansı ve ömrü üzerinde önemli rol oynamaktadır. Karışım homojenitesi çeşitli yöntemlerle değerlendirilebilmektedir. Bu yöntemlerden bir tanesi de ekstraksiyon metodudur. Bu çalışmada kaplama kalınlığının karışım homojenitesi üzerindeki etkisi araştırılmıştır. Uygulama sahasından alınan karot örnekleri yoğunluk, bitüm içeriği ve gradasyon değerleri açısından kaplama kalınlığına bağlı olarak değerlendirilmiştir. Karot örneklerinin yoğunluklarının tasarım yoğunluğunun üzerinde olduğu ve kalınlık arttıkça yoğunluğun azaldığı görülmüştür. Ancak kaplama kalınlığı 6.5cm'yi geçtikten sonra yoğunluk değerlerindeki azalma hızlanmıştır. Kaplama kalınlığı ile bitüm içeriği arasında yüksek korelasyonlu bir ilişki kurulamamıştır. Fakat karot örneklerinin ortalama bitüm içeriği, tasarım bitüm içeriğinden %0.2 daha büyük çıkmıştır. Kaplama kalınlığı değişse de agregra gradasyonları birbirine çok yakın gerçekleşmiş, tasarım gradasyonuna göre en büyük bozulma 0.18mm ile 2.0mm elekler arasında gerçekleşmiştir.

Anahtar kelimeler: Asfalt kaplama, ekstraksiyon yöntemi, homojenite, tabaka kalınlığı

Abstract

Mixture homogeneity of wearing course in the asphalt pavements plays an important role in pavement performance and life. Mixture homogeneity can be evaluated by various methods. One of these methods is the extraction method. In this study, effect of asphalt pavement thickness on homogeneity was investigated. Core samples taken from actual asphalt pavement were evaluated in terms of density, bitumen content and gradation values depend on pavement thickness. It was observed that the density values of the core samples were above the design density and the density decreased with increasing pavement thickness. However, after the pavement thickness exceeded 6.5cm, the decrease in density values accelerated. High coefficient correlation was not found between pavement thickness and bitumen content. However, the average bitumen content of the core samples was 0.2% greater than the design bitumen content. Although the pavement thickness changed, the aggregate gradations were very close to each other and the highest distortion according to the design gradation was between 0.18mm and 2.0mm sieves.

Keywords: Asphalt pavement, homogeneity, pavement thickness, extraction method

*Erol İSKENDER; eiskender@ktu.edu.tr; eroliskender@gmail.com; Tel: (0462) 377 8418; orcid.org/ 0000-0001-7934-839X

1. Giriş

Yol yapım şirketleri ve ilgili idareler inşaat süreci, kaynakların ve işin planlanması ve programlanması, kalite ve performans üzerinde daha etkili kontrol mekanizmaları geliştirmek için çalışmalarını sürdürmektedirler. Çünkü kaliteli kontrol, kaplamaların ekonomik ömrü içerisinde başarısızlık risklerini de azaltacaktır. Bu nedenle, sahadaki ilgili operasyonel parametrelerin bilinmesi ve bu parametreler arasındaki ilişkilerin iyice anlaşılması gerekir.

Asfalt kaplamalar laboratuvarında çok iyi tasarlanıp, bileşenleri oransal olarak kusursuz hesaplanmalar bile uygulama aşamalarında çeşitli sorunlarla karşılaşabilmektedir. Üstelik laboratuvar ortamında bile agrega köşeliliği ve gradasyonu gibi faktörler tam olarak kontrol altına alınamamaktadır. Uygulamada ise kaplama inşaa araçlarından, işçilikten veya hava koşullarının zorluğundan kaynaklanan problemler oluşabilmektedir. Asfalt karışımın sıkıştırılabilirliği, agrega gradasyonunun homojensizliği (segregasyon), termal homojensizlik, operasyonel hatalar kaplama kalınlığında farklılıklara neden olabilmektedir.

Literatürde, sıcak karışım asfalt (HMA) kaplamaların sıkıştırılabilirliğini etkileyen, malzeme sıcaklığı, bitüm içeriği ve agrega köşeliliği gibi farklı faktörlerin önemi vurgulanmıştır. Sıkıştırılabilirlik, bir karışımın belirli bir yoğunluğa sıkıştırılabileceği kolaylığın bir ölçüsüdür. Bir karışımın sıkıştırılabilirliğinin daha iyi olması durumunda, sahadaki asfalt karışımın hedef yoğunluğa sıkıştırılması da kolaylaşır. Rüzgar ve güneş gibi faktörler asfalt tabakanın sıkıştırılabilirliğini etkilemektedir. Ayrıca, HMA karışımlarının sıkıştırılması, kaliteye ulaşmada en önemli aşamalardan biri olarak görülmektedir. Mekanik malzeme davranışı sıcaklığa bağlı olduğundan, asfalt karışımın sıcaklığındaki büyük değişikliklerin nihai sıkıştırılmış haldeki kaplamada farklılıklara neden olması mantıklıdır. Bu nedenle sıcaklıktaki ve dolayısıyla sıkıştırma seviyelerindeki büyük farklılıklar, yapılan şeridin kalite tutarlılığını bozar. Kalitenin iyileştirilmesi için karışım sıcaklığının homojenliğini geliştirmek ve sıcak-soğuk lekelerin oluşmaması için önlem almak gerekmektedir (ter Huerne vd., 2009).

Homojenlik, malzeme bileşenlerinin veya fazların dağılımını tanımlamak için sıklıkla kullanılan bir üniform olma durumu veya kalitesidir. Asfalt karışım homojenliği, bileşenlerinin (yani asfalt

çimentosu, agregalar, katkı maddeleri ve hava boşlukları) dağılımına bağlıdır ve bunların arasında agrega dağılımı homojenliği belirlemede önemli bir rol oynar, çünkü diğer üç bileşenin asfalt karışım içerisindeki dağılımı genellikle agrega dağılımı tarafından belirlenir (Peng ve J. Sun, 2009).

Segregasyon veya üniformsuzluğu değerlendirmek için çeşitli yöntemler geliştirilmiştir. Doğrusal şekilli segregasyonları belirleyebilmek için ayırık nükleer yoğunluk ölçümleri (Wolff vd., 1997), yüzey segregasyonlarını belirleyebilmek için LASER (Meegoda vd., 2003), segregasyon varlığını ve şiddet seviyesini belirlemek için infrared termograf ve ROSAN lazer yüzey doku ölçümleri (Stroup-Gardiner ve Brown, 2000), makro dokuyu değerlendirmek için ise dijital resim işleme teknikleri (Wang vd., 2004) kullanılmıştır.

Fakat yukarıda belirtilen yöntemlerin hasarsız ve uygulanması kolay olmasına rağmen bazı eksikliklerinin oldukları ifade edilmektedir. Örneğin, infrared termografi, lazer yüzey doku ölçümleri ve resimler yalnızca kaplamanın yüzeyini veya yüzeye yakın bir bölümünü değerlendirmede kullanılabilir. Bu yöntemlerle kaplama derinliği boyunca agrega dağılımı hakkında bilgi almak mümkün olmamaktadır (Peng ve J. Sun, 2009).

Sıcak karışım asfaltlarda segregasyonun modellerle değerlendirildiği bir çalışmada (Stroup-Gardiner vd., 2000) segregasyon seviyesi, anahtar karışım özelliklerindeki değişiklik ve karışım yoğunluğu arasındaki ilişki araştırılmış ve segregasyon seviyesinin hava boşluğu, bitüm içeriği ve gradasyon gibi anahtar karışım özelliklerinden tahmin edilebileceği vurgulanmıştır.

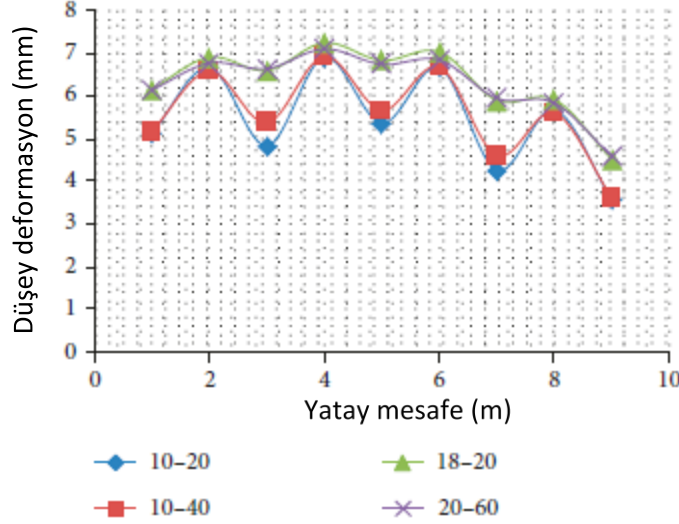
Agrega gradasyonu asfalt karışımın içsel yapısını ve gerilme dağılımını etkilemektedir. Kaplama boyunca gradasyondaki değişiklikler homojensizliklere yol açmaktadır. Homojenite, mekanik dayanım ve yorulma ömrü gibi asfalt beton kaplamaların performansla ilgili birçok özelliğini etkiler. Yapılan araştırmalar, homojensizlikten dolayı çeşitli bozulmaların oluştuğunu ortaya koymuştur. Segregasyon veya üniformsuzluk olduğunda azalan rijitlik, çekme mukavemeti ve yorulma ömründen dolayı kaplamanın servis ömrü azalmaktadır (Sefidmazgi vd., 2012).

Asfalt karışımlarda agrega segregasyonu, güncel araştırma konularından biridir; çünkü segregasyon

esas olarak homojensizliğe yol açar ve asfalt karışımının kaplama performansını, örneğin yorulma ömrünü, çekme mukavemetini ve su hasarına karşı direncini önemli ölçüde etkiler. Hatta asfalt kaplamanın servis ömrünün, agrega segregasyonu nedeniyle %10'dan %50'ye kadar azalabileceği ifade edilmektedir (Zhang vd., 2017).

Bu tür karışım homojensizlikleri asfalt karışımın sıkıştırılabilirliğini etkilemekte ve farklı kaplama

kalınlıklarının ortaya çıkmasına neden olabilmektedir. Asfalt kaplama ve temel tabakalarının kalınlığının etkisinin araştırıldığı bir çalışmada, farklı kalınlık değişkenleri ile deneme yol kesimleri üretilerek ölçümler yapılmıştır. Ortaya çıkan sonuçlar, kaplama kalınlığının sabit olduğu seçeneklerde bile düşey deformasyonların değişken olduğunu bununla birlikte kaplama kalınlığının artmasıyla deformasyon miktarının azaldığını ortaya koymaktadır (Şekil 1.) (He ve Yang, 2018).



Şekil 1. Düşey deformasyonun yol uzunluğu ve tabaka kalınlığı ile değişimi (He ve Yang, 2018)

Asfalt karışım, bir çeşit çok fazlı kompozit heterojen malzemedir. Agregaların mekansal dağılımı kaplamanın iskeletsel homojenliğini önemli derecede etkiler. Kaba agreganın uzaysal dağılımı iyi değilse kaba agregaların kümelenmediği alanlarda, nispeten daha büyük hava boşluk hacmi ve nispeten daha az asfalt bağlayıcı olur, asfalt karışımının yoğunluğu azalır ve geçirgenlik artar, bu da ciddi su hasarına neden olur. Bu nedenle, asfalt karışım homojenliğinin analizi ve değerlendirilmesi, toplu segregasyonun önlenmesi için bir anahtardır (Zhang vd., 2017).

Bu çalışmanın amacı, uygulama koşullarında karışım homojenitesinin kaplama kalınlığına bağlı olarak yoğunluk, bitüm içeriği ve agrega gradasyonu parametreleri ile değerlendirilmesidir. Bu amaçla, genellikle ağır taşıt park alanı olarak kullanılan yaklaşık 500m uzunluğundaki bir yol kesimi üzerinde belirli aralıklarla alınan farklı kalınlıklardaki karot örneklerinin yoğunluk ve ekstraksiyon yöntemi ile belirlenen bitüm içerikleri ve agrega gradasyonları araştırılmıştır.

2. Materyal ve Yöntem

2.1. Materyal

Çalışmada kullanılan karot örnekleri Of-Çaykara yolu 2+500 km'de yan yol olarak inşa edilmiş yol kesiminden alınmıştır. Yol kesiminde, Karayolları Teknik Şartnamesine uygun aşınma tabakası Tip-1 tasarımı uygulanmıştır. Yaklaşık olarak 6 yıl hizmet vermiş yol kesimi üzerinden karot örnekleri alınarak laboratuvarında yoğunluk ve elek analizi yöntemleri ile karışım homojenitesi değerlendirmesi yapılmıştır.

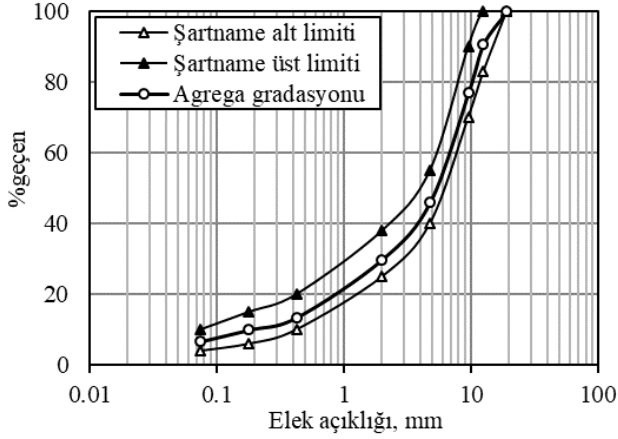
Kaplama imalatında kullanılan bazalt agrega özellikleri Tablo 1'de tane boyutu dağılımları da Tablo 2 ve Şekil 2'de gösterilmiştir.

Tablo 1. Çalışmada kullanılan agregaların özellikleri

Agrega özelliği	Değer
Aşınma kaybı (%)	18.1
Hava etkilerine dayanıklılık (%)	1.43
Su Absorbsiyon % (kaba agrega)	0.64
Su Absorbsiyon % (ince agrega)	1.07
Yassılık indeksi	19.2

Tablo 2. Agregata tane boyutu dağılımı

Elek açıklığı (mm)	Karışım % geçen	Tolerans limitine göre % geçen	Şartname limiti % geçen
19	100	100.0	100
12.5	90.8	86.8-94.8	83-100
9.5	77.0	73.0-81.0	70-90
4.75	46.1	42.1-50.1	40-55
2.00	29.9	26.9-32.9	25-38
0.425	13.5	10.5-16.5	10-20
0.180	10.0	7.0-13.0	6-15
0.075	6.7	4.7-8.7	4-10

**Şekil 2.** Agregata gradasyon eğrisi ve şartname limitleri

Yol kaplama tasarımında 50/70 penetrasyon dereceli bitüm kullanılmıştır. Bitümün ve agregaların özgül ağırlıkları Tablo 3'te gösterilmiştir. Optimum bitüm içeriği ASTM D-1559 standardına göre Marshall tasarım yöntemi ile %5.20 olarak belirlenmiştir. Optimum bitüm içeriğinde boşluk oranı %4 ve pratik yoğunluk 2.493gr/cm³ olarak belirlenmiştir.

Tablo 3. Agregaların ve bitümün özgül ağırlıkları

Agregata ve bitüm özelliği	Değer (gr/cm ³)
Kaba agregata	2.785
Kaba agregata (zahiri)	2.835
İnce agregata	2.770
İnce agregata (zahiri)	2.855
Filler (zahiri)	2.871
Bitüm özgül ağırlığı	1.035

Yaklaşık 500m uzunluğundaki yol kesiminden belirli aralıklarla 38 adet 150mm çaplı karot örneği alınmıştır. Karot örneklerinin yoğunlukları belirlenmiş, kalınlıklarına göre gruplandırılarak ekstraksiyon yöntemi ile bitüm içerikleri hesaplanmıştır. Son olarak ta granülometrik analiz yapılarak kaplamanın karışım homojenitesi değerlendirilmiştir. Karot örneklerinden bir görüntü Şekil 2'de sunulmuştur.

**Şekil 2.** Karot örneklerinden bir görüntü

2.2. Yöntem

Kaplamadan alınan karot örnekleri yıkılarak temizlenmiş, yıkama sırasında boşluklara dolan suyun buharlaşması için üç ay laboratuvarında bekletilmiştir. Karot boyları üç ölçümün ortalaması alınarak belirlenmiş ve küçükten büyüğe sıralı olarak numaralandırılmıştır. Yoğunluklar TS EN 12697-6 Prosedür B'ye göre hesaplanmıştır. Hesaplamalarda formül (1) kullanılmıştır.

$$\rho_{bssd} = \frac{m_1}{m_3 - m_2} \cdot \rho_w \quad (1)$$

Burada;

ρ_{bssd} : Hesaplanan yoğunluk, Mg/m³ (g/cm³)

m_1 : kuru örneğin kütlesi, g

m_2 : su içerisinde örneğin kütlesi, g

m_3 : Doygun yüzey kuru örneğin kütlesi, g

ρ_w : Test sıcaklığında (25°C) suyun yoğunluğu, Mg/m³

Suyun 25°C sıcaklıktaki yoğunluğu 0.9971168 g/cm³ alınarak karot yoğunlukları hesaplanmıştır.

Asfalt karışımların bitüm içeriği kaplamanın mekanik özellikleri ve dolayısıyla performansı üzerinde çok önemli bir etkiye sahiptir. Günümüzde asfalt plentleri çok etkili bir karıştırma yapabilseler bile taşıma, serme ve sıkıştırma aşamalarındaki olası operasyonel hatalar kaplamada farklı bitüm içeriklerine sebebiyet verebilmektedir. Bu nedenle bitüm içeriğinin hassas bir şekilde belirlenebilmesi önem arz etmektedir.

Bitüm içeriğinin belirlenmesinde çeşitli yöntemler kullanılabilir. Çözücü ile ekstraksiyon en sık kullanılan yöntemdir. Bu yöntemde trikloretilen, benzen ve benzin gibi çözücüler kullanılmaktadır. Çözücüler asfalt karışım içerisindeki bağlayıcıyı çözer. Çözülmüş asfalt bağlayıcı filtre kağıdından süzülerek agregata karışımından ayrılır. Bu işlem için santrifüj ekstraktör kullanılır.

Bitüm oranının belirlenmesinde kullanılan diğer bir yöntem yakma fırını yöntemidir. Bu yöntemde yüksek sıcaklıklarda karışım içerisindeki bitüm yakılır ve geriye agregalar kalır. Ancak bu yöntemde bazı agregalar yanabilir veya kütle azalması olabilir. Nükleer asfalt içeriği ölçüm cihazı veya biyolojik çözme ile de bitüm muhtevası belirlenebilir. Nükleer cihazların radyoaktif özelliklerinden dolayı kullanımları sınırlıdır. Biyolojik çözme ise zaman alıcı bir yöntemdir (Jie vd., 2007).

Bu çalışmada, kaplamadan alınan karot örneklerinin bitüm içeriği TS EN 12697-1 yöntemine uygun olarak santrifüj ekstraksiyon yöntemi ile belirlenmiştir. Çözücü olarak trikloretilen soğuk uygulama ile kullanılmıştır. Bu

yöntemde, bitümlü bağlayıcı çözülerek karışımından ayrıldıktan sonra başlangıçtaki karışım kütesine göre oluşan kütle kaybına bağlı olarak bitüm içeriği hesaplanmıştır.

Agrega gradasyonu ise ekstraksiyon kalıntısına yapılmıştır. TS EN 12697-1 standardına göre hazırlanan agregalar karışımlarına TS EN 12697-2 yöntemine uygun olarak elek analizi yapılmıştır.

3. Deney Sonuçları ve Tartışma

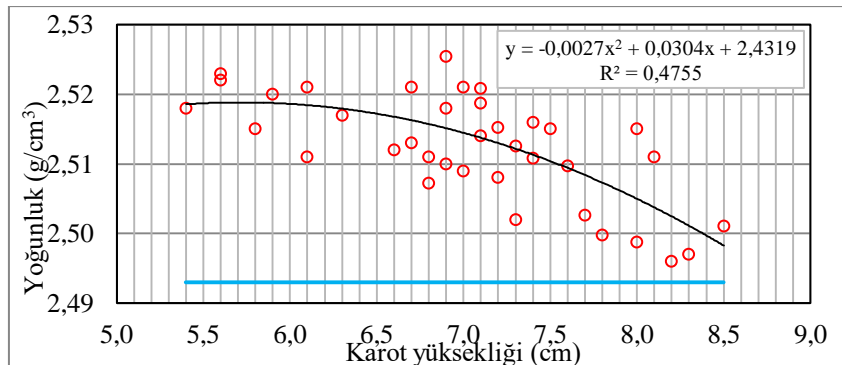
Kaplamadan alınan karot örnekleri boyutlarına göre sıralandıktan sonra numaralandırılarak yoğunluk hesaplaması yapılmıştır. Tablo 4'te karot örneklerinin yükseklikleri, yoğunlukları ve bitüm içerikleri gösterilmiştir.

Tablo 4. Karot örneklerinin yükseklik, yoğunluk ve bitüm içerikleri

Karot No	Yükseklik (cm)	Yoğunluk (gr/cm ³)	Bitüm içeriği (%)	Karot No	Yükseklik (cm)	Yoğunluk (gr/cm ³)	Bitüm içeriği (%)
1	5.4	2.518	5.51	20	7.1	2.514	5.37
2	5.6	2.523	5.48	21	7.1	2.519	5.25
3	5.6	2.522	5.47	22	7.2	2.515	5.23
4	5.8	2.515	5.43	23	7.2	2.508	5.48
5	5.9	2.520	5.29	24	7.3	2.523	5.39
6	6.1	2.521	5.39	25	7.3	2.513	5.43
7	6.1	2.511	5.20	26	7.3	2.502	5.31
8	6.3	2.517	5.23	27	7.4	2.516	5.27
9	6.6	2.512	5.50	28	7.4	2.511	5.49
10	6.7	2.513	5.46	29	7.5	2.515	5.24
11	6.7	2.521	5.32	30	7.6	2.510	5.54
12	6.8	2.511	5.23	31	7.7	2.503	5.34
13	6.8	2.507	5.49	32	7.8	2.500	5.34
14	6.9	2.510	5.22	33	8.0	2.515	5.53
15	6.9	2.525	5.34	34	8.0	2.499	5.49
16	6.9	2.518	5.53	35	8.1	2.511	5.52
17	7.0	2.521	5.41	36	8.2	2.496	5.41
18	7.0	2.509	5.28	37	8.3	2.497	5.32
19	7.1	2.521	5.44	38	8.5	2.501	5.40

Tablo 4'te verilen yoğunlukların yüksekliğe bağlı değişimini gösteren grafik Şekil 3'te sunulmuştur. Şekil 3'ten kaplama kalınlığının artmasıyla genel olarak yoğunlukların azalma eğiliminde olduğu

görülmüştür. Ancak kalınlık ile yoğunluk arasında güçlü bir doğrusal ilişki oluşmamıştır. En güçlü ilişki ($R^2=0.4755$) ikinci derece polinom ile elde edilmiştir.



Şekil 3. Karot yüksekliği yoğunluk ilişkisi

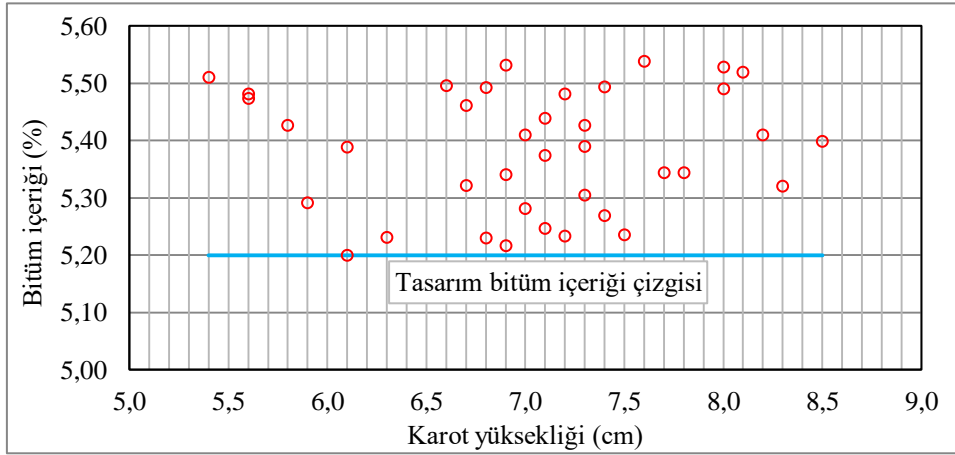
Polinom eğrisinden de görüldüğü gibi 5.5-6.5cm kalınlık aralığında eğrinin eğimi düşük iken kalınlık arttıkça eğim de gittikçe artmıştır. Bu durum kaplama kalınlığının nispeten düşük olduğu durumlarda sıkıştırılabilirliğin daha kolay olduğunu ancak kalınlığın artmasıyla sıkıştırılabilirliğin de gittikçe zorlaştığı anlamına gelmektedir.

Bununla birlikte kaplamanın farklı noktalarından alınan aynı yükseklikteki karot örneklerinde farklı yoğunlukların oluştuğu da görülmüştür. Bu durum iki şekilde açıklanabilir. Karot örnekleri yaklaşık 6 yaşındaki kaplamadan alınmıştır. Kaplama, hizmet süresi içerisinde genellikle kamyon park alanı olarak kullanılmıştır. Bu süre içerisinde farklı yüklemelere maruz kalmış olabilir. İkinci bir ihtimal ise karışım homojenitesinin farklı olabileceğidir.

Karot örneklerinin yoğunlukları tasarımda belirlenen yoğunluk değerinden daha yüksek

çıkıştır. Daha ince olan örnekler daha yüksek değerler gösterirken kalınlık arttıkça yoğunluklar da tasarım yoğunluğuna yaklaşmıştır. Bu durum, kaplamanın hizmet süresi boyunca tekerlek yükleri altında sıkışmaya devam etmesiyle açıklanabilir.

Kalınlığa bağlı olarak bitüm içeriklerinin değişimi de Şekil 4'te gösterilmiştir. Ekstraksiyon deneyi sonrasında bulunan bitüm içerikleri karışım tasarımı ile bulunan bitüm içeriklerinden yüksek çıkmıştır. Ekstraksiyon yöntemi ile bitümün agregadan ayrılması sırasında filler malzemenin bitüme karışarak filtreden süzülmesi sonucu bitüm içeriğinin yüksek çıkmış olabileceği düşünülmektedir. Bitüm içerikleri ile kaplama kalınlığı arasında bir ilişki kurulamamıştır. Ancak ortalama olarak değerlendirildiğinde bitüm içerikleri tasarım değerine (%5.20) göre %0.2 daha büyük (ortalama %5.40) hesaplanmıştır.



Şekil 4. Karot örneklerinin ekstraksiyon sonrası hesaplanan gradasyonları

Bitüm içeriği düşük olan örneklerin (örneğin 7 ve 14 numaralı örnekler) yoğunlukları da nispeten daha düşük çıkmıştır. Düşük bitüm içeriklerinde (optimum bitüm içeriğinin altında) karışımın sıkıştırılabilirliği azalacağından daha yüksek hava boşlukları oluşmaktadır. Yüksek hava boşluğu oranı karışımın yoğunluğunu düşürmektedir. Ölçülen yoğunluklar ekstraksiyon yöntemi ile bulunan bitüm içeriklerini doğrular niteliktedir.

Eğer asfalt kaplamanın yoğunluğu çok düşük ise çeşitli hasar mekanizmaları gelişebilir. Tecrübeler düşük yoğunluğun yüksek permeabilite ile ilişkili olduğunu, bunun da donma çözülme hasarı kadar soyulma problemini de içeren çeşitli problemlere yol açabildiğini göstermektedir. Bunun yanı sıra yüksek yoğunlukla ilgili performans problemleriyle de karşılaşmaktadır.

Uygulayıcılar genellikle optimum bitüm yoğunluğunun altında karışımlar ürettikleri için bu tür problemlerle daha az karşılaşmaktadır. Çünkü zamanla trafik yükleri altında kaplama sıkışmaya devam etmektedir. Bitüm oranındaki artış yorulma ömründe ve tekerlek izinde artışa neden olmaktadır. Karışıma bitüm ilave etmek (belirli bir orana kadar) karışımın uygulamada yoğunluğunu da arttırmakta, bu artış kaplama performansına olumlu yansımaktadır (Fisher vd., 2010).

Literatürdeki veriler, %7 hava boşluğu esas alındığında, hava boşluğundaki %1'lik artışın kaplama ömründe %10 azalmaya neden olduğunu göstermektedir. Bu nedenle hava boşluğu ve dolayısıyla yoğunluktaki en küçük değişiklik kaplama performansını önemli ölçüde etkileyebilir

(Linden vd., 1988). Ekstraksiyon deneyi sonrasında bitümden arındırılmış agregalara elek analizi yapılarak elde edilen sonuçlar Tablo 5'te

verilmiştir. Tablo 5'te her bir elekten geçen agregaların toplam agrega ağırlığına oranı gösterilmiştir.

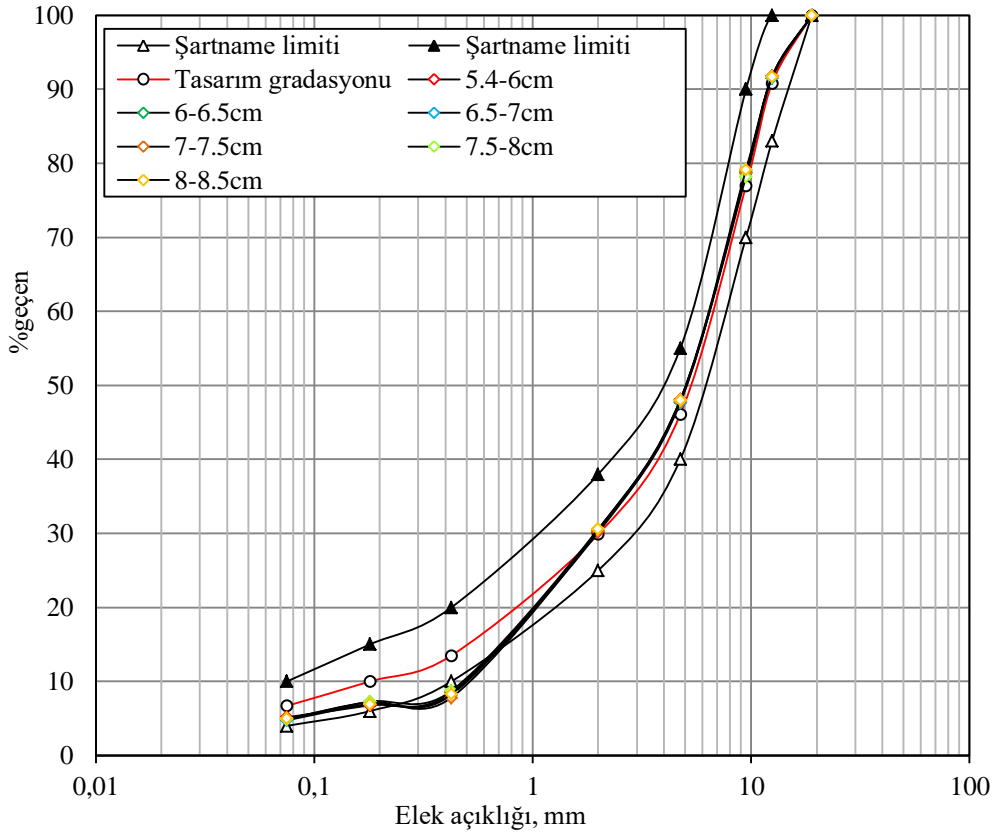
Tablo 5. Karot örneklerinin elek analizi sonuçları

Elek Boyutu (mm)	Tasarım Grad.	Karot örnek numarası											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
19	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
12.5	90.8	91.06	91.82	91.63	92.14	92.08	91.04	91.21	92.08	91.19	91.63	91.84	91.19
9.5	77.0	78.56	77.79	79.43	78.89	78.73	79.66	78.97	79.94	79.12	78.12	78.92	78.96
4.75	46.1	48.46	47.95	47.70	47.88	48.41	47.57	47.76	47.60	47.67	48.17	48.06	47.42
2	29.9	30.38	30.67	30.04	30.08	29.54	29.49	30.33	30.24	31.10	29.67	30.66	29.41
0.425	13.5	10.15	7.91	10.25	7.04	7.32	8.66	7.56	8.46	9.09	9.15	9.32	8.20
0.18	10.0	6.11	7.66	6.00	6.24	7.86	7.74	7.11	7.09	6.34	7.64	6.19	7.63
0.075	6.7	5.74	3.98	5.32	5.66	5.10	5.66	5.63	4.66	4.35	4.23	4.08	4.62
Elek Boyutu (mm)	Karot örnek numarası												
	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
19	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
12.5	91.78	91.39	91.31	91.03	91.69	92.09	92.11	91.53	91.48	91.89	91.54	92.18	91.74
9.5	79.32	79.73	79.32	79.15	78.74	78.42	77.80	78.49	79.86	79.74	78.01	77.87	77.55
4.75	47.06	48.02	47.34	48.26	47.65	47.00	47.68	47.64	48.38	47.42	47.33	47.77	48.30
2	30.04	30.96	30.34	30.89	30.79	29.74	30.89	30.23	30.98	30.54	31.17	30.75	29.90
0.425	7.06	7.67	7.84	6.80	8.05	8.71	8.45	7.48	7.60	7.43	8.02	7.94	7.45
0.18	7.08	6.75	6.82	6.93	7.25	7.20	7.17	7.71	7.47	7.43	7.92	7.55	7.04
0.075	5.41	5.02	5.29	4.44	4.93	5.14	5.30	4.86	4.33	5.39	3.95	5.12	4.40
Elek Boyutu (mm)	Karot örnek numarası												
	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38
19	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
12.5	91.84	91.19	92.13	91.54	91.25	91.33	91.73	91.84	91.99	91.66	91.53	91.31	92.17
9.5	78.91	79.54	77.74	79.85	78.21	77.83	79.26	77.64	78.10	79.08	78.83	79.58	79.16
4.75	47.47	48.33	48.44	47.35	48.14	48.39	48.26	47.93	47.43	48.07	47.66	48.44	47.90
2	29.82	29.45	30.52	29.76	30.89	31.25	30.04	30.94	29.83	30.70	30.97	30.62	29.99
0.425	9.26	7.70	6.83	7.82	7.51	8.98	8.50	8.81	9.85	7.99	8.94	8.99	7.28
0.18	5.81	6.82	6.80	7.92	7.84	6.39	7.74	7.21	7.19	7.53	6.78	7.43	6.05
0.075	5.46	4.82	5.32	5.47	5.54	4.72	3.96	5.02	5.39	4.32	5.51	5.62	4.61

Elek analizi sonuçları değerlendirilirken karot örnekleri yüksekliklerine göre gruplandırılarak ortalama gradasyon eğrileri oluşturulmuştur. 5.4-6cm; 6-6.5cm; 6.5-7cm; 7-7.5cm; 7.5-8cm ve 8-8.5cm olmak üzere 6 grup oluşturulmuştur. Ekstraksiyon sonucunda oluşturulan ortalama gradasyon eğrileri ile tasarım gradasyon eğrileri Şekil 5'te karşılaştırılmıştır.

Şekil 5'ten görüldüğü gibi 5.4cm'den 8.5cm'ye kadar değişen kalınlıklarda ekstraksiyon sonucu

elde edilen agrega gradasyonu önemli bir şekilde değişmemiş, eğriler birbirine çok yakın oluşmuştur. Ancak tasarım gradasyonu ile karşılaştırıldığında kaba agrega oranında azalma olduğu görülmüştür. Karot örneklerinin alınması sırasında agregaların kesilmiş olması bu sonuca yol açmış olabilir. Ayrıca asfalt karışım hazırlama ve sıkıştırma aşamalarında veya ekstraksiyon sürecinde agregaların kırılmış veya aşınmış olma ihtimali de bulunmaktadır.



Şekil 5. Gradasyon eğrilerinin kaplama kalınlığına bağlı olarak değişimi

Agrega gradasyonu asfalt kaplamaların mekanik özelliklerini önemli ölçüde etkilemektedir. Mekanik özellikler, diğer harici etkenlerle kaplamadaki bozulma mekanizmalarının gelişimini etkilemektedir. Kaplama kalınlığına bağlı olarak gradasyon homojenitesinin araştırılması kompleks bir konudur. Gerek aynı elek açıklığındaki (19-12.5mm; 12.5-9.5mm vb.) agrega gruplarının homojen olarak dağılıp dağılmadığı konusu, gerek agrega köşelilikleri, agrega porozitesi ve bitüm emme durumu ekstraksiyon yöntemini ve sonrasında yapılan elek analizini ve bu analizler sonrasında yapılan göreceli karşılaştırmayı zorlaştırmaktadır. Bu anlamda daha hassas yöntemlerin kullanılması anlamlılık düzeyi daha yüksek sonuçlara ulaşılmasını kolaylaştırabilir. Yapılan çalışmada elde edilen gradasyon eğrileri çok yakın olmuş kaplama kalınlığına bağlı olarak farklılık anlamında bir fikir verememiştir.

Homojensizlik türlerinden birisi olan segregasyon çoğu kaplamada zayıf performansların oluşmasına neden olur. Ancak günümüzde kaplamanın performansında düşüşe yol açmak için ne kadar segregasyon olması gerektiğini belirlemeye yönelik bir prosedür bulunmamaktadır. Alabama bölgesinde beş değişik yol ve deneme kesiminde segregasyonun kaplama performansı üzerinde

etkileri araştırılmıştır. Bulgular, No.4 elekten geçen agrega yüzdesindeki değişimin %10-12'den daha büyük olması durumunda önemli sökülme yol açabileceğini göstermiştir. Test bölgesinde, ortalama bitüm içeriğinden daha düşük oranda bitüm içeren kaplama bölgelerinin segregasyona uğradığı, segregasyon olmuş alanların ortalama kaplama yoğunluğundan daha düşük yoğunluğa sahip olduğu, 2-3 yıl sonra kaplamanın segregasyon bölgelerinin yüzey dokusunun farklılaştığı ve sökülme belirtileri oluştuğu görülmüştür (Cross ve Brown, 1993).

Yapılan çalışmada No 4 elekten geçen agrega oranları tasarım agrega oranları ile karşılaştırıldığında %3'ün altında farklılıklar görülmüştür. Karot örnekleri alınması sırasında kaplama yüzeyinde gözle görülebilir bir segregasyona rastlanılmamıştır. Soyulma, çatlama veya çatlama problemlerinden herhangi biri de belirlenmemiştir.

Uygulama kesimlerindeki asfalt betonunda bitüm içeriğinin belirlenmesi üzerine gerçekleştirilen bir çalışmada kireçtaşı ve geri kazanılmış materyal kullanılan iki asfalt karışımı araştırılmıştır. Araştırma sonuçları, kireçtaşı karışımı ile yapılan karışımın bitüm yüzdesinin deney öncesine göre %0.26 ve geri kazanılmış asfalt karışımı ile

yapılında da %0.31 fazla çıktığını ortaya koymuştur (McGraw, vd., 2001). Bu çalışmada da literatürü doğrular veriler elde edilmiştir.

Ekstraksiyon yöntemiyle deney öncesi ve sonrasındaki gradasyonların karşılaştırıldığı bir çalışmada, deney öncesi ve sonrasına göre gradasyon bakımından en fazla bozulmanın 1.18mm ile 2.36mm elekler arasında olduğu görülmüştür. Filler oranındaki değişimin karışımın katkı maddesi içerip içermemesine göre değişkenlik gösterdiği anlaşılmıştır (Namlı, 2005). Bu çalışmada da benzer sonuçlara ulaşılmıştır. Tasarım gradasyonu baz alındığında 0.18mm ile 2.0mm elekler arasında en yüksek bozulma gerçekleşmiştir. 0.425mm açıklıklı ekte tasarım gradasyonuna göre geçen agrega oranı %13.5 iken deneyler sonucu elde edilen ortalama oran %8.58 olmuştur. 38 örneğin tamamında benzer eğriler elde edilmiştir.

4. Sonuçlar

Bu araştırmada, asfalt kaplamalarda karışım homojenitesi kaplama kalınlığına bağlı olarak bitüm içeriği, agrega gradasyonu ve yoğunluk parametreleriyle değerlendirilmiştir. Ağır araçların park alanı olarak kullandığı uygulama sahasından, kaplama serildikten yaklaşık 6 yıl sonra, belirli aralıklarla karot örnekleri alınmıştır. Bitüm içeriği TS EN 12697-1 standardına göre ve elek analizi de ekstraksiyon sonrası kalıntı agregalara TS EN 12697-2 standardı ile yapılmıştır. Karot yoğunlukları TS EN 12697-6 Metod B'ye göre belirlenmiştir. Gerçekleştirilen deneysel çalışmaların sonucunda aşağıdaki sonuçlara varılmıştır.

Uygulama sahasından alınan karot örneklerinin tamamının yoğunlukları tasarım yoğunluğunun üzerinde olmasına rağmen kaplama kalınlığı arttıkça ortalama yoğunluklar da azalmaktadır. Kaplama kalınlığı 6.5cm değerine çıkıncaya kadar yoğunluk eğilim çizgisinde önemli bir azalma oluşmamakta ancak 6.5cm'den sonra yoğunluklar da hızla azalma eğilimine girmektedir. Kaplama aynı kalınlıkta olsa bile yoğunluk değerleri farklılıklar gösterebilmektedir.

Ekstraksiyon yöntemi ile bulunan bitüm içerikleri ile kaplama kalınlığı arasında yüksek korelasyonlu bir ilişki kurulamamıştır. Karot örneklerinin bitüm içerikleri (%5.38) tasarım bitüm içeriğinin (%5.2) üzerinde bulunmuştur. Ancak bitüm içeriği düşük olan örneklerin genellikle yoğunlukları da düşük gerçekleşmiştir.

Ekstraksiyon yöntemi sonucu oluşan agrega gradasyonları kaplama kalınlığına göre değerlendirilmiş ancak gradasyonlar birbirlerine göre çok yakın oluşmuştur. Bütün örneklerde tasarım gradasyonuna göre kaba agrega oranında çok az bir azalma oluşurken 0.18mm ile 2.0mm elek aralığında tasarım gradasyonuna göre % 4.92 azalma ile en büyük bozulma gerçekleşmiştir.

Kaynaklar

- ASTM D 1559-89, 1992. Standard Test Method for Resistance to Plastic Flow of Bituminous Mixtures Using Marshall Apparatus, Annual Book of ASTM Standards USA.
- Cross, S.A. ve Brown, E.R. 1993. Effect of Segregation on Performance of Hot-Mix. Asphalt Transportation Research Record. 1417, 117-126.
- Fisher, J., Graves, C., Blankenship, P., Hakimzadeh-Khoe, S. ve Anderson, R. M., 2010. Factors Affecting Asphalt Pavement Density and the Effect on Long Term Pavement Performance. Kentucky Transportation Center Research Report. 60. KTC-10-05-RSF14-05-1F, https://uknowledge.uky.edu/ktc_researchreports/60
- He, D., ve Yang, W., 2018. Effect of Thickness of Gravel Base and Asphalt Pavement on Road Deformation, Advances in Civil Engineering, 1-7
- Jie, W. ve Wei, W. 2007. Cheng Jianchuan, Gong Yongfeng, Jiang Dongfang and Zhou Chaohui, primary research on a binder extraction method for asphalt mix modified by using seam asphalt mix modifier, Proceedings of the 26th Southern African Transport Conference (SATC 2007), July 2007 Pretoria, South Africa s.794-800.
- Linden, R.N., Mahoney, J.P. ve Jackson, N.C., 1988. Effect of Compaction on Asphalt Concrete Performance. Transportation Research Record. 1217, 20-28.
- McGraw, J., Iverson, D., Schmidh, G. ve Olson, J., 2001. Selection of an Alternative Asphalt Extraction Solvent, Minnesota Department of Transportation, St. Paul, Minnesota.
- Meegoda, J.N., Geoffrey, M. R., Andris J., Chamil, H. H., Nishantha, B. ve Nicholas, G., 2003. Detection of surface segregation using LASER. TRB, National Research Council, Washington, D.C.
- Namlı, R., 2005. Sıkıştırılmış Asfalt Betonun Bitüm Yüzdesinin Tayini. Fırat Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi. (4), 693-698.

- Peng, Y. ve J. Sun, L. 2009. Towards an Index of Asphalt Mixture Homogeneity. Road Materials and Pavement Design, 10:3, 545-567.
- Sefidmazgi, N.R., Tashman, L. ve Bahia, H. 2012. Internal structure characterization of asphalt mixtures for rutting performance using imaging analysis, Road Materials and Pavement Design, 13, 21-37.
- Stroup-Gardiner, M. ve Brown, E. R., 2000. Segregation in Hot Mix asphalt Pavements. NCHRP Report 441, National Cooperative Highway Research Program, Transportation Research Board, National Research Council, Washington, D.C. s.32-81.
- Stroup-Gardiner, M., Law, M. ve Nesmith, C., 2000. Using Infrared Thermography to Detect and Measure Segregation in Hot Mix Asphalt Pavements, International Journal of Pavement Engineering, 1:4, 265-284.
- ter Huerne, H. L., Miller, S. R., ve Doree, A. G. 2009. Monitoring hot mix asphalt temperature to improve homogeneity and pavement quality. The sixth international conference on maintenance and rehabilitation of pavements and technological control, July 2009, Torino, Italy s. 556-565.
- Türk Standartları Enstitüsü, 2013. TS EN 12697-1. Bitümlü karışımlar-Sıcak asfalt karışımları için deney yöntemleri-Bölüm 1:Çözünür bağlayıcı içeriği.
- Türk Standartları Enstitüsü, 2015. TS EN 12697-2. Bitümlü karışımlar-Sıcak asfalt karışımları için deney yöntemleri-Bölüm 2: Tanecik büyüklüğü dağılımının tayini.
- Türk Standartları Enstitüsü, 2012. TS EN 12697-6. Bitümlü karışımlar-Sıcak asfalt karışımlar-Deney yöntemleri-Bölüm 6: Bitümlü deney numunelerinin yığın yoğunluğunun tayini.
- Wang, D.Y., Li, W.J. ve Zhang, X.N., 2004. Evaluation and Measurement of Asphalt Pavement Surface Texture Depth with Digital Image Technique. Journal of South China University of Technology (Natural Science), 32, 42-45.
- Wolff, T.F., Baladi, G.Y. ve Change, C. M., 1997. Test method to determine the extent of segregation in bituminous mixtures. Michigan State University, Pavement Research Center for Excellence.
- Zhang, J., Liu, H., Wang, P., Pei, J., Bao, D. Ve Jin, L., 2017. Evaluation of aggregate gradation and distributing homogeneity based on the images of asphalt mixture, Road Materials and Pavement Design, 18, 119-129.

Küçük Hidrolik Santrallerde Kapasite Faktör Analizi ve Giresun Özelinde Bir Uygulama

Capacity Factor Analysis in Small Scale Hydropower Plants and a Practice Specific to Giresun

Uğur SERENCAM*

Bayburt Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, 69000, Bayburt

• Geliş tarihi / Received: 10.04.2019 • Düzeltilerek geliş tarihi / Received in revised form: 05.07.2019 • Kabul tarihi / Accepted: 08.07.2019

Öz

Enerji, minimum ölçekte canlı bedeninden büyük ölçekte sanayi tesislerine kadar hayatın her alanında sosyal ve ekonomik sürdürülebilirliğin temel yapı taşıdır. Sanayileşmedeki gelişim sürecini hızla arttıran Türkiye’de, enerji ihtiyacı büyük ölçüde ithal fosil kaynaklardan sağlanmaktadır. Ancak özellikle son yıllarda artan çevre bilinci, ekonomik ve stratejik gerekçelerle, enerji açığının bir kısmının yerli, temiz ve güvenilir kaynak olan hidroelektrik santrallerden karşılamasına büyük önem verilmiştir. Ülkemizde 2017 yılında toplam olarak 295511 GWh elektrik üretilmiş olup, bunun 41368 GWh’lık miktarını (%14) büyük hidrolik santraller ve 17082 GWh’lık miktarını da (%5,78) küçük hidrolik santraller karşılamıştır. Bu çalışmada, Türkiye’de, artan enerji maliyetlerinin düşürülmesine yönelik çalışmalara küçük hidroelektrik santrallerin (KHS) katkısı irdelenmiş ve Giresun özelinde kapasite faktör analizi yapılmıştır. Bu sonuçlara göre Rezervuar alanı bulunmayan ve benzer özelliklerdeki hidroelektrik santrallerde, kapasite faktörü arttıkça santral yatırımının geri dönüş süresinin kısaldığı sonucuna ulaşılmıştır.

Anahtar kelimeler: Enerji, Hidrolik Elektrik Enerjisi, Kapasite Faktör Analizi, Küçük Hidrolik Santraller

Abstract

Energy is the fundamental element of social and economic sustainability in every aspect of life, from the smallest living body to large scale industrial facilities. In Turkey rapidly increasing industrial development process lead to extensive energy demand, which is met largely from imported fossil sources. Especially in recent years, as a result of increasing environmental awareness and economic and strategic reasons, a portion of the energy deficit is fed from, clean and reliable hydroelectric power plants with great importance. In our country, a total of 295511 GWh electricity was produced in 2017. About 41368 GWh (14%) of the total amount was generated by large hydraulic plants and 17082 GWh (5.78%) by small hydraulic plants. In this study, small hydroelectric power (SHP) stations are considered to reduce the increasing energy cost and for this purpose SHP in Giresun are analyzed leading to private additives in the capacity factor analysis. According to the results it is possible to conclude that the time of power plant investment is shortened as the capacity factor increases in hydroelectric power plants.

Keywords: Energy, Hydraulic Electrical Energy, Capacity Factor Analysis, Small Hydraulic Plants

1. Giriş

Türkiye’de, hızlı nüfus artışı, gelişen ekonomi ve büyüyen sanayi yatırımlarına bağlı olarak enerji talebi hızla artmaktadır. Bu durum kısıtlı yeraltı ve yerüstü kaynaklarına sahip ülkede enerji açığı sorununu ortaya çıkartmaktadır. İhtiyaç duyulan enerjinin temini için çeşitli seçenekler aranarak enerji maliyetlerini düşürmek ve belirli ülkelere bağımlılığı azaltmak için tedarik yollarında çeşitlendirici önlemler alınmaktadır. Ülkemizde 2016 yılı itibarıyla tüketilen 136,230 bin ton petrol eşdeğeri (ktoe) enerjinin sadece %26’sını (35,374 ktoe) kendi öz kaynaklarından tedarik etmektedir. Aradaki 100,856 ktoe miktarındaki enerji açığı dış kaynaklardan temin edilmektedir. İthal edilen enerjinin %29,36’sı petrol, %27,9’u doğalgaz, %16,8’i taş kömürü gibi fosil kaynaklardır. Enerji temininde yaklaşık %70 oranında dışa bağımlı olan Türkiye artan ihracat gelirlerinin önemli bir kısmını ithal edilen enerjiye harcamaktadır. Enerjide dışa bağımlılığın yüksek olması, ithalat ve ihracat dengesini olumsuz etkilemekte, bütçe açıklarına meydan vermesinin yanında stratejik olarak da bağımlılığa neden olarak uluslararası karar mekanizmalarında ülkenin elini zayıflatmaktadır. Özellikle, güçlü enerji kaynakları olan ülkeler bu üstünlüklerini politik faydalara dönüştürmek için sürekli bir çaba içerisinde olmaktadır. Bu nedenlerle fosil kaynakların kısıtlı olduğu ülkemizde hidrolik potansiyelin değerlendirilmesine büyük önem verilmektedir. Hidrolik enerji kaynaklarının

yenilenebilir olması, tesis kurulumunda makine ve teçhizatın az olması nedeni ile işletme ve bakım masraflarının diğer enerji santrallerine göre çok daha az olması, enerji üretim aşamalarının hiç birinde çevreye zararlı bir gaz ve atığın bırakılmaması ve en önemlisi de dışa bağımlılığı azaltarak ülkenin stratejik üstünlüğüne katkı sağlaması gibi nedenlerle güvenilir enerji olan hidroelektrik enerjiye özellikle son yıllarda büyük önem verilmektedir (Ürker ve Çobanoğlu, 2017; Yuksel, 2013; Koralay vd., 2018).

Türkiye’de özellikle son yıllarda enerjide dışa bağımlılığı azaltma çalışmaları çerçevesinde kurumsal ve yasal düzenlemeler yapılarak yenilenebilir enerji yatırımlarına önemli teşvikler verilmiştir. Bu çalışmalar neticesinde önemli ithalat kalemlerinden olan kömür ve doğalgaz yakıt olarak kullanan santrallerin kurulu güç içerisindeki payı 2017 Mayıs itibarıyla 2016 yılına göre düşürülmüş, ortaya çıkan enerji açığı büyük oranda yenilenebilir öz kaynaklardan giderilmiştir. Her ne kadar kömür ve doğalgaz kullanan santrallerin üretim kapasiteleri enerji ihtiyacına bağlı olarak artmış olsa bile toplam kurulu güç içerisindeki paylarında azalma olmuştur. Ülkemizde, kömür havzalarının değerlendirilerek daha verimli işletilmesine yönelik yapılan çalışmalar çerçevesinde termik santrallerde ithal kömürün payı düşürülerek yerli kömür kullanım oranının artırıldığı gözlemlenmiştir (Tablo 1 ve 2) (Karagöl vd., 2016; URL-1, 2018).

Tablo 1. Türkiye’nin kaynaklara göre elektrik kurulu gücü [URL-1, 2018]

BİRİNCİL ENERJİ KAYNAĞI	KURULU GÜÇ	
	(MW)	Payı (%)
İthal Kömür	8793.9	
Taş Kömür & Asfaltiti	782.5	
Linyit	9090.1	
Sıvı Yakıt	303.6	
Çok Yakıtlı (Katı & Sıvı)	682.9	
Çok Yakıtlı (Sıvı & D. Gaz)	3433.6	
Doğalgaz	23205.7	
Termik Toplam	46292.1	54.33
Biokütle	634.2	
Rüzgâr	6516.2	
Güneş	3420.7	
Barajlı HES	19776.0	
Akarsu HES	7497.1	
Jeotermal	1063.7	
Yenilenebilir Toplam	38907.9	45.67
GENEL TOPLAM	85200	100.00

Bu çalışmada, ülkemizde özellikle son yıllarda kur artışına bağlı olarak artan enerji maliyetlerinin ülke ekonomisine vereceği zararın azaltılmasına

yönelik olarak en önemli yerli kaynaklardan biri olan küçük hidroelektrik santrallerin (KHS) ulusal elektrik üretimine olan katkısı tartışılarak,

hidroelektrik santral planlamalarında belirleyici kriterlerden biri olan kapasite faktör analizinin Giresun özelinde irdelenmesi yapılmaktadır.

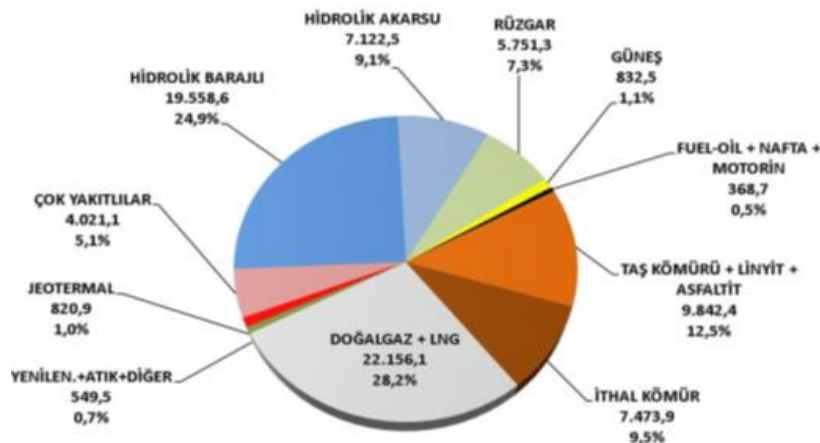
Türkiye'nin elektrik üretimi, tüketimi ve hidroelektrik potansiyeline bakıldığında fosil yakıt rezervleri hızla azaldığı görülmektedir. Dünya'da ise kömür yataklarının yaklaşık 100 yıl, petrol ve doğalgaz yataklarının ise yaklaşık 50 yıl sonra tükeneceği öngörülmüyor. Rezervlerin kritik seviyelere düşmesi enerji arz güvenliğini tehdit etmekle kalmamaktadır. Fosil yakıtların yakılması suretiyle enerji elde edilmesi sonucunda, hava kirliliği başta olmak üzere küresel ısınma ve iklim değişikliği gibi olumsuz etkiler de ortaya çıkmaktadır. Özellikle yenilenebilir enerji kaynaklarına artan ilgi dünyamızın geleceği adına umut vericidir. Yenilenebilir enerji kaynakları arasında hidroelektrik, alternatifleri arasında kendisini benzersiz ve vazgeçilemez kılan birtakım özelliklere sahip olması sebebiyle ön plana çıkıyor. Gerek işletme ve bakım maliyetlerinin düşüklüğü gerek pik taleplerin karşılanması noktasındaki başarısı gerekse enerjiyi depolamak gibi eşsiz bir özelliğe sahip olması hidroelektrik santralleri ayrıcalıklı bir yere taşımaktadır (Kaygusuz, 2018; URL-4, 2018; DSİ, 2017).

Türkiye'de 2016 yılı sonu itibarıyla toplam 273,387 milyar kWh elektrik üretilmiştir. Bu üretimde ilk sırayı, %67,6'lık bir orana karşılık gelen 184,889 GWh'la termik santraller almaktadır. Bunu sırasıyla, %24,6'sına karşılık gelen 67,268 GWh'la hidroelektrik santrallerden ve %7,8'ine karşılık gelen 21,230 GWh'i de yenilenebilir enerji kaynaklarından sağlanmıştır. Yine aynı dönemde ülkemizin elektrik enerjisi tüketimi ise 278,3 milyar kWh'tır. Son 15 yılda, Türkiye'deki yıllık elektrik enerjisi tüketiminin

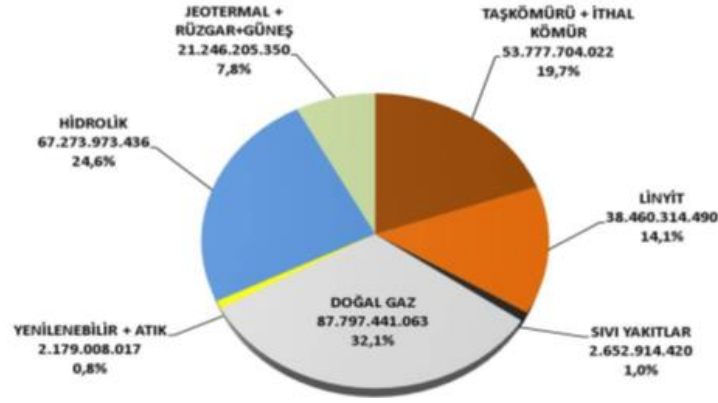
artış hızı ortalaması %5,4 seviyesinde gerçekleşmiştir. 2002 yılındaki elektrik tüketimimiz 132,6 milyar kWh olup, bu tüketim miktarı hızlı sanayileşme ve kentleşmeye bağlı olarak 2016 yılında 2 kattan fazla artışla 278,3 milyar kWh'e ulaşmıştır. Aynı şekilde elektrik enerjisindeki talep artış oranı 2014'te %4,4, 2015'te %3,3 iken, 2016 yılında %4,7 olarak gerçekleşmiştir (Ürker ve Çobanoğlu, 2017).

Ülkemizde, özellikle 2009 yılından sonra yenilenebilir enerji kaynaklarının değerlendirilmesine yönelik çalışmalar ve teşviklerle, 2016 yılı sonu itibarıyla toplam 273,387 GWh olan elektrik üretimimizin içerisindeki yenilenebilir enerji payında önemli artışlar olmuştur. 2002 yılında yenilenebilir enerji kaynaklarından rüzgâr ve jeotermal bazlı üretimimizin payı 153 GWh'la toplam üretimin yaklaşık %0,1'ine karşılık gelirken, bu oran 2016 yılı sonu itibarıyla, özel önem verilip önemli yatırımlarla desteklenen güneş enerjisinin de dâhil olmasıyla birlikte 21,230 GWh miktarıyla %8 seviyesine ulaşmıştır. Türkiye'de 2016 yılı sonu itibarıyla toplam elektrik üretiminde %67,6 ile ilk sırada olan termik santrallerden üretilen elektrik enerjisinin %33,74'lik kısmının ham maddesi kömür kaynaklı iken, %32,1'lik kısmı ise önemli bir kısmı ithal edilen doğal gaz + LNG kaynaklıdır. (Şekil 1 ve 2).

Ülkede, yenilenebilir enerji kaynaklarından olan rüzgâr enerjisine yönelik verilen teşvikler neticesinde, rüzgâr santrallerinde üretilen elektriğin toplam üretimdeki payı 2014 yılında %3,4 iken, bu oran 2016 yılı sonu itibarıyla %5,7'ye ulaşmıştır. Ancak rüzgâr gücü ile kıyaslandığında, hidroelektrik santrallerin daha yüksek oranda elektrik üretme potansiyelleri vardır (ETKB, 2017; URL-2, 2018).



Şekil 1. Türkiye'de elektrik enerjisi kurulu gücü (URL-2, 2018)



Şekil 2. Türkiye’de elektrik üretimi ve tüketimi (URL-2, 2018)

Türkiye’nin toplam ve teknik olarak yapılabilecek (fizibil) hidroelektrik potansiyel değerleri, sırasıyla 435 ve 215 TWh’tır; ekonomik olarak kullanılabilir hidroelektrik potansiyeli ise DSİ tarafından 128 TWh olarak tahmin edilmektedir. Türkiye’de bir tesisin fizibilitesi yapılırken kullanılan ölçütlerde ilk kurulum santral maliyetleri çok önemli bir ölçüt olarak değerlendirilmekte olup bu yaklaşım hidroelektrik santrallere yatırımcı ilgisini azaltmaktadır. Fizibilite çalışmalarında, hidroelektrik santrallerin alternatif olarak termik santraller ön plana çıkmakta ancak termik santrallerin hammadde maliyetleri ve çevreye verdiği zarar göz ardı edilmektedir. Hidroelektrik santrallerin her ne kadar yüksek kurulum maliyetleri olsa da doğru bir vadi planlaması ve üretim yönetimi ile bu maliyetler kısa sürede amorti edilebilir. Çünkü hidroelektrik santrallerde üretilen enerjide yakıt sınırsız olup maliyeti yoktur. Bu özellik sürekli ekonomik dalgalanmaların etkisi altında bulunan ithal fosil yakıtlara göre çok önemli bir üstünlüktür. Ayrıca sıfır karbondioksit (CO₂) salınımı olan hidroelektrik santrallerde, güneş sınırlamaları, meteorolojik hava koşullarının da etkisi yok denecek kadar azdır. Termik santrallerde ise, kurulum dışı maliyetlerinin yanı

sıra sebep oldukları çevre sorunlarının giderilmesi için gereken harcamalar, santral kurulumu için harcanan maliyetlerinin en az %30’udur. Bu analiz ve kıyaslamalar yapılırken hidroelektrik santraller lehine hususlar yeterince dikkate alınmamaktadır. Ekonomik ve teknik fizibilite çalışmalarının sağlıklı yapılabilmesi durumunda, kurulum maliyetleri %20-25 daha fazla olan hidroelektrik santraller bile termik santrallere göre daha fizibil olacaktır. Buna santral dışı maliyetlerin de eklenmesi durumunda bu oran %40-45 gibi belirgin bir düzeye çıkmaktadır. Bu yeni kriterlere göre Türkiye’nin yıllık ekonomik olarak kullanılabilir hidroelektrik potansiyeli DSİ’nin tahmini olan 128 TWh’tan %40 daha fazla olarak 180 TWh olarak hesaplanabilecektir (URL-3, 2018; Buttanrı, 2006).

Türkiye’de de KÖS çalışmaları çok yoğun bir şekilde devam etmektedir. Bu konuda devlet yatırımlarının yanında, elektrik alım garantisi verilen özel sektör de büyük yatırımlar yapmaktadır. Ülkemizde 2017 tarihi itibarıyla, hidroelektrik tesislerin durumu Tablo 3’de görülmektedir (Buttanrı, 2006; Kaygusuz, 2018; URL-4, 2018)

Tablo 2. Hidroelektrik potansiyelin proje aşamalarına göre dağılımı (URL-4, 2018)

HES Aşaması	HES Adedi	Toplam Kurulu Kapasite (MW)	Ortalama Yıllık Üretim (GWh/yıl)	Toplamdaki Payı (%)
İşletmede	623	27377	96026	53.4
İnşa Halinde	59	5231	15373	8.5
İnşaata Henüz Başlanmayan	1116	22383	68601	38.1
Toplam	1798	54991	180000	100

Devlet Su İşleri (DSİ) Genel Müdürlüğü’nce hazırlanan faaliyet raporunda, 2017 yılı sonu itibarıyla Türkiye’de hali hazırda işletmede bulunan 623 adet hidroelektrik santralinin toplam

kurulu gücü 27,377 MW olup, yıllık ortalama üretimi ise 96026 GWh’tır. Bu miktar ülkede geliştirilen 180,000 GWh yıllık hidroelektrik potansiyelin yaklaşık %53,4’üne karşılık

gelmektedir. Diğer taraftan, 5,231 MW bir kurulu güç elde edilecek ve toplam potansiyeli %8,5 olan 15,373 GWh/yıl'lık üretim kapasitesine sahip olacak 59 adet HES halen inşa halinde bulunmaktadır. Türkiye, geriye kalan 68,601 GWh/yıl'lık hidrolik potansiyelini kullanarak 22,383 MW kurulu güç elde edebilmek için ileride 1116 HES yapılacaktır. Böylelikle Türkiye'nin toplam hidroelektrik santral sayısı 1798'e, kurulu gücü 54,991 MW'a ve nihayetinde ülkenin hidrolik kapasitesi olan yıllık toplam 180,000 GWh'lık bir üretim hedefine ulaşması sağlanacaktır (Aksungur, 2011). Hidroelektrik santral imalatları sırasında aktarılan bütçeler ve kullanılan kredilerin bir maliyeti vardır ve kısa süre içerisinde elde edilecek fayda ile maliyetler finanse edilmelidir. Türkiye'de hidroelektrik santrallerinde kapasite faktörü ortalaması %37 olup bu oran dünyada %44 tür (URL-5, 2018)

Bu çalışmada küçük hidrolik santrallerin Türkiye elektrik üretimine katkısı hakkında bilgi verildikten sonra, hidroelektrik santrallerin planlanmasında ana etmenler olan nominal tepe gücün kurulu güce oranı ile elde edilen ve diğer santrallerle kıyaslamada belirleyici rollerden biri olan Kapasite Faktörü Analizi Giresun özelinde yapılmıştır.

2. Materyal ve Metot

Çalışmada, Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü'ne bağlı Trabzon Bölge Müdürlüğü'nden alınan ve Giresun İli'nde bulunan küçük hidroelektrik santrallerin (1 MW–15 MW) kurulu güç ve toplam enerji verileri kullanılmıştır. Verilerin değerlendirilmesinde hidroelektrik santrallerin kıyaslanmasında belirleyici parametrelerden biri olan kapasite faktöründen yararlanılmıştır. Bu bağlamda aşağıda Kapasite Faktörü eşitliği verilmiştir.

$$\text{Kapasite Faktörü (\%)} = \frac{(\text{Toplam Enerji}^{\text{(MWh)}}_{365} \text{Gün})}{(\text{Kurulu Güç (MW)} \times 24 \text{ Saat})} \quad (1)$$

Hesaplanan Maliyet Analizine göre 1 MW gücünde ve bu gücü üretebilecek debi ve hıza sahip bir akarsuyun üzerine kurulan rezervuar (biriktirme haznesi) alanı on beş kilometrekarenin altında olan hidroelektrik üretim tesisi (KÖH) Enerji Santraline göre hesaplanmıştır. Bu hesaplamalarda aşağıda sıralanan veriler esas alınmıştır:

- İlk Yatırım Bedeli: 1,250 €/kW (Yatırım Bedeli ve Lisans Bedelleri dâhildir)
- Günümüzde türbin fiyatı 750–1,200 €/kW'tır. Ortalama 1,000 € alınmıştır

- Montaj bedeli + diğer masraflar (debi analizi, projelendirme v.s) yaklaşık %25: 250 €/kW
- Toplam kurulum bedeli: 1,250 €/kW olarak alınmıştır.
- Elektriğin Devlete Satış Bedeli: 0.055 Euro/kWh (2018 B.F.)

3. Bulgular

Materyal-Metot 'da verilen bilgiler kullanılarak; 1 MW gücünde bir küçük hidroelektrik santralin toplam ilk yatırım bedeli: 1,250 €/kW * 1000 kW= 1,250,000 Euro olarak hesaplanmıştır. Tablo 3'ün dördüncü sütununda her bir hidroelektrik santralin yatırım bedeli toplam kurulu güç ile 1,250,000 Euro çarpılarak elde edilmiştir. Hidroelektrik santralde üretilen elektriğin yenilenebilir enerji kaynağı kapsamında satılması durumunda satış bedeli: 0.055 Euro/kWh'tır. İşletme maliyeti ise yaklaşık olarak 0.010 Euro/kWh'tır. Üretilen elektriğin kârı: 0.055-0.010=0.045 Euro/kWh bu da (45 Euro/MWh) olur. Bu bedel yıllık toplam enerji miktarı ile çarpılarak Tablo 3'ün beşinci sütununda sunulmuştur. Sütun altında belirtilen geri dönüş süresi ise santral bedelinin yıllık kara bölümü ile elde edilmiştir. Tablo 3'ün yedinci sütununda ise enerji maliyeti, santral bedelinin toplam enerjiye bölünmesi ile elde edilmiştir.

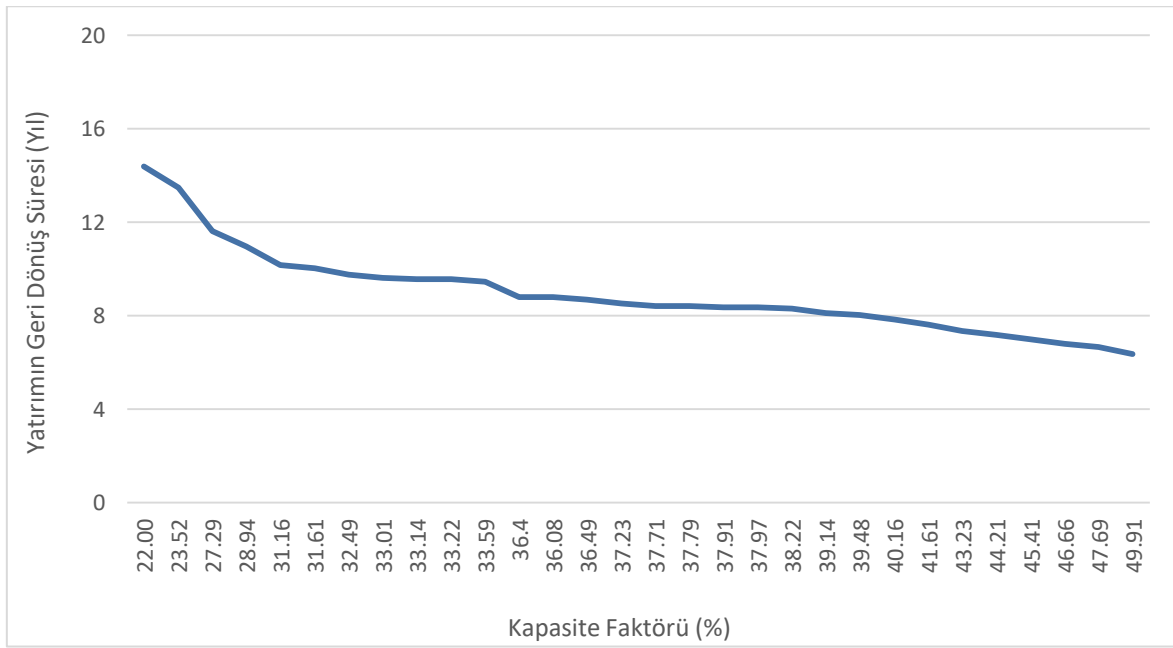
Tüm yatırım araçlarında olduğu gibi enerji yatırımlarındaki amaç yapılan yatırımın en kısa sürede geri dönmesi ve yatırımcıyı kâra geçirmesidir. Yatırımlar yapılırken kullanılan krediler de göz önüne alındığında geri dönüş süresinin önemi daha da artmaktadır. Hidroelektrik santrallerin teknik özellikleri ve performansları göz önüne alındığında santrallerin kapasite faktörlerinin yüksek kurulu güce sahip bölgelerden doğrudan etkilendiği görülmektedir. Uygulamamızda Giresun İli'nde bulunan ve planlaması yapılan KHS'lerin listesi Tablo 3'te sunulmuştur. Bu santrallerin depolamasız olması ve diğer teknik unsurlarının da benzer olması nedeni ile bu santralleri kendi içlerinde kapasite faktörü esas alınarak sınıflandırılır. Bu sınıflandırmada kapasite faktör ortalaması olup 37.77 değerinin yaklaşık Türkiye ortalamasında olduğu, ortalama enerji maliyetinin 40.17 (€/KWh) olduğu, yatırımların ortalama geri dönüş süresinin de 8,94 yıl olduğu hesaplanmıştır. Tablo 3'deki veriler kullanılarak Şekil 3 elde edilmiş olup Giresun'daki küçük HES yatırımlarının geri dönüş süresi ile kapasite faktörleri arasındaki bağlantıyı gösterir ilişki ortaya çıkarılmıştır. Şekil 3 santrallerin kapasite faktörleri artınca yatırımın geri dönüş süresinin azaldığını ortaya koymuştur.

Bu çalışmadaki amaç, Giresun İli'nde yapılacak HES imalatlarında imalat önceliğinin yüksek kapasite faktörüne sahip HES'lere verilerek

yatırımın geri dönüş süresinin kısaltılması ile kısıtlı bütçesi olan yatırımcı ve ülke ekonomisine daha fazla katkının sağlanmasıdır.

Tablo 3. Giresun İlindeki küçük HES'lere ait teknik veriler ve kapasite faktörü hesabı

Hidroelektrik Santralin Adı	Kurulu Güç (MW)	Toplam Enerji (MWh)	Santral Bedeli (€)	Yıllık Kar (€)	Geri Dönüş Süresi (Yıl)	Enerji Maliyeti (€/KWh)	Kapasite Faktörü (%)
Moran	5.75	11110.00	7187500	499950	14.38	0.65	22.06
Akköy II	7.33	15100.00	9162250	679500	13.48	0.60	23.52
Güce	10.57	25270.00	14212500	1137150	11.62	0.52	27.29
Yiğit	7.54	19114.00	9425000	860130	10.96	0.49	28.94
Serhat	9.10	24840.00	11375000	1117800	10.18	0.46	31.16
Çalıkobası	8.28	22920.00	10350000	1031400	10.04	0.45	31.60
Tokmadin	3.57	10160.00	4462500	457200	9.76	0.44	32.49
Delisava	4.88	14110.00	6100000	634950	9.61	0.43	33.01
Merek	9.18	26650.00	11475000	1199250	9.57	0.43	33.14
Yüce	10.57	30750.00	13212500	1383750	9.55	0.43	33.22
Gelen	6.56	19300.00	8200000	868500	9.44	0.42	33.59
Soğukpınar	8.90	28100.00	11125000	1264500	8.80	0.40	36.04
Gecür	3.23	10200.00	4037500	459000	8.79	0.40	36.08
Yumruktepe	13.68	43720.00	17100000	1967400	8.69	0.39	36.49
Ekere	4.18	13620.00	5225000	612900	8.53	0.38	37.23
Kızılev	11.49	37950.00	14362500	1707750	8.41	0.38	37.70
Üçgen 2	10.22	33815.00	12775000	1521675	8.40	0.38	37.79
Arpacık	3.77	12520.00	4712500	563400	8.36	0.38	37.91
Telli I	9.10	30270.00	11375000	1362150	8.35	0.38	37.97
İlimsu	4.57	15300.00	57125000	688500	8.30	0.37	38.22
Vanazit	2.66	9120.00	3325000	410400	8.10	0.36	39.14
Kanat	13.30	46000.00	16625000	2070000	8.03	0.36	39.48
Köprübaşı	5.70	20200.00	7125000	909000	7.84	0.35	40.46
Karaca	3.01	19978.00	3762500	494010	7.62	0.34	41.61
Çanakçı I	6.00	22720.00	7500000	1022400	7.34	0.33	43.23
Adadağı	4.70	18198.00	5875000	818910	7.17	0.32	44.20
Çay Reg.	10.05	39980.00	12562500	1799100	6.98	0.31	45.41
Akköy	14.07	57510.00	17587500	2587950	6.80	0.31	46.66
Kıran	9.74	40690.00	12175000	1831050	6.65	0.30	47.69
Kahraman	1.52	6650.00	1900000	299250	6.35	0.29	49.91
				Ortalama	8.94	40.17	37.77



Şekil 3. Yatırım geri dönüş süresinin kapasite faktörleri ile karşılaştırılması

4. Sonuçlar ve Tartışma

Ülkemiz özellikle fosil kökenli enerji kaynakları bakımından oldukça fakir olup, 2016 yılında kullandığı toplam enerjinin %76'sını dışarıdan ithal etmiş ve bunun için 54,6 milyar dolarlık bir ödeme yapmıştır. Bu durumun önüne geçmek için temiz ve çevre dostu olarak bilinen yenilenebilir enerji kaynaklarının değerlendirilmesine daha büyük önem verilmelidir. Dışa bağımlılığı azaltarak güvenli, sürdürülebilir bir enerji yönetimi ilkesi benimsenmelidir. Ancak, enerji üretim tesisleri planlanırken ve yapım aşamalarında, tesisin kurulacağı alanlardaki tabiat florasının devamlılığı, su ekosisteminin ve canlı su ihtiyaçlarının karşılanabilmesi de düşünülmelidir. Bunun içinde özellikle suyun yönü ve yeri değiştirilerek kurulacak nehir tipi hidroelektrik santrallerin planlamalarında, akarsu yatağına bırakılacak kuyruk suyunun miktarının doğal yaşam döngüsünü devam ettirecek miktarda olmasına azami özen gösterilmelidir.

Günümüzde ticari rekabetin artmasına paralel olarak küresel piyasalarda meydana gelen dalgalı ekonomik veriler enerji fiyatlarını yukarı çekmektedir. Bu durum, özellikle son yıllarda enerjiye olan talebi yıllık ortalama %8 artan ülkemizde, dışa bağımlılığı azaltmak ve enerjiye dayalı döviz kaybını en aza indirmek için yapılan çalışmalarda pek çok açıdan faydalı olan yerli kaynakların küçük hidroelektrik santrallerine (KHS) daha büyük önem verilmesine neden olmuştur. KHS'ler kapasiteleri (<10 MW) olduğundan, ilk yatırım maliyetleri, işletme ve

bakım giderleri barajlara göre çok daha hesaplıdır. Bu durum birçok yatırımcının dikkatini çekmiş, devletin verdiği enerji alım garantileri de (KHS) daha önce hiç santral yapmamış yatırımcıları da bu kulvara itmiştir. Ancak KHS inşaatları konusunda daha önce deneyimi bulunmayan yatırımcıların projelerin fizibilite, tasarım ve inşaat aşamalarında gerekli teknik çalışmaları çok hassas bir şekilde yerine getirmeli, yapılacak imalatlar esnasında santralin en verimli bir şekilde enerji üretimi temin edilirken çevre hassasiyeti de göz ardı edilmemelidir. Teknik ve çevresel faktörleri dikkate alarak planlanan küçük hidroelektrik santraller ülke ekonomisine önemli ölçüde katkı sağlayabilirler. Sonuç olarak:

- Kurulum alanı küçük birikme haznesiz HES'ler giderek önem kazanmaktadır.
- Doğru projelendirilen HES'ler nehirlerin biyolojik ve morfolodinamik sürekliliğini kesintiye uğratmazlar.
- İlk yatırım ve işletme maliyetlerinin düşüklüğü nedeniyle HES'lerin birim enerji maliyetleri çok düşüktür,
- HES'lerde yakıt kullanılmadığından CO₂ salınımı yoktur,
- Türkiye'de enerji ithalat giderlerinin azaltılması için HES'lerin yapımına ağırlık verilmiştir.
- HES imatları yapılırken vadi planlamaları dahilinde belirlenen HES'lerin enerji üretim miktarlarının kapasite faktörleri ve kurulu güç miktarları ile değerlendirilerek en kârlı olanına yapım önceliği verilmelidir.

Türkiye'nin brüt yüzeysel su potansiyeli yıllık yaklaşık 186×10^9 m³ kadardır. Bu potansiyelin yaklaşık 126×10^9 m³'ü enerji üretiminde kullanılabilir durumdadır. 2017 yılı verilerine göre bunun yalnızca %35'i değerlendirilebilmektedir. Ancak, ülkemizin mevcut su potansiyeli, küresel iklim değişiklikleri, ekonomik ve teknik ilerlemeler dikkate alınarak güncellenmelidir.

Kaynaklar

- Aksungur, M., Ak, O., Özdemir, A., 2011. The effect on aquatic ecosystems of river type hydroelectric power plants: the case of Trabzon-Turkey, *Journal of Fisheries Sciences.com*, 5(1), 79-92.
- Buttanrı, B., 2006. Türkiye'de Küçük Hidroelektrik Santrallerin Tarihsel Gelişimi ve Bugünkü Durum, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 234s.
- DSİ, 2017. 2017 Yılı Faaliyet Raporu, Ankara, Türkiye.
- ETKB, 2017. Dünya ve Türkiye Enerji ve Tabii Kaynaklar Görünümü, Ankara, Türkiye.
- Karagöl, E.T. Kaya, S. ve Koç, Y.E., 2016. 2016'da Türkiye, SETA Siyaset, Ekonomi ve Toplum Araştırmaları Vakfı Yayınları, 253-264, İstanbul, Türkiye.
- Kaygusuz, K., 2018. Small hydropower potential and utilization in Turkey, *Journal of Engineering Research and Applied Science*, 7(1), 791-798.
- Koralay, N., Kara, O., Kezik, U., 2018. Effects of run-of-the-river hydropower plants on the surface water quality in the Solakli stream watershed, Northeastern Turkey, *Water and Environment Journal*, 32(3), 412-421.
- URL-1, <http://www.enerji.gov.tr/tr-TR/Enerji-ve-Tabii-Kaynaklar-Gorunumleri>. 8 Ekim 2018.
- URL-2, http://www.emo.org.tr/ekler/da44881c9619855_ek.pdf. 8 Mayıs 2018.
- URL-3, <http://ressiad.org.tr/makaleler.php?ID=20>. 18 Temmuz 2018.
- URL-4, https://www.mmo.org.tr/sites/default/files/EnerjiGorunumu2018_2_0.pdf. 8 Mayıs 2018.
- URL-5, www.temsan.gov.tr. 8 Mayıs 2018.
- Ürker, O. ve Çobanoğlu, N., 2017. Türkiye'de hidroelektrik santraller'in durumu (HES'ler) ve çevre politikaları bağlamında değerlendirilmesi, *Ankara Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 3(2), 65-88.
- Yuksel, I., 2013. Renewable energy status of electricity generation and future prospect hydropower in Turkey, *Renewable Energy*, 50, 1037-1043.

Assessment of Road-Induced Landscape Fragmentation and Implications for Landscape Planning: the case of İzmir Province

Yollardan Kaynaklanan Peyzaj Parçalanmasının Belirlenmesi ve Peyzaj Planlama Açısından Değerlendirmeler: İzmir İli Örneği

Ebru ERSOY TONYALOĞLU*

Aydın Adnan Menderes Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Peyzaj Mimarlığı Bölümü, Aydın

• Geliş tarihi / Received: 26.03.2019 • Düzeltilecek geliş tarihi / Received in revised form: 07.04.2019 • Kabul tarihi / Accepted: 11.07.2019

Abstract

Roads are considered as a major environmental problem and one of the main causes of biodiversity loss and landscape fragmentation. Recent evidence suggests that whilst roads generally lead to increasing landscape fragmentation; they also affect the structure and functioning of landscapes through the pollution caused by the vehicles and the acceleration of settlements around road networks. This paper explores the relationship between the presence of roads and landscape fragmentation in the central districts of İzmir province, using landscape metrics at class and landscape level. CORINE land cover (CLC2012) dataset together with Urban Atlas 2012 (UA2012) were used for the delineation of land cover map with and without roads. The analyses were performed in FRAGSTATS 4.2 and ArcGIS 10.5.1. Results illustrated an increasingly fragmented urban landscape with respect to increasing road existence. However, it is important to bear in mind the possible limitations of some landscape metrics when evaluating fragmentation caused by roads. On the other hand, the results of this study emphasise that the number of patches (NP), area-weighted mean patch area (AREA_AM), edge density (ED) and effective mesh size (MESH) seem to be much more robust landscape metric when measuring landscape fragmentation. The paper concludes with important implications and recommendations with a view to informing landscape planning practices for creating opportunities around roads and road networks to support biodiversity and enhance the lives of people. For example, as a practical manner, the creation of roadside vegetation and vegetated verges can reduce the fragmentation effect of road networks and enhance landscape connectivity rather than its fragmentation effect. The care and regular maintenance of these areas will also play an important role in improving landscape quality and promoting biodiversity.

Keywords: Fragmentation, Land cover, Landscape metrics, Roads, Spatial pattern

Öz

Yollar, büyük bir çevre sorunu ve biyolojik çeşitlilik kaybı ile peyzaj parçalanmasının ana nedenlerinden biri olarak kabul edilmektedir. Yapılan araştırmalar, yolların genellikle artan peyzaj parçalanmasına yol açtığını; ayrıca araçların neden olduğu kirlilik ve yol ağları etrafındaki yerleşimlerin hızla artması yoluyla peyzajların yapısı ve işleyişini de etkilediklerini ortaya koymaktadır. Bu çalışma, İzmir ili merkez ilçelerinde yolların varlığı ile peyzaj parçalanması arasındaki ilişkiyi sınıf ve peyzaj düzeyinde peyzaj metriklerini kullanarak incelemektedir. Çalışmada, CORINE arazi örtüsü haritası (CLC2012) ve Urban Atlas2012 (Kent Atlası2012) (UA2012) ile birlikte kullanılarak, çalışma alanına ilişkin detaylı yol verisinin içerildiği ve içerilmediği arazi örtüsü haritaları kullanılmıştır. Analizler FRAGSTATS 4.2 ve ArcGIS 10.5.1 yazılımlarında gerçekleştirilmiştir. Sonuçlar artan yol varlığının kent peyzajında artan parçalanmaya sebep olduğunu göstermektedir. Ancak, yolların neden olduğu parçalanmanın değerlendirilmesinde bazı peyzaj metriklerinin etkinliklerinin olası kısıtlılıklarını göz önünde bulundurmamak gerekmektedir. Diğer yandan, bu çalışmanın sonuçları, peyzaj parçalanmasını değerlendirirken yama sayısı (NP), alan ağırlıklı ortalama yama alanı (AREA_AM), kenar yoğunluğu (ED) ve etkin ağ boyutunun (MESH) peyzaj parçalanmasına ilişkin daha sağlıklı değerler sunduğunu vurgulamaktadır. Çalışma, biyolojik çeşitliliğin desteklenmesi ve insanların yaşam kalitesinin iyileştirilmesi bakımından yollar ve yol ağları çevresinde fırsatlar yaratmak için peyzaj planlama uygulamalarına ışık tutabilecek bazı önemli önerilerle sonlandırılmıştır. Örneğin, pratik anlamda, yol ağları çevresinde yol kenarı bitki örtüsü ve bitkilendirilmiş banketler, yol ağlarının parçalanma etkisini azaltabilir ve peyzaj bağlantılılığını artırılabilir. Ayrıca, bu alanların korunması ve düzenli bakımı peyzaj kalitesinin artırılmasında ve biyolojik çeşitliliğin desteklenmesinde de önemli rol oynayacaktır.

Anahtar kelimeler: Parçalanma, Arazi örtüsü, Peyzaj metrikleri, Yollar, Mekansal yapı

*Ebru Ersoy; ebru.ersoy@adu.edu.tr; Tel: (505) 9738268; orcid.org/ 0000-0002-2945-3885

1. Introduction

Most of the significant threats to biological diversity and natural landscapes, such as habitat conversion, reduction in habitat size or the loss of habitats are generally linked to over consumption of natural resources and the transformation of many parts of natural ecosystems into urban areas (Sweeney et al., 2007; Hanski, 2011; Yang et al., 2017). In and around the human modified landscapes, roads are generally considered to be one of the most important causes of landscape fragmentation. However, it should not be forgotten that roads are important components of urban environments since they play a key role in social and economic development, such as supporting retail and tourism, increasing the accessibility of remote areas (Riitters et al., 2004; Zhang et al., 2015). In this sense, the development of roads may cause both positive and negative effects on people and nature (Yang et al., 2017). Whilst roads generally lead to landscape fragmentation, they also affect the structure and functioning of landscapes through the pollution caused by the vehicles and the acceleration of recreation and settlement activities (Frair et al., 2008). Zhang et al. (2015) argue that roads have various potential direct and indirect impacts on nature and wildlife. Thereupon, we can claim that if the development of road networks is not controlled, and excess the capacity of environmental objectives and the nature, then this would result in increased landscape fragmentation, the loss, degradation and destruction of habitats (Forman et al., 2003; Grilo et al., 2009; Jackson and Fahrig, 2011) as well as increased the risk of species extinction (With, 2002). In addition to that some of the most obvious adverse effects, noise, air and water pollution caused by the vehicles pose an important threat on the physical and mental health, and the well-being of people (Banister, 2000; Plaut and Shmueli, 2000; Laurance et al., 2009; Bennett, 2017).

On the other hand, even though roads and road networks have widespread adverse effects on nature, habitats and people, the recent evidence shows that roads also form an extensive linear network in urban environments. In this context, Yang et al. (2017) states that, if sufficiently vegetated, roadside vegetation alongside pavements and roads can play a crucial role in mitigate the adverse effects of road networks, e.g. reducing noise, air and water pollution and serving as green corridors in urban environments. Through the development of an extensive green

corridor alongside roads, roadside vegetation can provide a sheltered, comfortable and healthy walking experience in urban environments (Fukahori and Kubota, 2003; Giles-Corti et al., 2005). Moreover, if the present roadside vegetation is enriched by the components of natural vegetation cover, then they can form the backbone of a wider network for both wildlife and people.

Because of the dependency of people on transportation for various reasons some of which were mentioned earlier, it seems that the development and expansion of roads in and around urban environments will continue in the near future (Coyner, 2008). Therefore, assessing the potential effects of the fragmentation of roads on landscapes and proposing guidelines for conservation selection and planning strategies is crucial for a rapid assessment of landscape status in both the ecological and social sense (Zhang et al., 2015). These can be achieved by the identification and assessment of landscape fragmentation. Broadly speaking, landscape fragmentation or habitat connectivity can generally be measured and evaluated both structurally and functionally. Whilst the term functional connectivity refers to the behaviour and responses of dispersing organisms to the landscape structure and requires empirical data on species; structural connectivity relies to the spatial relationships of land cover / habitat patches based on land use / land cover data. In terms of functional connectivity measurements, the empirical data is generally unavailable / insufficient at larger scales. In addition to that, the requirement for behavioural data and the labour-intensive nature of functional connectivity measurements make them applicable to only a small region. On the other hand, structural connectivity measurements generally focus on the actual physical connections between land cover / habitat patches and are usually derived from physical characteristics of the landscape (Watts et al., 2008).

There are a wide range of methods and tools that have been developed to quantify structural connectivity. One of the most common structural connectivity measures is landscape metrics. Even though landscape metrics have been criticised by researchers (Goodwin, 2003; Li and Wu, 2004), they appear to have potential for understanding the main characteristics of landscape connectivity. They are also relatively easier to be measured and can be applied to extensive areas compared to functional connectivity measures (Uemaa et al.,

2009; Zhang et al., 2015). Recently, a variety of simple and easily applicable software have been developed to calculate landscape metrics and FRAGSTATS is one of the most common ones. In this study, FRAGSTATS 4.2 was used to measure landscape fragmentation since it includes a variety of landscape metrics at different hierarchical levels and freely available on the web with its user guide. Broadly speaking, landscape fragmentation / connectivity assessments are based on coarse resolution land cover maps alone and did not incorporate detailed road maps into the analyses. In this sense, this study aims to analyse the relationship between road density and landscape fragmentation in the central districts of Izmir province by addressing the following objectives (1) to measure the fragmentation caused by roads for different land cover types in the densely populated districts of Izmir province, and (2) to compare and contrast the current fragmentation levels of the landscape and different land cover types with roads and without roads.

2. Materials and Methods

2.1. Study Area and Datasets

Izmir province is located on the western Anatolia region, at the coast of the Aegean Sea

(38.4237°N, 27.1428°E). It has an area of 12,015km² with a population of 4,320,519 in 2018 (TUIK, 2018). In 2018, the population growth rate was 0.95% with the population density of 360person / km². Situated in the Mediterranean climate zone, Izmir has hot and dry summers and warm and rainy winters. Whilst the hottest months in Izmir are July and August, the coldest months are January and February (Izmir MGM, 2019). In the province of Izmir, agricultural lands occupy a large portion of the whole city, and the dominant natural vegetation is composed of Mediterranean coniferous forests and shrub vegetation (Atalay, 1994). Even though the Izmir province includes 30 districts, the case study area was selected from the densely populated urbanised districts of Izmir province including Balçova, Bayraklı, Bornova, Buca, Çiğli, Gaziemir, Karabağlar, Karşıyaka, Konak and Narlıdere (Figure 1). Izmir is the third most populous city in Turkey with a dynamic economic and social environment. So, the most significant changes in the landscape is shaped by the increase in population together with development of new economic sectors which resulted in increasing housing requirement and accordingly the acceleration of new settlements and road networks. In general, settlements have been sprawled along the road networks.

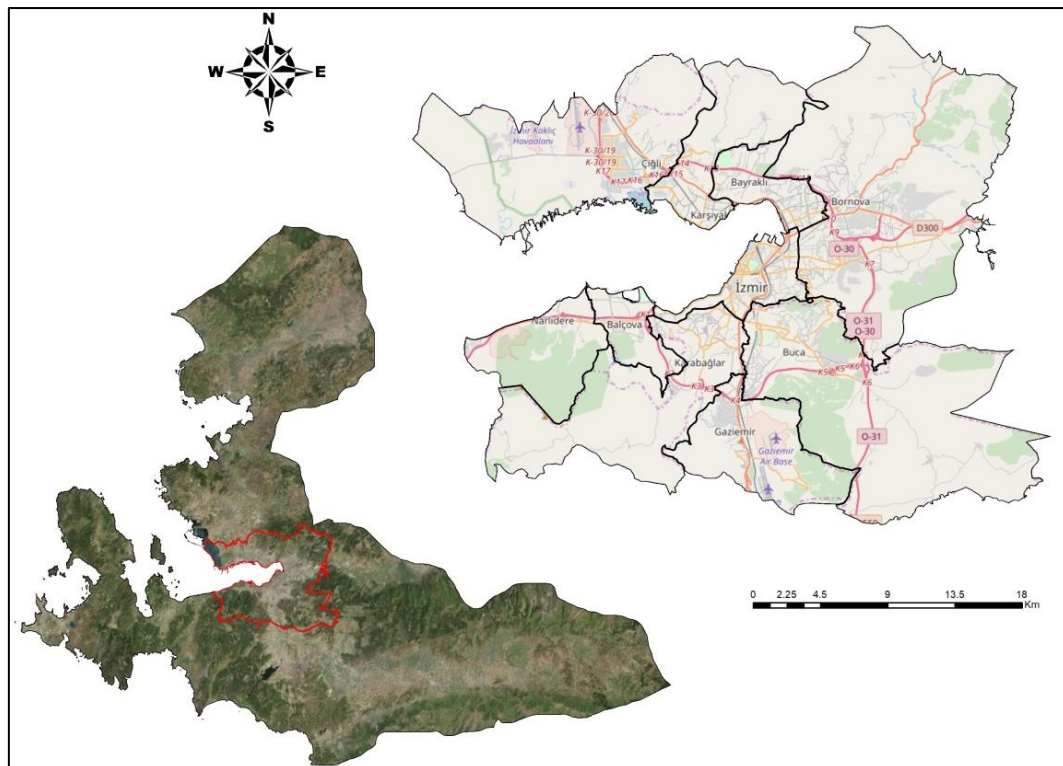


Figure 1. Study Area

In this study, I used data sources which are easy to access and freely available from Copernicus Land Monitoring Service for the year of 2012: vector based CORINE Land Cover map-CLC2012 and Urban Atlas map-UA2012 (Copernicus Land Monitoring Services, 2018a and b). The CLC map is a result of an inventory for Europe which was initiated in 1985 by the European Union. Originally, the CLC map of land cover in 44 classes with a minimum mapping area of 25ha and a minimum width of 100m for linear land covers (Copernicus Land Monitoring Services, 2018a). CLC2012 of the study area was composed of 28 land cover classes. In order to simplify the land cover data for analysis, these land cover classes were aggregated into 12 broad land cover types: Agricultural land; Beaches, dunes, sands; Broad-leaved forests; Coniferous forests; Industrial, commercial and transport units; Mine, dump and construction sites; Mixed forests; Scrub and / or herbaceous vegetation associations; Sparsely vegetated areas; Urban fabric; Urban open and green spaces; and Water and wetlands. On the other hand, the creation of Urban Atlas data is coordinated by the European Environment Agency. The Urban Atlas map provides a comparable LULC data for the Europe with a minimum mapping area of 0.25 ha (Copernicus Land Monitoring Services, 2018b). The roads and road network was extracted from UA2012.

2.2. Landscape Metrics and the Relationship between Roads and Landscape Fragmentation

In an attempt to quantify the spatial relationships among landscape pattern a variety of landscape metrics have been developed. Landscape metrics generally focus on the characterisation of the geometric and spatial properties of landscape patterns and they can be computed in three levels, namely patch, class and landscape. Patch level metrics generally serve as the basis for the calculation of class and landscape level metrics. Whilst class level metrics are integrated over all the patches of a given type and quantify the amount and spatial configuration of each patch type, landscape level metrics are integrated over all patches / classes in the full extent of the landscape. Class level metrics provide a means to quantify the extent and fragmentation of each patch type in the landscape, whereas the primary interest of landscape level metrics is in the pattern of the entire landscape mosaic (McGarigal et al., 2002; Leitão et al., 2012). As the basic landscape pattern components, composition and configuration have different types of metrics and they measure different characteristics of landscapes (McGarigal et al., 2002; McGarigal, 2014; Zhang et al., 2015). Composition metrics describe the variety and abundance of the all patch types without reference to their spatial character in the landscape. On the other hand, configuration metrics require spatial information for their calculation and they refer to the spatial character, arrangement, and position of patches.

Totally 12 landscape metrics were calculated in FRAGSTSTS 4.2 including; 9 class level and 4 landscape level metrics (Table 1).

Table 1. Selected landscape metrics (Leitão et al., 2012; McGarigal, 2014)

Metric	Acronym and Range	Metric Description	Reason for Selection
Number of Patches	$NP \geq 1$, without limit	The number of patches of the given land cover type (class and landscape level)	The subdivision of landscape as a simple measure of fragmentation
Patch Density	$PD > 0$	Number of patches per 100 hectares (class and landscape level)	
Edge Density (m/ha)	$ED \geq 0$, without limit	The sum of the lengths of all edge segments of the given land cover type, divided by the total landscape area (class and landscape level)	AREA is a fundamental characteristic of landscape structure PLAND and CA represent the proportional abundance of each land cover type as an indication of dominance in the landscape
Area Weighted Mean Patch Area (ha)	$AREA_AM > 0$, without limit	The area weighted mean size of the given land cover type (class and landscape level)	
Total Class Area (ha)	$CA > 0$, without limit	The sum of the areas of all patches for the given land cover type (class level)	

Table 1. continued

Metric	Acronym and Range	Metric Description	Reason for Selection
Percentage of Landscape (%)	$0 < PLAND \leq 100$	The proportion of landscape occupied by a particular land cover type (class level)	
Area Weighted Proximity Index	$PROX_AM \geq 0$, without limit	The degree of isolation and fragmentation within a specified search radius for the given land cover type (class level)	
Area Weighted Euclidean Nearest Neighbour Distance (m)	$ENN_AM > 0$, without limit	The shortest edge to edge distance between the adjacent patches of the same land cover type (class level)	Basic measures of patch fragmentation and isolation; in turn spatial connectivity.
Effective Mesh Size	$cell\ size \leq MESH \leq total\ landscape\ area$	Gives the probability of two points chosen randomly in a region will be connected (class level)	

Selected landscape metrics include both the composition and configuration metrics. These landscape metrics were chosen because of their ability to characterise the fragmentation / isolation of a particular land cover type in the landscape and they can provide a more in-depth analysis of

landscape pattern. Whilst the land cover map was used as a proxy of the non-fragmented landscape condition, landscape fragmentation caused by roads was measured after superimposing the roads on the land cover map (Figure 2).

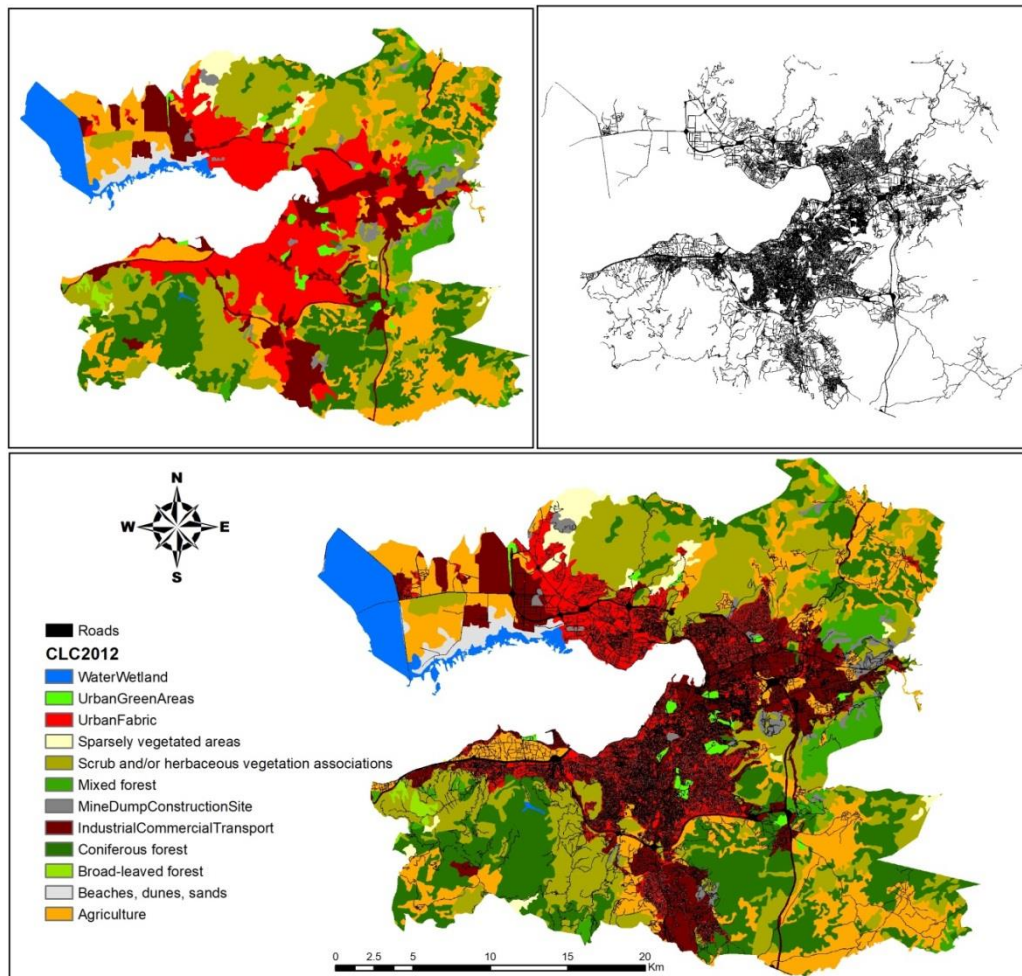


Figure 2. Land cover map, road network map and land cover after superimposing the roads

3. Research Findings and Discussion

3.1. Spatial Pattern of the Landscape

According to the results of FRAGSTATS analysis at the landscape level for the land cover without roads, the study area is composed of 427 patches (AREA_AM=1973.95ha) with low PD (0.5) but high ED (23.12). The pattern of each land cover type was assessed on the basis of information obtained from landscape metrics through a joint interpretation of area-edge, contagion/interspersion and aggregation metrics at the class level (McGarigal et al., 2002). As the dominant land cover types, Scrub and/or herbaceous vegetation associations, Coniferous forests and Agricultural lands cover 21.91%, 18.89% and 18.21% of the whole study area, respectively. Among these three land cover types, Scrub and/or herbaceous vegetation associations has the highest NP (98). Whilst these three land cover types reported very similar figures for PD and ED, we can safely claim that Coniferous forests represent the strongest structural connectivity in the whole landscape based on their AREA_AM, PROX_AM, ENN_AM and MESH values. The common structural properties of Mixed forests and Water and wetlands is having similar spatial extent (3.52% and 3.90%, respectively). However, whilst Water and wetlands represent stronger structural connectivity with smaller PD, ED, NP and larger AREA_AM, PROX_AM, ENN_AM and MESH values, Mixed forests represent a more scattered and isolated pattern. Covering only 6.82% of the whole study area with a small number of patches, Mixed forests (3.52%), Sparsely vegetated areas (1.84%), Beaches, dunes, sands (1.11%) and Broad-leaved forests (0.35%) reported more isolated and fragmented spatial pattern compared to the other natural and semi-natural land cover types. Occupying only 0.81% of the total study area, urban open and green spaces have the second lowest PROX_AM and MESH values. Together with its small sized patches and relatively high ED, these figures can be evaluated as an indication of the high fragmentation and isolation. Another important finding of the landscape pattern analysis is that Urban fabric, Industrial, commercial and transport units, and Mine, dump and construction sites occupy almost one third of the whole landscape in the study area (29.47%). Among these there land cover types, Urban fabric occupies 17.04% of the whole study area with the largest AREA_AM (3698.50ha) and relatively small NP (31). With a very similar NP, PD and ED values Industrial, commercial and transport

units reported higher MESH value compared to the patches of Urban fabric land cover type. Taking into account these results together with PROX_AM and ENN_AM for Urban fabric and Industrial, commercial and transport units, it seems that Urban fabric has relatively stronger structural connectivity. Finally, in comparison with the other artificial land cover types, Mine, dump and construction sites occupy the smallest land (1.71%) with a small number of scattered and isolated patches in the whole study area.

3.2. Landscape Fragmentation Caused by Roads

As seen in Figure 2, roads are generally centred on urban fabric of Bayraklı, Bornova, Buca, Karabağlar, Karşıyaka, Konak districts along the coastal area and spread into the natural and semi-natural land cover types which are sparsely populated. Whilst the land cover map without roads was used as a proxy of the non-fragmented landscape condition, landscape fragmentation caused by roads was measured after superimposing the roads on the land cover map and by calculating and comparing the results of the same class and landscape level metrics on this map. The overall results of the spatial analysis at class and landscape levels for the land cover without roads and after superimposing roads are given in Table 2 and 3. As expected superimposing the road map on the land cover map eliminated the total area of all land cover types in the study area. The total landscape area is decreased from 84856.67ha to 79710.23ha indicating that roads cover 6.06% (5146.44ha) of the whole study area. Here, it is important to note that even though roads form a large part of artificial surfaces in urban environments, because they are extracted from other artificial land cover types, the total area of those decreased, too. However, since the scope of this paper is to evaluate the landscape fragmentation of natural and semi-natural land cover types which is thought to be caused by roads, artificial surfaces are excluded from the evaluations.

At the landscape level, the number of patches reported a large increase (from 427 to 22801) with a decrease in AREA_AM of almost two third. These substantial changes in the total number and area of patches also imply the large extent of road network distribution in the study area. In addition to this, considering the larger values for PD and ED, we can safely claim that the whole landscape became much patchier and fragmented compared to the previous landscape condition.

Table 2. Results of selected landscape metrics at landscape level

	NP	PD	ED	AREA_AM
	1	2	1	2
427	22801	0.50	28.60	23.12
			113.13	1973.95
			617.74	

Table 3. Results of selected landscape metrics at landscape level

	PLAND		NP		PD		ED		AREA_AM		PROX_AM		ENN_AM		MESH	
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
Land cover	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
MF	3.52	3.49	19	107	0.02	0.13	1.88	2.4	657.76	412.25	11.42	20869.23	1546.54	275.90	23.13	15.32
SHVA	21.91	21.61	98	685	0.12	0.86	10.20	15.32	1473.75	628.64	226.53	37100.33	318.22	31.61	322.83	144.65
AL	18.21	17.75	88	967	0.10	1.21	9.61	17.05	1201.92	287.24	238.01	26948.81	236.69	21.34	218.86	54.28
CF	18.89	18.75	89	383	0.10	0.48	9.40	11.94	2074.69	1379.49	1275.28	25427.66	189.84	55.33	391.86	275.40
BF	0.35	0.34	5	11	0.01	0.01	0.29	0.31	124.46	101.07	32.26	2326.62	3555.09	3428.63	0.43	0.37
SVA	1.84	1.83	16	46	0.02	0.06	1.07	1.30	294.14	231.61	19.70	3353.61	838.25	477.09	5.42	4.52
ICTU	10.72	9.11	33	2978	0.04	3.74	5.49	19.23	2541.41	111.87	1179.45	4337.60	286.55	21.41	272.40	10.85
MDCS	1.71	1.63	21	253	0.02	0.32	1.66	3.10	125.83	42.33	24.72	3148.40	1576.66	36.60	2.16	0.73
UF	17.04	13.66	31	17057	0.04	21.40	4.83	61.16	3698.50	22.43	743.68	4139.39	190.77	10.21	630.12	3.26
WW	3.90	3.89	10	72	0.01	0.09	0.46	0.7	2481.25	2453.71	22396.66	23997.92	104.10	97.50	96.85	101.63
UOGS	0.81	0.75	14	224	0.02	0.28	0.75	1.37	63.44	32.67	0.17	1054.25	2218.17	10.99	0.51	0.26
BDS	1.11	1.10	3	18	0.00	0.02	0.61	0.85	843.14	551.14	0.00	25886.35	1240.73	10.01	9.38	6.46

1: Land cover without roads, 2: Land cover after superimposing roads

Land cover types: MF (Mixed forests), SHVA (Scrub and/or herbaceous vegetation associations), AL (Agricultural lands), CF (Coniferous forests), BF (Broad-leaved forests), SVA (Sparsely vegetated areas), ICTU (Industrial, commercial and transport units), MDCS (Mine, dump and construction sites), UF (Urban fabric), WW (Water and wetlands), UOGS (Urban open and green spaces), BDS (Beaches, dunes, sands)

Contrary to expectations, superimposing roads over the land cover types in the study area eliminated only 1.42% of the natural and semi-natural land cover types (848.76ha). This might be attributed to the fact that the amount of tracks (which are not included in road network) is much more than the sealed roads where there are large patches of forests and other natural and semi-natural land cover types present. But yet, for all the natural and semi-natural land cover types, the change in AREA_AM and MESH values generally indicate that the incorporation of roads into landscape has much more adverse effects on landscape fragmentation.

Amongst all the natural and semi-natural land cover types, the largest decrease is seen in the area of Scrub and/or herbaceous vegetation associations (246.62ha). Also, superimposing roads into the land cover map caused Scrub and/or herbaceous vegetation associations to become structurally more fragmented with a higher number of small sized patches (NP from 98 to 685, AREA_AM from 1473.75ha to 628.64ha). Coniferous forests have also experienced a substantial increase in its NP (around 4.5 times) with increasing PD and ED, and decreasing AREA_AM and MESH values. A similar change is observed in the spatial pattern of Mixed forests, Sparsely vegetated areas, Broad-leaved forests, Water and wetlands and Beaches, dunes, sands. Finally, the comparison of the results of landscape metrics for Urban open and green spaces imply an increased fragmentation in its pattern. However, these areas are mainly centred on the built-up areas in urban fabric and surrounded by roads to provide accessibility for the public. These figures may not accurately describe road caused fragmentation in the landscape for Urban open and green spaces. For each land cover type, both ENN_AM and PROX_AM indicated that adding much more road into the landscape would actually reduce landscape fragmentation. So, it was concluded that the behaviour of these metrics was inconsistent as an indication of fragmentation in the study area.

These findings broadly support the work of other studies in this area linking the presence of roads with landscape fragmentation. Roads are continuous and linear features which are connected to each other in the form of networks and spread over other land cover types in urban environments (Riitters et al., 2004). In addition to its direct influences, the presence of roads might have a variety of indirect impacts on nature, such as decreasing habitat quality (Riitters et al., 2004;

Bennett, 2017). Also, generally spoken these effects seem to become greater because of the fact that roads encourage the development of new houses and facilities around roads and vice versa (Hawbaker et al., 2006; Ribeiro et al., 2016). As expected, the hot spots of roads are mainly concentrated around built-up areas, since these areas have a long history in land use, urban and transportation development and accordingly they constitute the backbone of accessibility routes for a variety of activity in urban environments, such as supporting retail and tourism (Cai et al., 2013; Riitters et al., 2004). Superimposing the road maps on the land cover map resulted in an increase in fragmentation on the whole landscape and also on individual land cover types. Moreover, this process reduced the total amount of natural and semi-natural land cover types and to some extent, and resulted in the dissection of the natural and semi-natural land-cover types. However, the substantial change found in the results could also be a result of overlaying maps with different resolutions (Riitters et al., 2004), and so these results therefore need to be interpreted with caution.

Methodologically, as with Riitters et al. (2004) claimed, we can say that some landscape metrics do not work very well to explain the level of fragmentation caused by roads. For example, according to decreasing ENN_AM and increasing PROX_AM values after superimposing the road maps on the land cover map, we can suggest that the adding much more road into the landscape would actually reduce landscape fragmentation in the study area. This inconsistency may be due to the creation of small patches when overlaying maps with different resolutions. As argued by Riitters et al. (2004), an acceptable landscape metric as a measure of fragmentation should behave in a logical direction and the changes in its values should be consistent for different land cover types at different locations. On the other hand, number of patches (NP), area-weighted mean patch area (AREA_AM), edge density (ED) and effective mesh size (MESH) seem to be much more robust landscape metric when measuring landscape fragmentation.

Finally, even though roads and road networks have detrimental effects on landscapes, nature, biodiversity and people, there are ways of using the roads and road networks as the backbone of an extensive ecological corridor, to reverse its adverse effects and maximise its potential for biodiversity and people. It is important to note that there are evidences that show roadside

vegetation and vegetated verges have potential to support a variety of species when sufficiently vegetated and managed (Auestad et al., 2011; O'Sullivan et al., 2017; Jakobsson et al., 2018). Accordingly, by constituting an extensive linear network of vegetated areas, roads and road networks can support landscape connectivity rather than its fragmentation effect. Finally, as suggested by O'Sullivan et al. (2017), the management of roadside vegetation alongside road networks is crucial in providing connected and functioning ecosystems in urban landscapes, particularly where we lost existing green spaces and have expanding road networks.

4. Conclusions

In this paper, the aim was to explore the relationship between the presence of roads and landscape fragmentation in the central districts of Izmir province, using landscape metrics at class and landscape level. The development and presence of roads in urban environments is an inevitable result of urban development, and for sure the development and expansion of road networks in and around urban environments will continue in the near future (Coyner, 2008). Therefore, from a planning point of view it is important to find ways of how we can mitigate the adverse effects of roads. As mentioned earlier, one of the ways of doing this can be the use and management of roadside vegetation and sufficiently vegetated verges to enhance the landscape and support biodiversity (Hambrey Consulting, 2013; O'Sullivan et al., 2017). For example, Lawton et al. (2010) suggest that habitat creation can allow a more gradual transition between the boundaries of existing habitats and other land uses. In this case, 6.06% (5146.44ha) of the study area is composed of road networks. This means that if we create roadside vegetation and sufficiently vegetated verges along road networks, we can mitigate its adverse effects on nature and biodiversity and enhance its potential for biodiversity. In addition, roadside vegetation together with paths and pavements can constitute the backbone of functional accessibility routes for people since they are generally accessible to the public and provide linear connections in between urban green and open spaces (Moseley et al., 2013). Hence, we can safely claim that roads and road networks can be used as a crucial component in the landscape to create much more liveable landscapes for wildlife and people. Finally, the care and regular maintenance of these areas will also play an important role in improving

landscape quality and promoting biodiversity (Kettunen et al., 2007).

It is a well-known fact that the expanding road networks are a major contribution to the fragmentation of landscapes. It is important to measure the degree of fragmentation caused by roads and road networks. The results of this study are in agreement with the previous research which suggests that roads lead increasing fragmentation in the landscape (e.g. Riitters et al., 2004; Zhang et al., 2015). When the roads are superimposed on the land cover map, both the whole landscape and different land cover types are dissected and become more fragmented. This study has also shown the importance of specific landscape metrics in fragmentation analysis since the behaviour of some landscape metrics gave inconsistent interpretations in terms of the aim of this study. For example, whilst NP, AREA_AM, ED and MESH seem to be much more robust landscape metrics to explain the level of fragmentation caused by roads, ENN_AM and PROX_AM do not work very well (Riitters et al., 2004). Therefore, we should use and test a variety of landscape metrics which are all known to be highly suitable as indicators for monitoring fragmentation and select the results of which can provide a comprehensive description of fragmentation in our case study area.

References

- Atalay, I. 1994. Vegetation geography of Turkey. Ege University Press, Izmir, Turkey.
- Auestad, I., Rydgren, K. and Austad, I., 2011, August. Road verges: potential refuges for declining grassland species despite remnant vegetation dynamics. In *Annales botanici fennici* (Vol. 48, No. 4, pp. 289-304). Finnish Zoological and Botanical Publishing Board.
- Banister, D., 2000. Sustainable urban development and transport-a Eurovision for 2020. *Transport Reviews*, 20(1), pp.113-130.
- Bennett, V.J., 2017. Effects of road density and pattern on the conservation of species and biodiversity. *Current Landscape Ecology Reports*, 2(1), pp.1-11.
- Cai, X., Wu, Z. and Cheng, J., 2013. Using kernel density estimation to assess the spatial pattern of road density and its impact on landscape fragmentation. *International Journal of Geographical Information Science*, 27(2), pp.222-230.

- Copernicus Land Monitoring Services, 2018a. CORINE Land Cover 2012. Retrieved January 10, 2018, from <https://land.copernicus.eu/pan-european/corine-land-cover/clc-2012>
- Copernicus Land Monitoring Services, 2018b. Urban Atlas 2012. Retrieved January 10, 2018, from <https://land.copernicus.eu/local/urban-atlas/urban-atlas-2012>
- Coyner, B.S., 2015, February. An Assessment of Habitat Fragmentation by Roads in Cimarron County, Oklahoma. In *Proceedings of the Oklahoma Academy of Science* (Vol. 88, pp. 21-26).
- Forman, R.T., Sperling, D., Bissonette, J.A., Clevenger, A.P., Cutshall, C.D., Dale, V.H., Fahrig, L., France, R.L., Heanue, K., Goldman, C.R. and Jones, J., 2003. *Road ecology: science and solutions*. Island press.
- Frair, J.L., Merrill, E.H., Beyer, H.L. and Morales, J.M., 2008. Thresholds in landscape connectivity and mortality risks in response to growing road networks. *Journal of applied ecology*, 45(5), pp.1504-1513.
- Fukahori, K. and Kubota, Y., 2003. The role of design elements on the cost-effectiveness of streetscape improvement. *Landscape and Urban Planning*, 63(2), pp.75-91.
- Giles-Corti, B., Broomhall, M.H., Knuiiman, M., Collins, C., Douglas, K., Ng, K., Lange, A. and Donovan, R.J., 2005. Increasing walking: how important is distance to, attractiveness, and size of public open space?. *American journal of preventive medicine*, 28(2), pp.169-176.
- Goodwin, B.J., 2003. Is landscape connectivity a dependent or independent variable?. *Landscape ecology*, 18(7), pp.687-699.
- Grilo, C., Sousa, J., Ascensão, F., Matos, H., Leitão, I., Pinheiro, P., Costa, M., Bernardo, J., Reto, D., Lourenço, R. and Santos-Reis, M., 2012. Individual spatial responses towards roads: implications for mortality risk. *PLoS One*, 7(9), p.e43811.
- Hambrey Consulting. (2013) The management of roadside verges for biodiversity. Scottish Natural Heritage Commissioned Report No. 551. Retrieved June 15, 2019, from: http://www.snh.org.uk/pdfs/publications/commissioned_reports/551.pdf
- Hanski, I., 2011. Habitat loss, the dynamics of biodiversity, and a perspective on conservation. *Ambio*, 40(3), pp.248-255.
- Hawbaker, T.J., Radeloff, V.C., Clayton, M.K., Hammer, R.B. and Gonzalez-Abraham, C.E., 2006. Road development, housing growth, and landscape fragmentation in northern Wisconsin: 1937–1999. *Ecological Applications*, 16(3), pp.1222-1237.
- Izmir MGM, 2019. Meteoroloji 2. Bölge Müdürlüğü İzmir, Bölgemize Bağlı İllerin İklimi Durumu. Retrieved January 25, 2018, from http://izmir.mgm.gov.tr/FILES/iklim/izmir_iklim.pdf
- Jackson, N.D. and Fahrig, L., 2011. Relative effects of road mortality and decreased connectivity on population genetic diversity. *Biological Conservation*, 144(12), pp.3143-3148.
- Jakobsson, S., Bernes, C., Bullock, J.M., Verheyen, K. and Lindborg, R., 2018. How does roadside vegetation management affect the diversity of vascular plants and invertebrates? A systematic review. *Environmental Evidence*, 7(1), p.17.
- Kettunen, M., Terry, A., Tucker, G. and Jones, A., 2007. Guidance on the maintenance of landscape connectivity features of major importance for wild flora and fauna. *Guidance on the implementation of Article, 3*.
- Laurance, W.F., Goosem, M. and Laurance, S.G., 2009. Impacts of roads and linear clearings on tropical forests. *Trends in ecology & evolution*, 24(12), pp.659-669.
- Lawton, J.H., Brotherton, P.N.M., Brown, V.K., Elphick, C., Fitter, A.H., Forshaw, J., Haddow, R.W., Hilborne, S., Leafe, R.N., Mace, G. M., Southgate, M.P., Sutherland, W.J., Tew, T.E., Varley, J. & Wynne, G.R., 2010. *Making Space for Nature: a review of England's wildlife sites and ecological network*. Report to Defra.
- Leitão, A.B., Miller, J., Ahern, J. and McGarigal, K., 2012. *Measuring landscapes: A planner's handbook*. Island press.
- Li, H. and Wu, J., 2004. Use and misuse of landscape indices. *Landscape ecology*, 19(4), pp.389-399.
- McGarigal, K., Cushman, S.A. and Ene, E., 2002. FRAGSTATS v4: Spatial pattern analysis program for categorical and continuous maps. University of Massachusetts, Amherst, MA, USA. goo.gl/aAEbMk.
- McGarigal, K., 2014. FRAGSTATS help. *Documentation for FRAGSTATS, 4*.
- Moseley, D., Marzano, M., Chetcuti, J. & Watts, K., 2013. Green networks for people: Application of a functional approach to support the planning and management of greenspace. *Landscape and Urban Planning*. 116 (2013). p. 1-12.

- O'Sullivan, O.S., Holt, A.R., Warren, P.H. and Evans, K.L., 2017. Optimising UK urban road verge contributions to biodiversity and ecosystem services with cost-effective management. *Journal of environmental management*, 191, pp.162-171.
- Plaut, P.O. and Shmueli, D.F., 2000. Sustainable Transport-A Comparative Analysis of Israel, the Netherlands and the United Kingdom Phina O. Plaut & Deborah F. Shmueli. *Editorial board*, 6(1), pp.40-58.
- Ribeiro, M.C., de Lara Muylaert, R., Dodonov, P., Ciocheti, G., Magioli, M., Martello, F., Rocha, A., Borges, B.D., Carvalho, C., Kanda, C.Z. and Rodriguez-Castro, K.G., 2016. 4. Dealing with fragmentation and road effects in highly degraded and heterogeneous landscapes. In *Biodiversity in Agricultural Landscapes of Southeastern Brazil* (pp. 43-64). Sciendo Migration.
- Riitters, K., Wickham, J. and Coulston, J., 2004. Use of road maps in national assessments of forest fragmentation in the United States. *Ecology and Society*, 9(2).
- Sweeney, S., Engindeniz, E. and Gündüz, S., 2007. Ecological concepts necessary to the conservation of biodiversity in urban environments. *A/ Z ITU Journal of the Faculty of Architecture*, 4(1), pp.56-72.
- TUIK, 2018. Konularına Göre İstatistikler, Adrese Dayalı Nüfus Kayıt Sistemi. Retrieved January 25, 2018, from http://www.tuik.gov.tr/PreTablo.do?alt_id=1059
- Uemaa, E., Antrop, M., Roosaare, J., Marja, R. and Mander, Ü., 2009. Landscape metrics and indices: an overview of their use in landscape research. *Living reviews in landscape research*, 3(1), pp.1-28.
- Watts, K., Handley, P., Scholefield, P. and Norton, L., 2008. Habitat Connectivity-Developing an indicator for UK and country level reporting. Phase 1 Pilot Study contract report to Defra. Forest Research & Centre for Ecology & Hydrology.
- With, K.A., 2002. Landscape Connectivity and Metapopulation Dynamics. 08-227, In *Learning landscape ecology: A practical guide to concepts and techniques*. (Eds) S.E. Gergel and M.G. Turner. Springer- Verlag. New York.
- Yang, X., Wang, L., Wu, T. and Qiu, Q., 2017. Ecological risk assessment based on road network development analysis of Xiamen city, China. *International Journal of Sustainable Development & World Ecology*, 25(5), pp.458-467.
- Zhang, L., Dong, T., Xu, W. and Ouyang, Z., 2015. Assessment of habitat fragmentation caused by traffic networks and identifying key affected areas to facilitate rare wildlife conservation in China. *Wildlife Research*, 42(3), pp.266-279.

Antimicrobial Potential of *Usnea longissima* Ach. Lichen Against Human Pathogens

Usnea longissima Ach. Likeninın İnsan Patojenlerine Karşı Antimikrobiyal Potansiyeli

Kadir KINALIOĞLU^{1,a}, Sinem AYDIN*^{1,b}, Bahar BİLGİN SÖKMEN^{2,c}

¹Giresun University, Faculty of Science and Arts, Department of Biology, Giresun University, 28100, Giresun

²Giresun University, Faculty of Science and Arts, Department of Chemistry, Giresun University, 28100, Giresun

• Geliş tarihi / Received: 18.02.2019 • Düzeltilerek geliş tarihi / Received in revised form: 05.07.2019 • Kabul tarihi / Accepted: 12.07.2019

Abstract

Lichens are a symbiotic associations between a fungus and algae and/or cyanobacteria. Lichens use as food and dye source, air pollution indicator, medicinal and decoration. In this study, antimicrobial activity of ethyl acetate and ethanol extracts of *Usnea longissima* Ach. lichen was searched by disc diffusion method. While inhibition zones range from 14.5 mm to 24.5 mm for bacteria, inhibition zones range from 10 mm to 32 mm for fungi. Lichen extracts exhibited higher activity than gentamicin and tetracycline but they showed similar activity to nystatin. The MIC values of the extracts varied between 2-117 µg/mL against bacteria; while the MIC values of the extracts varied between 4-59 µg/mL against fungi. According to the obtained results, it could be said that *U. longissima* might be an alternative to synthetic antimicrobial agents.

Keywords: Antimicrobial activity, Lichen, Microorganism

Öz

Likenler bir mantar ve bir alg ve/ya da siyanobakteri arasındaki simbiyotik birlikteliklerdir. Likenler besin ve boya kaynağı, hava kirliliği indikatörü, tıbbi ve dekorasyon amaçlı kullanılmaktadır. Bu çalışmada, *Usnea longissima* Ach. likeninin etanol ve etil asetat ekstraktlarının antimikrobiyal aktiviteleri disk difüzyon metodu ile araştırıldı. Bakteriler için inhibisyon zonları 14.5 mm ve 24.5 mm arasında değişirken; mantarlar için 10 mm ve 32 mm arasında değişmektedir. Liken ekstraktları gentamisin ve tetrasiklinden daha yüksek ve nistatine benzer aktivite göstermiştir. Ekstraktların bakterilere karşı MİK değerleri 2-117 µg/mL arasında değişirken; mantarlara karşı MİK değerleri 4-59 µg/mL arasında değişmektedir. Elde edilen sonuçlara göre, *U. longissima*'nın sentetik antimikrobiyal ajanlara alternatif olabileceği söylenebilir.

Anahtar kelimeler: Antimikrobiyal aktivite, Liken, Mikroorganizma

*^b Sinem AYDIN; sinem.aydin@giresun.edu.tr; Tel: (0454) 310 40 41; orcid.org/0000-0002-0484-7191

^a orcid.org/0000-0001-6564-7778

^c orcid.org/0000-0003-3904-8178

1. Introduction

Antibiotics provide the first therapy of microbial infections. When the discovery of these medicines as chemotherapeutic agents it was thought that this would guide to wipe out spreading infectious diseases. Recently, most of the microorganisms gained resistance current antibiotics. Therefore, there is a perpetual and urgent requirement to find brand antimicrobial compounds which possess various chemical structures and new mechanisms of action (Amenu, 2014).

Medicinal plants symbolize natural alternatives to synthetic antimicrobial agents. Plants are utilized medicinally in worldwide. A wide range of medicinal plant is utilized for extraction as raw drugs. Moreover, medicinal plants are trusted to be significant source of brand chemical substances with potential therapeutic actions. The secondary compounds of plants might be utilized as intermediates for the production of brand drugs (Chandra, 2013).

Lichen is a symbiotic association between a fungus and algae and/or cyanobacteria. They are used as food and dye source, air pollution indicator, medicinal and decoration. *Usnea longissima* is one of the medical lichens used in the treatment of bone fractures and sprains, in the treatment of leg injuries and ulcers (Atalay et al., 2011). Moreover, *U. longissima* is used as an expectorant, wound dressing material and nose bleed in various parts of the world (Ağar et al., 2011). *U. longissima* is currently used for the treatment of tuberculous lymphadenitis (Hobbs, 1990). *U. longissima* has antiulcerogenic effect on stomach ulcer model induced by indomethazine

(Halici et al., 2005). *U. longissima* was used as an expectorant and a powder application to treat external ulcers in the name “Sun-Lo” by the Chinese. Moreover, it is also a major ingredient of Chinese medicine. In the Bolivian Andes, *U. longissima* is used as a medicine to heal cough and hoarseness. It has been used for stimulating menstruation or induce abortion by Unani medicine (Prateeksha et al., 2016).

It was aimed to investigate antimicrobial potential of ethyl acetate and ethanol extracts of *U. longissima* against *Salmonella enterica* serovar *typhimurium* ATCC 14028, *Proteus vulgaris* FMC 1, *Enterobacter aerogenes* CCM 2531, *Yersinia pseudotuberculosis* (laboratory isolate), *Escherichia coli* ATCC 35218, *Gordonia rubripertincta* (laboratory isolate), *Staphylococcus aureus* ATCC 25923, *Bacillus subtilis* IMG 22, *Enterococcus faecalis* ATCC 29212, *Bacillus cereus* 702 ROMA, *Saccharomyces cerevisiae*, *Candida tropicalis* ATCC 13803 and *Candida albicans* FMC 17.

2. Material and Methods

2.1. Collection and Identification of Lichen Material

Lichen samples (Figure 1) were collected from the trunks of coniferous tree from Dereli district in the province of Giresun in 2017. Collected lichen specimens was dried at room temperature and identified as *Usnea longissima* Ach. according to the Brodo et al. (2001). The voucher samples deposited in the herbarium of the Biology Department, Faculty of Science and Arts, Giresun University, Giresun, Turkey).



Figure 1. *Usnea longissima* Ach.

2.2. Lichen Extraction

Soxhlet apparatus was used to obtain of lichen extracts. 25 g of the powdered sample was extracted with 250 mL ethyl acetate and ethanol solvents, separately. The extraction process followed by filtration with Whatman filter paper no 1. Then, the filtered extract concentrated in vacuum at 40 °C using a rotary evaporator (Kumar et al., 2012).

2.3. Microorganisms

5 Gram (+), 5 Gram (-) bacteria and 3 fungi were used in this study. *Salmonella enterica* serovar *typhimurium* ATCC 14028, *Staphylococcus aureus* ATCC 25923 and *Saccharomyces cerevisiae* were provided by Giresun Province Control Laboratory. *Proteus vulgaris* FMC 1, *Enterobacter aerogenes* CCM 2531, *Bacillus subtilis* IMG 22, *Candida tropicalis* ATCC 13803 and *Candida albicans* FMC 17 were provided by Fırat University. *Escherichia coli* ATCC 35218 was provided by Giresun University. *Yersinia pseudotuberculosis* (laboratory isolate) and *Gordonia rubripertincta* (laboratory isolate) were provided by Yeditepe University. *Enterococcus faecalis* ATCC 29212 and *Bacillus cereus* 702 ROMA were provided by Recep Tayyip Erdoğan University.

2.4. Antimicrobial Activity

The antimicrobial potential of the extracts of *U. longissima* was identified by disc diffusion assay. Each lichen extract was dissolved in dimethyl sulfoxide (DMSO) (2.5% concentration) at 30 mg/mL concentration. Dissolved extracts were sterilized through 0.45 µm pore sized filter. Gentamicin and tetracycline were used as standard antimicrobial agent. The turbidity of bacterial suspensions was adjusted 0.5 Mc Farland standards (10^8 CFU/mL), then, the bacterial suspension inoculated into MHA plates and allowed to dry. Discs (5 mm diameter) were put onto the inoculated agar. 25 µL ethyl acetate extract of *U. longissima*, 25 µL ethanol extract of *U. longissima* and 25 µL DMSO were added to discs, separately. The inoculated plates were left in refrigerator for one hour then plates were incubated at 37 °C overnight. Diameters of zones were measured. The sensitivity of the microorganisms to the studied lichens was revealed by measuring the inhibitory zones size on the agar surface around the discs (Murray et al., 1995; Sarić et al., 2009).

Antifungal activity was determined by disc diffusion method with Sabaroud Dextrose Agar (SDA) and Sabaroud Dextrose Broth (SDB). The procedure which was used in bacteria was used to determine antifungal activity except for the turbidity of fungal suspensions were adjusted 0.5 Mc Farland standard (10^7 CFU/mL) (Ertürk, 2006). Nystatin was used as standard antifungal agent. Discs were put (5 mm diameter) onto the agar and 25 µL ethyl acetate extract of *U. longissima*, 25 µL ethanol extract of *U. longissima* and 25 µL DMSO were added to discs, separately. Plates were incubated at 35 °C for 48 h. Diameter of inhibition zones were measured in millimeters (Ünal et al., 2008). All the antimicrobial tests were carried twice.

The macrobroth dilution method was used to determine MIC values. Firstly, the 96 well plates were prepared by dispensing into each well 95 µL of Mueller Hinton Broth and 5 µL of the inoculums. 100 µL (prepared at 30 mg/mL concentration) ethyl acetate and ethanol extracts of *U. longissima* initially prepared at the concentration of 1 mg mL⁻¹ was added into the first wells. Then, 100 µL from their serial dilutions were added into seven consecutive wells. This 96 well plate was incubated at 37 °C for bacteria overnight and 35 °C for 48 h for fungi. The MIC was expressed as the lowest concentration of the test compounds to inhibit the growth of microorganisms (Güllüce et al., 2004).

3. Results and Discussion

Plants are advantageous because of containing various compounds with healthy effects. Both essential oils of these plants and their extracts are useful in the treatment of many infectious diseases in the respiratory and gastrointestinal system, urinary tract. Because of the negative effects of antibiotics, increased resistance of antibiotics and the high production cost of generation of chemical compounds, drug companies are searching for brand alternatives. Some scientists stated that medicinal plants might be utilized in pharmaceutical industry. Rising awareness of people towards natural food and natural therapies seems to an alternative (Keskin et al., 2010).

The current study was performed to gain preliminary knowledge on the antimicrobial activity of *U. longissima*. Antimicrobial activity of the lichen extracts were determined by Kirby-Bauer technique of disc diffusion method. Minimum inhibitory concentration was taken out by Broth micro dilution method according to the

NCCLS guidelines. Antimicrobial activity of the tested lichen extracts was demonstrated in Table 1. Both ethanol and ethyl acetate extracts of *U. longissima* exhibited no activity against *Y. pseudotuberculosis*, *E. coli* and *S. enterica* serovar *typhimurium*. The extracts showed higher effect than the commercial antibiotic tetracycline and gentamicin, although extracts showed similar activity with standard antifungal agent nystatin.

While the inhibition zones of the test bacteria were found ranged from 14.5 mm to 24.5 mm, the inhibition zones were detected ranged from 10 mm to 32 mm for fungi. Generally, gram (-) bacteria were more resistant than gram (+) bacteria against the lichen extracts. This situation might be arisen from the difference of cell wall in gram (+) and gram (-) bacteria.

Table 1. Inhibition zones of the tested extracts (mm)

Microorganism	EU	EAU	DMSO	Tetra	Genta	Nys
<i>S. aureus</i>	14.5	16	NA	17.5	19	NA
<i>B. subtilis</i>	23	21	NA	13	16	NA
<i>Y. pseudotuberculosis</i>	NA	NA	NA	NA	19	NA
<i>E. aerogenes</i>	21	22.5	NA	9.5	15	NA
<i>B. cereus</i>	25	21.5	NA	13	17.5	NA
<i>P. vulgaris</i>	23.5	24.5	NA	12.5	17	NA
<i>E. faecalis</i>	21	20.5	NA	NA	16.5	NA
<i>E. coli</i>	NA	NA	NA	14.5	17.5	NA
<i>S. enterica</i> serovar <i>typhimurium</i>	NA	NA	NA	14	17	NA
<i>G. rubripertincta</i>	17	18	NA	16	22	NA
<i>C. tropicalis</i>	27	25	NA	NA	NA	30
<i>C. albicans</i>	32	29.5	NA	NA	NA	30
<i>S. cerevisiae</i>	13	10	NA	NA	NA	13

EU: Ethanol extract of *U. longissima*; EAU: Ethyl acetate extract of *U. longissima*; NA: No Activity; Tetra: Tetracycline (10 µg/disc); Gen: Gentamicin (10 µg/disc); Nys: Nystatin (100 µg/disc)

Table 2 represents MIC values of the test extracts. The MIC values of the extract varied between 2-117 µg/mL against bacteria; while The MIC

values of the extract varied between 4-59 µg/mL against fungi. Lichen extracts exhibited higher activity against fungi than bacteria.

Table 2. Results of MIC values of the extracts (µg/ml)

Microorganism	EU	EAU	Microorganism	EU	EAU
<i>S. aureus</i>	59	117	<i>E. faecalis</i>	29	59
<i>B. subtilis</i>	2	2	<i>G. rubripertincta</i>	59	117
<i>E. aerogenes</i>	7	14	<i>C. tropicalis</i>	7	4
<i>B. cereus</i>	14	29	<i>C. albicans</i>	59	7
<i>P. vulgaris</i>	14	7	<i>S. cerevisiae</i>	59	29

Similar reports on antimicrobial effects of *U. longissima* are available in the literature. For example, Maulidiyah et al. (2016) investigated chloroform fraction of *U. longissima* and it concluded that there was activity against *E. coli*, *S. aureus* and *S. typhi*. In contrast of this study, we found antimicrobial activity of ethanol and ethyl acetate extracts of *U. longissima* against *E. coli* and *S. typhimurium*. This difference could be related with collecting lichen samples from different locations and using different extract amounts and types. Kamal et al. (2015) searched antibacterial activity of ethanol and methanol extracts of *Usnea* sp. which collected from India against *S. aureus*, *P. aeruginosa*, *K. pneumoniae*,

S. typhi and *E. coli*. They found activity in both ethanol and methanol extracts of *Usnea* sp. against *S. aureus*, *E. coli* and *S. typhi*. However, in our study we found no activity against *E. coli* and *S. enterica* serovar *typhimurium* but we detected activity against *S. aureus*. This situation might be arisen from collecting lichens in different locations. Rauf et al. (2011) stated that hydroalcoholic and ethanolic extracts of *U. longissima* possess significant antibacterial property towards *S. aureus*, *B. cereus*, *E. coli* and *P. vulgaris*. In our survey, we also found activity for *S. aureus*, *B. cereus* and *P. vulgaris*; but no activity against *E. coli*. Dandapat and Paul (2015) investigated antimicrobial activity of *Usnea*

longissima against *E. coli*, *S. aureus* and *S. typhi*. Siddiqi et al. (2018) searched antimicrobial activity of silver nanoparticles using aqueous-ethanolic extract of *Usnea longissima*. Thippeswamy et al. (2011) revealed that ethanolic extract of *U. longissima* had activity against *S. aureus*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Klebsiella pneumoniae*, *Shigella dysenteriae*, *Salmonella typhimurium*, *E. coli*, *Trichoderma viridi* and *C. albicans*. Cansaran et al. (2006) determined that acetone extract of *U. longissima* had activity against *B. subtilis* and *B. megaterium* but had no activity against *E. coli*, *E. faecalis*, *P. mirabilis*, *S. aureus* and *P. aeruginosa*. In contrast to this study, we found activity against *S. aureus*, *B. subtilis* and *E. faecalis*. In this study, we found no activity against *E. coli*. Koçer et al. (2014) searched antimicrobial activity of hydroxyphenylimino ligands and their metal complexes of usnic acid isolated from *U. longissima*. It was concluded that the ligands and their complexes of the ligands exhibited between 11 mm to 32 mm inhibition zones against test microorganisms. The power of antimicrobial action depends on extract type, concentration of used extract and the tested microorganisms (Srivastava et al., 2013).

4. Conclusions

The obtained results revealed that ethyl acetate and ethanol extracts of *U. longissima* possess important antimicrobial activity against the tested bacteria and fungi which have significance in human therapy, animal and plant diseases. Further studies about antimicrobial activity as well as the isolation of the metabolites from the *U. longissima* lichen are needed. Therefore, the antimicrobial effect of lichen tested might be explained with new and broad studies by utilizing various solvents for extraction.

Acknowledgement

This study was supported by Giresun University Scientific Project (Project No: FEN-BAP-A140316-62).

References

- Ağar, G., Aslan, A., Sarıoğlu, E.K., Alpsoy, L. and Çeker, S., 2011. Protective activity of the methanol extract of *Usnea longissima* against oxidative damage and genotoxicity caused by aflatoxin B₁ in vitro. Turkish Journal of Medical Sciences, 41 (6), 1043-1049.
- Amenu, D., 2014. Antimicrobial activity of medicinal plant extracts and their synergetic effect on some selected pathogens. American Journal of Ethnomedicine, 1(1), 18-29.
- Atalay, F., Halıcı, M.B., Mavi, A., Çakır, A., Odabaşoğlu, F., Kazaz, C., Aslan, A. and Küfrevioğlu, Ö.İ., 2011. Antioxidant phenolics from *Lobaria pulmonaria* (L.) Hoffm. and *Usnea longissima* Ach. lichen species. Turkish Journal of Chemistry, 35, 647 – 661.
- Brodo, I.M., Sharnoff, S. and Sharnoff, S., 2001. Lichens of North America: London, Yale University Press, 795p.
- Cansaran, D., Kahya, D., Yurdakulol, E. and Atakol, O., 2006. Identification and quantification of usnic acid from the lichen *Usnea* species of Anatolia and antimicrobial activity. Zeitschrift für Naturforschung, 61c, 773-776.
- Chandra, M., 2013. Antimicrobial activity of medicinal plants against human pathogenic bacteria. International Journal of Biotechnology and Bioengineering Research, 4(7), 653-658.
- Dandapat, M. and Paul, S., 2019. Secondary metabolites from lichen *Usnea longissima* and its pharmacological relevance. Pharmacognosy Research, 11(2), 103-109.
- Ertürk, Ö., 2006. Antibacterial and antifungal activity of ethanolic extracts from eleven spice plants. Biologia Bratislava, 61, 275-278.
- Güllüce, M., Adıgüzel, A., Ögütçü, H., Şengül, M., Karaman, İ. and Şahin, F., 2004. Antimicrobial effects of *Quercus ilex* L. extract. Phytotherapy Research, 18, 208- 211.
- Halıcı, M., Odabasoglu, F., Suleyman, H., Cakir, A., Aslan, A. and Bayir, Y., 2005. Effects of water extract of *Usnea longissima* on antioxidant enzyme activity and mucosal damage caused by indomethacin in rats. Phytomedicine, 12, 656-662.
- Hobbs, C. 1990. *Usnea*: The Herbal Antibiotic and Other Medicinal Lichens: California, Botanica Press, 20p.
- Kamal, S., Manish, S., Savita, J. and Jasumati, 2015. Assessment of antibacterial activity of *Usnea* species of Shimla Hills. International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences, 4(7), 413-425.
- Keskin, D., Oskay, D. and Oskay, M., 2010. Antimicrobial activity of selected plant spices marketed in the West Anatolia. International Journal of Agriculture and Biology, 12, 916–920.

- Koçer, S., Uruş, S., Çakır, A., Güllüce, M., Dıġrak, M., Alan, Y., Aslan, A., Tümer, M., Karadayı, M., Kazaz, C. and Dal, H., 2014. The synthesis, characterization, Antimicrobial and antimutagenic activities of hydroxyphenylimino ligands and their metal complexes of usnic acid isolated from *Usnea longissima*. Dalton Transactions, 43, 6148-6164.
- Kumar, S., Dhankhar, S., Arya, V.P., Yadav, S. and Yadav, J.P., 2012. Antimicrobial activity of *Salvadora oleoides* Decne. against some microorganisms. Journal of Medicinal Plants Research, 6 (14), 2754-2760.
- Maulidiyah, I., Muntu, W. and Nurdin, M., 2016. Secondary metabolites identification from *Usnea longissima* Ach.: Bioactivity test of antibacterial. International Journal of Applied Chemistry, 12(3), 347-357.
- Murray, P.R., Baron, E.J., Pfaller, M.A., Tenovar, F.C. and Tenover, R.H., 1995. Manual of Clinical Microbiology: Washington DC., ASM Press, 1482p.
- Prateeksha, Paliya, B.S., Bajpai, R., Jadaun, V., Kumar, J., Kumar, S., Upreti, D.K., Singh, B.R., Nayaka, S., Joshi, Y. and Singh, B.N., 2016. The genus *Usnea*: a potent phytomedicine with multifarious ethnobotany, phytochemistry and pharmacology. RSC Advances, 6, 21672-21696.
- Rauf, A., Latif, A., Rehman, R. and Afaq, S.H., 2011. In-vitro antibacterial screening of extracts of *Usnea longissima* lichen. International Journal of Applied Biology and Pharmaceutical Technology, 2(2), 14-18.
- Šarić, Ć.L., Ćabarkapa, S.I., Beljkaš, M.B., Mišan, Ć.A., Sakać, B.M. and Plavšić, V.D., 2009. Antimicrobial activity of plant extracts from Serbia. Food Processing, Quality and Safety, 1(2), 1-5.
- Siddiqi, K.S., Rashid, M., Rahman, A., Tajuddin, Husen, A. and Rehman, S., 2019. Biogenic fabrication and characterization of silver nanoparticles using aqueous ethanolic extract of lichen (*Usnea longissima*) and their antimicrobial activity. Biomaterials Research, 22, 23-32.
- Srivastava, P., Upreti, D.K., Dhole, T.N., Srivastava, A.K. and Nayak, M.T., 2013. Antimicrobial property of extracts of Indian lichen against human pathogenic bacteria. Interdisciplinary Perspectives on Infectious Diseases, 10, 1155-1161.
- Thippeswamy B., Naveenkumar K.J., Bodharthi J.G. and Shivaprasad S.R., 2011. Antimicrobial activity of ethanolic extract of *Usnea longissima*. Journal of Experimental Sciences, 2(12), 01-03.
- Ünal, M.Ü., Uçan, F., Şener, A. and Dinçer, S., 2008. Research on antifungal and inhibitory effects of DL-limonene on some yeasts. Turkish Journal of Agricultural Forestry, 36, 576-582.

Hastane Patojenlerinin Ticari Uçucu Yağlara Karşı Hassasiyetlerinin Belirlenmesi

Determination of Sensitivity of Hospital Pathogens Against Commercial Essential Oil

Tuğça BİLENLER^{*a}, İncilay GÖKBULUT^b

İnönü Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, 44280, Malatya

• Geliş tarihi / Received: 08.03.2019 • Düzeltilecek geliş tarihi / Received in revised form: 03.07.2019 • Kabul tarihi / Accepted: 17.07.2019

Öz

Hastaneler, tanı ve tedavi amaçlı antibiyotiklerin yoğun şekilde kullanıldığı dolayısıyla bakteri ve mayaların direnç kazanımlarının ve dirençli suşların yayılımının en sık yaşandığı ortamlardır. Antibiyotik direncine sahip mikroorganizmaların sayısındaki artış, mikroorganizma kaynaklı enfeksiyon tedavilerini olumsuz etkilemekte ve ilaçlara alternatif olarak tıbbi bitkilerin (ekstrakt ve uçucu yağlarının) kullanımı gündeme gelmektedir. Çalışmada, hastane ortamında gelişen dört patojen bakteri (*Staphylococcus aureus*, *Bacillus cereus*, *Escherichia coli* ve *Salmonella* spp.) ve bir mayaya (*Candida albicans*) karşı tıbbi amaçlı kullanılan, ticari on bir bitki uçucu yağının antimikrobiyal aktivitelerini belirlemek amaçlanmıştır. Çalışmada broth dilüsyon ve oyuk agar teknikleri kullanılmıştır. Bergamot (*Citrus bergamia*) ve Isırgan otu (*Urtica dioica*) uçucu yağlarının minimum inhibisyon konsantrasyonlarının (MIK) Gram pozitif bakterilere karşı oldukça düşük olduğu (62.5 µL/mL), Gram negatif bakteriler üzerinde ise test edilen on bir bitki uçucu yağının antimikrobiyal aktivitesinin orta düzeyde (125-500 µL/mL) kaldığı saptanmıştır. Adaçayı (*Salvia officinalis*), Bergamot, Çam terebentin (*Pinus terebenthinae*), Isırgan otu uçucu yağlarının oyuk agar test sonuçlarında Gram pozitif bakteriler üzerinde (13-30 mm) Gram negatiflere (8-18 mm) kıyasla daha etkin olmakla birlikte her iki bakteri grubu üzerinde etkili olduğu, pelesenk ve Sedir ağacı (*Cedrus libani*) uçucu yağlarının test edilen mikroorganizmalar üzerinde inhibisyon zonu oluşturmadığı, diğer test edilen uçucu yağların ise sadece Gram pozitif bakteriler üzerinde etkili olduğu belirlenmiştir. *C. albicans* inhibisyonunun sadece Bergamot uçucu yağı ile gerçekleştiği (500 µL/mL) belirlenmiştir. Pelesenk (*Copaifera officinalis*) uçucu yağının test edilen mikroorganizmalar üzerinde herhangi bir aktivite sergilemediği saptanmıştır. Bu çalışmanın tespit edilen antimikrobiyal aktiviteler sebebi ile uçucu yağların mikroorganizmalar ile mücadele etmede tamamlayıcı ve alternatif çözümler sunacağı, ayrıca bu çalışmanın uçucu yağların antimikrobiyal etki mekanizmalarının tanımlanmasını konu alan çalışmalara katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

Anahtar kelimeler: Antimikrobiyal, MIK, Patojen bakteri, Tıbbi bitki, Uçucu yağ

Abstract

Hospitals are the places where antibiotics for diagnosis and treatment are heavily used thus bacteria and yeast resistance gains and the spread of resistant strains are the most frequent environments. The increase in the number of antibiotic resistant microorganisms adversely affects the infection treatments caused by the microorganism and for this reason, the use of medicinal plants (extracts and essential oils) as an alternative to drugs is becoming widespread.

The aim of this study is to determine the antimicrobial activity of the eleven plant essential oils against the four pathogenic bacteria (*Staphylococcus aureus*, *Bacillus cereus*, *Escherichia coli*, *Salmonella* spp.) and yeast (*Candida albicans*). Broth dilution and well agar techniques were used in this study. The minimum inhibitory concentration (MIC) of Bergamot (*Citrus bergamia*) and Nettle (*Urtica dioica*) essential oils was found to be low (62.5 µL/mL), against Gram positive bacteria and the antimicrobial activity of eleven plant essential oils tested on Gram negative bacteria was found to be moderate (125-500 µL/mL). In well agar test results, sage (*Salvia officinalis*), Bergamot, *Pinus terebenthinae*, *Urtica dioica* were more effective on Gram positive bacteria (13-30 mm) than Gram negative bacteria (8-18 mm) while *Copaiba* and *Cedrus libani* were not show any inhibition zone on tested microorganisms and other tested essential oils have antimicrobial activity against only Gram positive bacteria. It was determined that *C. albicans* inhibition occurred only with Bergamot essential oil (500 µL / mL). Rosewood (*Copaifera officinalis*) essential oil has not been found to exhibit any activity on the all microorganisms tested. It was thought that essential oils will provide complementary and alternative solutions to combat microorganisms due to the antimicrobial activity detected, and this study will contribute to the studies on the identification of antimicrobial action mechanisms of essential oils.

Keywords: Antimicrobial, MIC, Pathogen bacteria, Medicinal plant, Essential oil

^{*a}Tuğça BİLENLER; tugca.bilenler@inonu.edu.tr; Tel: ((0544) 408 04 80); orcid.org/ 0000-0001-7831-6337

^borcid.org/ 0000-0003-4994-5788

1. Giriş

Enfeksiyon hastalıklarının insan ölümlerine sebep olma yüzdesi ülkelerin gelişmişlik seviyesine bağlı olarak değişiklik göstermekle birlikte oldukça yüksektir. Patojen mikroorganizmalar arasında antimikrobiallere karşı direncin yaygınlaşması mikrobiyal hastalıkların tedavisinde ciddi tehdit oluşturmaktadır. Gelişen bu olumsuz eğilim enfeksiyon hastalıklarının tedavisinde ya da önlenmesinde yeni stratejilere ihtiyaç duyulmasına neden olmuştur (Maurice vd., 1990). Dirençli olan ve/ya da olmayan mikroorganizmalar ile mücadele etmede doğal ürün kaynağı olarak bitki ekstraktlarının ve uçucu yağlarının kullanımı alternatif çözümler sunmaktadır. Dünya Sağlık Örgütü (WHO) raporlarına göre dünya nüfusunun önemli bir kısmı öncelikli sağlık hizmetinde geleneksel tedavi uygulamalarını kullanmaktadır. Doğal organik bileşenlerin önemli kaynağı olan tıbbi ve aromatik bitkiler tamamlayıcı tıpta önemli bir yer tutmaktadır (Prabuseenivasan vd., 2006). İnsanlığın ilk çağlarından itibaren tedavi amaçlı kullanılan tıbbi bitkilerin yapılarında barındırdığı zengin biyo-moleküller sayesinde, sentetik ilaçlara kıyasla yan etkilerinin de daha az olması nedeni ile mevcut antimikrobiallere alternatif olabileceği bildirilmektedir (Faydalıoğlu ve Sürücüoğlu, 2011). Günümüzde çeşitli hastalıkların tedavisinde kullanılan maddelerin %80'i bitkisel kökenlidir. Bitkiler, büyük bir kimyasal çeşitlilik ve biyoaktivite sağlar, bunun araştırılması yüzlerce farmasötik ilacın gelişmesine yol açmıştır (Solmaz ve Ata, 2009).

Uçucu yağ olarak da isimlendirilen esansiyel yağlar bitkilerin farklı kısımlarından (çiçek, dal, tohum, yaprak, kök ve meyve gibi) distilasyon, ekstraksiyon, ekspresyon ve fermantasyon gibi farklı tekniklerle elde edilen yağimsı sıvılardır. Yaklaşık 3000 uçucu yağ olduğu bilinmekte ve bunların 300'e yakınının ticari olarak satıldığı tahmin edilmektedir (Prabuseenivasan vd., 2006). Uçucu yağların kimyasal yapılarında birden fazla bileşen bulunduğu, fakat majör grubun terpen ve terpenlerin oksijene edilmiş türevlerinden oluştuğu ve söz konusu bu bileşenlerin esansiyel yağlara fonksiyonlute (antimikrobiyal, antioksidan, ant,-proliferatif vb.) kazandırdığı bildirilmiştir (Maurice vd., 1990; Prabuseenivasan vd., 2006).

Antibiyotik direncine karşı bir alternatif çözüm sunmak amacı ile kullanılan bitki sayısı oldukça fazladır. Söz konusu bitkiler arasında taşıdığı potansiyel antimikrobiyal aktivite bakımından öne

çıkanlar arasında *Pinus terebenthinae* (çam terebentin), *Copaifera officinalis* (pelesenk), *Salvia officinalis* (adaçayı), *Cedrus libani* (sedir ağacı), *Aesculus hippocastanum* (at kestanesi), *Hypericum perforatum* (kantaron), *Santalum album* (sandal ağacı), *Foeniculum vulgare* (rezene), *Lavandula stoechas* (karabaş otu), *Urtica dioica* (ısırgan otu) ve *Citrus bergamia* (bergamot) yer almaktadır.

Pinaceae familyası, Pinus cinsine ait olan çam terebentin (*Pinus terebenthinae*) bitkisinin yağı terebentin ya da çam odununun distilasyonundan elde edilmektedir. Uçucu yağın majör bileşeni (%90) pinendir (%60 α -pinen ve %30 β -pinen). Yağın güçlü antimikrobiyal etkisinin yanı sıra romatizmal ağrılara karşı, ciltte kan toplayıcı olarak ve veteriner hekimliğinde haricen ağrı kesici, ayrıca balgam söktürücü ve göğüs yumuşatıcı olarak kullanıldığı bildirilmiştir (Süzgeç-Selçuk ve Eyişan, 2012). Pelesenk (*Copaifera officinalis*), Copaifera cinsine ait ağaç gövdelerinden elde edilen şeffaf, sarı ya da açık kahverengi bir sıvıdır (Veiga-Junior ve Pinto, 2002). Pelesenk yağının antimikrobiyal, anti-enflamatuvar, anti-tetanoz, anti-tümör, anti-blenoraji ve idrar antiseptik aktivitelerinin yanı sıra bronşit, deri hastalıkları, ülser tedavisinde kullanıldığı rapor edilmiştir (Gomes vd., 2007). Adaçayı (*Salvia officinalis*) Lamiaceae familyasına ait bir bitki olup, kurutulmuş yaprakları ve uçucu yağı birçok yiyecek ve içeceklerde aroma verici olarak kullanılmaktadır. Bitkinin antibakteriyal, fungustatik, virüstatik, damar büzücü ve antihidrotik gibi pek çok biyolojik aktiviteye sahip olduğu bildirilmiştir (. Keshavarz vd., 2010). Pinaceae familyası, Cedrus cinsine ait olan Sedir ağacı (*Cedrus libani*) uçucu yağının antifungal, antibakteriyal, antiviral, anti-enflamatuvar aktivite sergilediği rapor edilmiştir (Derwich vd., 2010). *Aesculus hippocastanum* L. yaygın olarak at kestanesi olarak bilinen yenilebilir kestane (*Castanea sativa* Mill) ile sadece isim benzerliği olan bit bitkidir. At kestanesi meyveleri, yaprakları ve kabukları karbonhidratlar, saponinler, tanenler, flavonoidler, fenolikler bakımından zengindir (Colak vd., 2017). At kestanesi bitki ekstraktının gıda kaynaklı bakterilere karşı antimikrobiyal etkinliğini belirlemek için yapılan çalışmada test edilen tüm bakterilere, özellikle de tüm Gram-negatif bakterilere karşı yüksek antimikrobiyal aktivite gösterdiği belirlenmiştir (Bonomo vd., 2004). Clusiaceae familyası, Hypericum cinsine ait olan kantaron (*Hypericum perforatum* L) ekstraktının özellikle Gram pozitif bakteriler üzerinde antibakteriyal etki sergilediği

belirtilmiştir (Reichling vd., 2001). Santalaceae familyasından olan sandal ağacı (*Arbutus andrachne*), hoş kokulu ve tropik bir ağaçtır. Bitkinin kuvvetli antioksidan etkisinin yanı sıra, çeşitli mikroorganizmalar üzerinde oldukça güçlü antimikrobiyal aktivite sergilediği saptanmıştır (Faydahoğlu ve Sürücüoğlu, 2011). Rezene (*Foeniculum vulgare* Miller), Apiaceae familyasına ait bir bitki olup, geleneksel tıpta uzun bir bitkisel kullanım geçmişine sahiptir. Geleneksel olarak rezene tohumu anti-inflamatuar, analjezik, karminatif, diüretik ve spazm önleyici ajanlar olarak kullanılır (Anwara vd., 2009). Lamiaceae familyasından olan karabaş otu (*Lavandula stoechas*) L., aromatik bir bitkidir. Antiseptik, antimikrobiyal ve yara iyileştirici etkilerinin yanı sıra bir çak hastalığının tedavisinde yüzyıllardır kullanılmaktadır (Öztürk, 2005). Urticaceae familyasına ait olan ısırgan otu (*Urtica dioica*) farmakolojik açıdan çok önemli aktiverler (antioksidan, antiinflamatuar, antiülser, anti kolit, antiviral, antikanser, antibakteriyel ve antifungal) sergilemektedir (Bhuwan, 2014). Rutaceae familyasına ait olan bergamot (*Citrus bergamia*) uçucu yağının güçlü antimikrobiyal etki sergilediği rapor edilmiştir (Pessini, 2003).

2. Amaç

Patojen mikroorganizmaların direnç kazanımları ve direncin yaygınlaşmasındaki hız nedenleri ile mikroorganizmalar ile mücadele etmede zorlu bir süreç başlamıştır. Tıbbi değeri olan bitkiler bu süreçte alternatif ve tamamlayıcı roller üstlenmeleri bakımından dikkat çekmektedir. Bitkilerin sekonder metaboliti olan uçucu yağların antimikrobiyal etkileri geçmişten günümüze yaygın bir uygulama alanına sahiptir. Uçucu yağların üretimi evsel ölçekte oldukça zor bir işlem olduğundan, elde edimlerinde genellikle ticari olarak satın alma yolu izlenmektedir. Bu nedenlerle çalışmadaki amacımız, ticari olarak satılan ve pek çok kişinin rahatlıkla erişebileceği tıbbi değeri olan uçucu yağların hastane patojenleri üzerindeki etkilerini belirlemek ve dolayısı ile kontrollü koşullarda alınan bilgiler ışığında söz konusu yağların daha güvenli ve etkin kullanımlarını sağlamaktır.

3. Gereç ve Yöntem

3.1. Kimyasallar

Aksi belirtilmedikçe çalışmada kullanılan tüm kimyasal standart ve solventler Sigma-Aldrich'ten (Steinheim, Germany) temin edilmiştir.

3.2. Uçucu Yağlar

On bir farklı uçucu yağ Malatya'da yöresel bir marketten temin edilmiştir. Söz konusu uçucu yağlar literatür taraması ve geleneksel tıpta kullanımları temelinde seçilmiştir. Kullanılan yağların saflık derecesi %98'den daha fazladır.

3.4. Test organizmaları ve büyüme koşulları

Antimikrobiyal aktivite testlerinde kullanılacak mikroorganizmalar Malatya, İnönü Üniversitesi Turgut Özal Tıp Merkezi (TÖTM), Mikrobiyoloji Laboratuvarından temin edilmiştir. İki Gram pozitif (*Staphylococcus aureus*, *Bacillus cereus*), iki Gram negatif (*Escherichia coli*, *Salmonella spp.*) bir maya *Candida albicans*) kullanılmıştır. Mikroorganizmalar testlerde kullanılacağı kadar uygun agar ortamlarında (Bakteriler için, Brain Heart Infusion Agar (Merck Darmstadt, Germany), maya için Potato Dextrose Agar (Merck Darmstadt, Germany) +4°C'de bekletilmiş, antimikrobiyal testlerde stok kültür olarak kullanılmıştır.

Testlerde kullanılacak mikroorganizmaların aktif taze kültürleri (gece kültürü) hazırlanmıştır. Bu amaçla bakteriler için Mueller Hinton Broth (Merck Darmstadt, Germany), maya için Sabouraud Dextrose Broth (Merck Darmstadt, Germany) 10 mL içeren tüplere mikroorganizma ekimleri yapılmış ve bakteriler +37°C'de 24 saat, maya +27°C'de 48 saat inkübasyona bırakılmıştır. İnkübasyon süresi sonunda mikroorganizma yükü steril fizyolojik tuzlu su (FTS) yardımı ile 10⁶ koloni oluşturma birimi (KOB)/mL olacak şekilde seyreltilmiştir.

3.5. Antimikrobiyal aktivite testleri

3.5.1. Broth Dilüsyon yöntemi

Uçucu yağların antimikrobiyal aktivitesi Pessini vd., (2003) tarafından önerilen yöntemde bazı değişiklikler yapılarak uygulanmış ve antimikrobiyal aktivite mikroorganizma gelişiminin olmadığı en düşük uçucu yağ miktarı (minimum inhibisyon konsantrasyon, MİK) olarak belirlenmiştir. Uçucu yağların broth ortamında homojen dağılımını sağlamak amacı ile dimetil sulfoksit (DMSO), %10 (v/v) kullanılmıştır. Böylece %10 DMSO'lu broth (bakteriler için Mueller Hinton Broth, maya için Sabouraud Dextrose Broth) içeren tüplere her bir uçucu yağın ayrı ayrı iki katı seri dilüsyonlar 1000'den 3.9 µL/mL eklenmiştir. Taze aktif kültürleri hazırlanan bakteri ve maya kültürleri her bir test

tüpüne ayrı ayrı (10^6 kob/mL) 50 µL hacimlerde inoküle edilmiştir. İnokülasyon işlemleri tamamlanan tüpler bakteriler için $+37^\circ\text{C}$ 'de 24 saat, maya $+27^\circ\text{C}$ 'de 48 saat inkübasyona bırakılmıştır. Antimikrobiyal testlerle eş zamanlı olarak pozitif ve negatif kontroller yapılmıştır. Bu amaçla negatif kontrol olarak broth ortamına ilgili mikroorganizma ekimleri yapılmıştır, herhangi bir antimikrobiyal ajan ilavesi yapılmadan inkübasyona bırakılan test tüplerinde mikroorganizmaların sağlıklı gelişebildiği belirlenmiştir. Pozitif kontrol olarak standart antimikrobiyal ajanlar (tetrasiklin, ampicilin, gentamisin ve flukonazol) ($100 \mu\text{g/mL}$ 'den $1.56 \mu\text{g/mL}$ 'ye değişen konsantrasyonlarda) kullanılarak mikroorganizmaların herhangi bir dirence sahip olmadığı, antimikrobiyal ajanlar ile inhibe edilebileceği belirlenmiştir.

Antimikrobiyal aktivitenin broth dilüsyon yöntemi ile tespit edilmesinde indikatör olarak ρ -iodonitrotetrazolium violet (INT) mikrobiyal gelişim indikatörü olarak kullanılmıştır. Test ortamında yaşamına devam eden mikroorganizma tetrazolium violeti, violet formazana indirgemekte ve renksiz olan test tüpünde bu kimyasal reaksiyon nedeni ile kırmızı renk açığa çıkmaktadır (Eloff, 2001). İnokülasyon süresini tamamlayan test tüplerine 50 µL hacminde (0.2 mg/mL olacak konsantrasyonda steril suda hazırlanan) INT indikatörü ilave edilmiş ve tüpler 30 dk daha inkübasyona bırakılmıştır. İleri inkübasyon süresi sonunda bakteri gelişimi INT d-formazan üretimine bağlı olarak açığa çıkan kırmızı renk değerlendirmesi ile belirlenmiş, bakteri gelişiminin olmadığı en düşük uçucu yağ konsantrasyonu MİK ($\mu\text{L/mL}$) olarak belirlenmiştir.

3.5.2. Oyuk Agar yöntemi

Oyuk agar testi Irshad vd., (2012) tarafından kullanılan yöntemde hafif modifikasyonlar uygulanarak gerçekleştirilmiştir. Aktif taze kültürleri hazırlanan (10^6 kob/mL) mikroorganizmalar ($250 \mu\text{L}$) içerisinde Mueller Hinton Agar (bakteriler için) ve Sabouraud Dextrose Agar (maya için) bulduran petri plaklarına steril swap yardımı ile yayma plaka yöntemi ile yayılmıştır. Yüzeyin mikroorganizma solüsyonunu emmesine izin verildikten sonra (15 dk) steril oyuk açıcı kullanılarak (4mm çapında) oyuklar açılmış, açılan oyuklar uçucu yağ ile ($50 \mu\text{L}$) doldurulmuştur. Pozitif kontrol olarak tetrasiklin, ampicilin, gentamisin ve flukonazol (1mg/mL konsantrasyonunda steril suda hazırlanan) kullanılmış, uçucu yağ ile aynı

adımlar takip edilerek, $50 \mu\text{L}$ tetrasiklin açılan oyuklara doldurulmuştur. Hazırlanan petri kutuları 2 saat oda sıcaklığında bekletildikten sonra yüzü yukarı doğru inkübatöre yerleştirilmiş, bakteriler için $+37^\circ\text{C}$ 'de 24 saat, maya $+27^\circ\text{C}$ 'de 48 saat inkübasyona bırakılmıştır, süre sonunda oluşan inhibisyon zon çapları milimetre birimi ile ölçülmüştür.

4. Bulgular

On bir bitki uçucu yağının 5 mikroorganizmaya karşı belirlenen antimikrobiyal aktivitesi Tablo 1 ve 2'de verilmiştir. Seçilen uçucu yağların oldukça geniş bir aralıkta antimikrobiyal aktivite sergilediği görülmektedir. Pessini vd., (2003) yaptıkları çalışmalarında, antimikrobiyal ajanın MİK değeri $100 \mu\text{g/mL}$ den düşükse iyi bir antimikrobiyal, $100\text{-}500 \mu\text{g/mL}$ aralığında ise orta dereceli bir ajan, $500\text{-}1000 \mu\text{g/mL}$ aralığında ise zayıf bir antimikrobiyal aktiviteye sahip olduğu, $1000 \mu\text{g/mL}$ 'den yüksek ise herhangi bir antimikrobiyal etkiye sahip olmadığını rapor etmişlerdir. Test edilen uçucu yağlar arasında bergamot ve ısırgan otu uçucu yağının Gram pozitif bakterilere karşı ($62.5 \mu\text{L/mL}$, MİK) iyi; Gram negatif bakterilere karşı ise orta dereceli ($250\text{-}500 \mu\text{L/mL}$, MİK) bir antimikrobiyal etki sergilediği ifade edilebilir. Adaçayı, çam terebentin, rezene, sedir ağacı uçucu yağları test edilen tüm mikroorganizmalara karşı orta dereceli ($125\text{-}500 \mu\text{L/mL}$, MİK) bir antimikrobiyal etki sergilerken, pelesenk uçucu yağının test edilen beş mikroorganizmaya karşı herhangi bir etki göstermediği ($>1000 \mu\text{g/mL}$, MİK) belirlenmiştir.

On bir bitki uçucu yağına karşı yapılan hassasiyet sıralamasında ilk sırada Gram pozitif bakteriler, ikinci sırada Gram negatif bakteriler ve son sırada maya yer almaktadır. Mayanın bergamot uçucu yağı dışında diğer uçucu yağlara karşı oldukça dirençli olduğu Tablo 1'de görülmektedir. Ayrıca karabaş otu uçucu yağı dışında test edilen tüm uçucu yağlara karşı en hassas mikroorganizmanın *B.cereus* olduğu görülmektedir.

Testte negatif kontrol olarak yer alan tüplerde mikroorganizmaların, %10 DMSO'dan etkilenmeden rahatlıkla yaşayıp çoğaldığı, pozitif kontrol olarak kullanılan üç farklı standart antibakteriyel ve bir antifungal ajanın test edilen bakteriler ve maya üzerinde farklı konsantrasyonlarda ($1.56\text{-}12.25 \mu\text{g/ml}$) inhibitör etkiye sahip olduğu bir başka deyişle test edilen mikroorganizmaların her hangi bir dirence sahip olmadığı belirlenmiştir.

Tablo 1. On bir bitki uçucu yağının ve standart antimikrobiallerin broth dilüsyon yöntemi ile minimum inhibisyon konsantrasyonu (MIK)

Bitki Uçucu Yağı (µL/mL)	Mikroorganizmalar					
	Gram pozitif		Gram negatif		Maya	
	<i>S.aureus</i>	<i>B.cereus</i>	<i>E.coli</i>	<i>Salmonella</i>	<i>C.albicans</i>	
Ada çayı	125	125	250	500	1000	
At kestanesi	125	62.5	500	500	1000	
Bergamot	62.5	62.5	500	250	500	
Çam terebentin	250	125	500	500	1000	
Isırgan otu	62.5	62.5	125	250	1000	
Kantaron	500	250	1000	1000	>1000	
Karabaş otu	62.5	500	500	500	>1000	
Pelesenek Yağı	>1000	>1000	>1000	>1000	>1000	
Rezene	250	250	500	500	1000	
Sandal ağacı	500	62.5	1000	>1000	>1000	
Sedir Ağacı	500	250	500	500	>1000	
Negatif Kontrol	+	+	+	+	+	
Pozitif Kontrol (µg/mL)	Tetrasiklin	1.56	1.56	1.56	1.56	-.**
	Ampisilin	3.12	6.25	12.25	6.25	-.**
	Gentamisin	1.56	1.56	6.25	3.12	-.**
	Flukonazol	-.**	-.**	-.**	-.**	12.25

*: mikroorganizma gelişmesi var; **: test edilmedi

Testte negatif kontrol olarak yer alan tüplerde mikroorganizmaların, %10 DMSO'dan etkilenmeden rahatlıkla yaşayıp çoğaldığı, pozitif kontrol olarak kullanılan üç farklı standart antibakteriyel ve bir antifungal ajanın test edilen bakteriler ve maya üzerinde farklı konsantrasyonlarda (1.56-12.25 µg/ml) inhibitör etkiye sahip olduğu bir başka deyişle test edilen mikroorganizmaların herhangi bir dirence sahip olmadığı belirlenmiştir.

Prabuseenivasan vd., (2006) yaptıkları çalışmada 7 mm ve yukarısında belirlenen zon ölçümlerini pozitif sonuç olarak tanımlamıştır. Oyuk agar test sonuçlarında on bir bitki uçucu yağının ikisi

(pelesenek ve sedir ağacı) dışında kalan tüm bitki uçucu yağlarının en azından bir mikroorganizmaya karşı antimikrobiyal etki sergilediği belirlenmiştir (Tablo 2). Adaçayı, bergamot, çam terebentin ve ısırgan otu hem Gram pozitif hem de Gram negatif bakterilere karşı antibakteriyel etki göstermiş olup, kantaron, karabaş otu, rezene ve sandal ağacı uçucu yağlarının sadece Gram pozitif bakteriler üzerinde etkili olduğu, Gram negatifler üzerinde herhangi bir etki göstermediği belirlenmiştir. Diğer taraftan, oyuk agar yönteminde test edilen on bir bitki uçucu yağının hiç birinde *C.albicans*'a karşı antifungal etki saptanamamıştır.

Tablo 2. Uçucu yağlar ve standart antimikrobiyalın oyuk agar yöntemi ile antimikrobiyal aktivitesi

Bitki Uçucu Yağı (mm)	Mikroorganizmalar					
	Gram pozitif		Gram negatif		Maya	
	<i>S.aureus</i>	<i>B.cereus</i>	<i>E.coli</i>	<i>Salmonella</i>	<i>C.albicans</i>	
Ada çayı	28	30	18	13	-.*	
At kestanesi	12	20	-	-	-	
Bergamot	21	20	8	14	-	
Çam terebentin	13	21	8	8	-	
Isırgan otu	15	17	10	9	-	
Kantaron	7	8	-	-	-	
Karabaş otu	21	8	-	-	-	
Pelesenek Yağı	-	-	-	-	-	
Rezene	13	15	-	-	-	
Sandal ağacı	8	37	-	-	-	
Sedir Ağacı	-	-	-	-	-	
Negatif Kontrol	+	+	+	+	+***	
Pozitif Kontrol	Tetrasiklin	40	34	30	20	-.***

*:inhibisyon zonu oluşmamıştır; **: mikroorganizma gelişmesi var,***: test edilmemiştir

Broth dilüsyon yönteminde elde edilen sonuçlara benzer olarak, oyuk agar testinde, bitki uçucu yağlarına karşı Gram pozitif bakterilerden Gram negatiflere kıyasla daha yüksek hassasiyet

gösterdiği, Gram pozitif bakterilerden *S.aureus*'un (7-28 mm) *B.cereus*'dan (8-37mm) daha dirençli olduğu belirlenmiştir. Oyuk agar test koşullarında da negatif ve pozitif kontrol sonuçlarından test

edilen mikroorganizmaların yarı katı besiyeri ortamında sırası ile sağlıklı yaşadığı ve farklı zon çaplarına (20-40 mm) sahip olmaları nedeni ile herhangi bir dirence sahip olmadıkları bulgusu elde edilmiştir.

5. Tartışma ve Sonuçlar

Bitki uçucu yağları yüzyıllardır gıdaların korunması, eczacılık, tıp ve doğal tedavi edici olarak farklı alanlarda yaygın kullanılmaktadır. Sağlık alanında kaliteyi arttırmak için geleneksel tıpta kullanılan uçucu yağların bilimsel olarak incelenmesi oldukça elzemdir. Esansiyel yağlar yeni antimikrobiyal ajanların geliştirilmesi noktasında (özellikle patojen bakterilere karşı) yüksek potansiyele sahiptir. Çalışmamızda, on bir bitki uçucu yağın (pelesenk uçucu yağı hariç) beş hastane patojenine karşı farklı oranlarda antimikrobiyal aktivite sergilediği belirlenmiştir.

Literatürde yer alan çalışmada söz konusu uçucu yağların farklı mikroorganizmalara karşı değişken skalada antimikrobiyal aktivite sergilediği rapor edilmiştir. Araştırma bulgularımız ile uyumlu olarak; [Pesavento vd., \(2015\)](#) yaptığı bir çalışmada adaçayı uçucu yağına karşı *S.aureus* 'un en hassas (22.7 mm zon çapı) bakteri olduğu, *Campylobacter jejuni*'nin ise test edilen grup içinde en dirençli (9 mm) bakteri olduğu bildirilmiştir. [Al-Howiriny vd., \(2003\)](#) adaçayı uçucu yağının antimikrobiyal aktivitesinin Gram negatif bakterilere kıyasla Gram pozitif bakteriler üzerinde çok daha yüksek olduğunu bildirmiştir. sekiz mikroorganizmaya karşı at kestanesinin antimikrobiyal etkisinin incelendiği çalışmada, *S.aureus* ve *B.cereus*'un inhibisyon zonunun *E.coli*'den daha yüksek olduğunu ve en yüksek hassasiyetin *L. monocytogenes*'e ait olduğu bildirilmiştir ([Öztürk 2017](#)). At kestanesinin sergilediği antimikrobiyal aktivitenin bileşiminde yer alan flavonoidlerden kaynaklandığı rapor edilmiştir ([Harborne ve Baxter, 1993](#)).

Bergamot uçucu yağının farklı *Listeria* türleri üzerindeki antimikrobiyal etkisini disk difüzyon metodu ile inceleyen [Marotta vd., \(2016\)](#) 3 suşun hassasiyetinin zayıf, 4 suşun ise yağa karşı hassasiyetinin oldukça yüksek (14-20 mm) olduğunu, [Keskin ve Toroğlu \(2011\)](#) bergamot yağının patojen bakteriler üzerinde oldukça yüksek antimikrobiyal etki sergilediğini, disk difüzyon metodu ile bergamot, uçucu yağının antimikrobiyal aktivitesini test eden [Fisher ve Phillips, \(2006\)](#) bergamot uçucu yağının Gram pozitif bakteriler üzerinde (*S.aureus* 46, *B.cereus* 36 mm), Gram negatif bakterilere (*E.coli* 24,

C.jejuni 23 mm) kıyasla daha yüksek inhibisyon zon çapı oluşturduğu bildirilmiş, ve bu aktivitenin bileşiminde yer alan Limonen (%45) ve Linaloolden (%15) kaynaklandığını rapor etmişlerdir. [Aumeeruddy-Elalfi vd., \(2015\)](#) çam terebentin uçucu yağı MİK değerini *S.aureus*'a karşı 0.25 mg/mL *Acinetobacter*'e karşı 16 mg/mL olarak bildirmiş ve bitkinin Gram pozitif bakteriler üzerinde aktivitesinin daha kuvvetli olduğunu ifade etmişlerdir. [Saenz vd., \(2004\)](#) çam terebentin uçucu yağının Gram negatif bakterilere kıyasla Gram pozitif bakteriler üzerinde daha etkili olduğunu ve ayrıca potansiyel antiseptik ajan olarak kullanılabilirliğini bildirmişlerdir.

Sedir ağacı yağının antimikrobiyal aktivitesini inceleyen [Eryılmaz vd., \(2016\)](#) test edilen 7 mikroorganizmaya karşı bitkinin etki göstermediğini bildirmiş, [Kızıl vd., \(2002\)](#) ise konsantrasyona bağlı olarak etki gösterdiğini ayrıca Gram pozitif bakterilerin Gram negatif bakterilere kıyasla daha hassas olduğunu rapor etmiştir. Kantaron ekstraktının Gram pozitif bakteriler üzerinde (0.1-1.0 µg/mL) Gram negatiflere (400 µg/mL) göre daha yüksek aktivite gösterdiği bildirilmiştir ([Reichling vd., 2014](#)). [Dall Agnol vd., \(2003\)](#) altı farklı kantaron türünün antimikrobiyal aktivitesini inceledikleri çalışmalarında, *S.aureus*'un *E.coli* ve *S.cerevisiae*' a kıyasla daha hassas olduğunu ve ayrıca söz konusu antimikrobiyal etkinin bileşimde önemli yüzdelerle alana sahip olan tanin, flavonoid ve fenolik asitlerden kaynaklandığı rapor etmişlerdir. [Gülçin vd., \(2004\)](#) ısırgan otunun 9 bakteri, 1 mayaya karşı güçlü antimikrobiyal aktivite sergilediğini, [Behbahani vd., \(2013\)](#), karabaş otu ekstraktının Gram pozitif bir bakteri olan *S. aureus* üzerinde güçlü bir antimikrobiyal etkiye sahip olduğunu, [Kırmızıbekmez vd., \(2009\)](#) karabaş otu antimikrobiyal aktivitesinde etkili olan bileşenlerinin alfa-fenkon(%41.9), 1.8-sineol (%15.6) ve kamfor (%12.1) olduğunu bildirmişlerdir. [Jirovetz vd., \(2006\)](#) üç farklı sandal ağacı türünün antimikrobiyal aktivitesini incelemiş ve Gram pozitif bakteriler üzerinde daha etkili olduğunu vurgulamıştır.

Ayrıca, çalışmamızda test edilen mikroorganizma grupları arasında bitki uçucu yağlarına karşı Gram pozitif bakterilerin hassasiyetlerin, Gram negatiflerden daha fazla olduğu belirlenmiştir. [Şengün ve Öztürk \(2018\)](#) bu durumu Gram pozitif bakterilerin hücre duvar yapısında bulunan lipoteikoik asitlerin lipofilik yapıdaki uçucu yağların hücreye girişini kolaylaştırmasından ve ayrıca Gram negatif bakterilerin hücre duvar

bileşeni olan lipopolisakkarit tabakasının lipofilik karakterdeki yapıların hücre girişini sınırlaması ile açıklamıştır.

Tıbbi değeri olan uçucu yağların mikroorganizmalarla mücadele etmede yaygın kullanımlarına rağmen antimikrobiyal etki mekanizmaları tam olarak tanımlanmamıştır. Yapılan çalışmalarda bahsi geçen etki mekanizması ile ilgili farklı yaklaşımlar ileri sürülmüştür; bakteri inhibisyonunun membran bütünlüğünün bozulmasından, membranın seçici geçirgen yapısının zarar görmesi nedeni ile hücre içeriğinde (molekül ve iyonlar) kayıpların yaşanmasından, uçucu yağ bileşiminde yer alan sekonder metabolitlerin (fenolik bileşikler) hücre zarında hasara neden olmasından, hücrenin yaşamsal faaliyetlerinin (enerji üretimi, protein sentezi) yağdan zarar görmesinden kaynaklanabileceği iddia edilmektedir (Beyza, 2014; Şengün ve Öztürk, 2018).

Sonuç olarak, bu çalışmada antimikrobiyal maddelere karşı kazanılan ve yaygınlaşan direnç sebebi ile daha da zorlaşan patojen mikroorganizma inhibisyonuna alternatif çözümler sunan uçucu yağlardan bazılarının antimikrobiyal kapasiteleri değerlendirilmiştir. Söz konusu çalışmanın moleküler yöntemler ile yapılacak olan uçucu yağ antimikrobiyal etki mekanizmalarının tanımlanmasını konu alan diğer çalışmalara katkı sağlayacağını düşünmekteyiz.

Teşekkür

Bu çalışma İnönü Üniversitesi, Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi (BAP) tarafından 1468 ID numarası ve FBA-2018-1468 proje kodu ile desteklenmiştir.

Kaynaklar

- Al-Howiriny, T.A., 2003. Composition and antimicrobial activity of Essential oil of *Salvia lanigera*. Pakistan Journal of Biological Sciences, 6, 133-135.
- Anwara, F., Alia, M., Hussaina, A.I., Shahida, M., 2009. Antioxidant and antimicrobial activities of essential oil and extracts of fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.) seeds from Pakistan. Flavour Fragrance Journal, 24, 170-176.
- Aumeeruddy-Elalfi, Z., Gurib-Fakim, A., Mahomoodally, F., 2015. Antimicrobial, antibiotic potentiating activity and phytochemical profile of essential oils from exotic and endemic medicinal plants of

Mauritius. Industrial Crops and Production, 71, 197-204

- Behbahani, B.A., Tabatabaei-Yazdi, F., Shahidi, F., Mortazavi, A., 2013. Antimicrobial effects of *Lavandula stoechas* L. and *Rosmarinus officinalis* L. extracts on *Escherichia coli* and *Staphylococcus aureus*. Science Journal of Microbiology, 2, 15-22.
- Beyaz, M., 2014. Esansiyel yağlar: Antimikrobiyal, antioksidan ve antimutajenik aktiviteleri, Akademik Gıda, 12, 45-53.
- Bhuwan, C.J., Minky, M., Ajudhia, N.K., 2014. Pharmacognostical review of *Urtica dioica* L. International Journal of Green Pharmacy, 1, 201-209.
- Bonomo, M.G., Cafaro, C., Russo, D., Calabrone, L., Milella, L., Saturnino, C., Capasso, A., Salzano, G., 2004. Antimicrobial activity, antioxidant properties and phytochemical screening of *Aesculus Hippocastanum* mother tincture against food-borne bacteria. Letters in Drug Des Discovery, 12, 16-21.
- Colak, H., Karaköse, E., Duman, F., 2017. High optoelectronic and antimicrobial performances of green synthesized ZnO nanoparticles using *Aesculus hippocastanum*. Environmental Chemical Letter, 15, 547-552.
- Dall Agnol, R., Ferraz, A., Bernardi, A.P., Albring, D., Nör, C., Sermento, L., Lamb, L., Hass, M., von Poser, G., Schapoval, E.E.S., 2003. Antimicrobial activity of some *Hypericum* species, Phytomedicine, 10, 511-516.
- Derwich, E., Benziane, Z., Bozkır, A., 2010. Chemical composition and in vitro antibacterial activity of the essential oil of *Cedrus atlantica*. International Journal of Agriculture Biology, 12, 381-385.
- Eloff, J.N., 2001. Antibacterial activity of *Marula* (*Sclerocarya birrea* (A. Rich.) Hochst. subsp. *caffra* (Sond.) Kokwaro) (*Anacardiaceae*) bark and leaves. Journal of Ethnopharmacology, 76, 305-308.
- Eryılmaz, M., Tosun, A., Tümen, İ., 2016. Antimicrobial activity of some species from Pinaceae and Cupressaceae, Türk Journal Pharmacy Science, 13, 35-40.
- Faydalıoğlu, E., Sürücüoğlu, M.S., 2011. Geçmişten günümüze tıbbi ve aromatik bitkilerin kullanılması ve ekonomik önemi. Kastamonu University Journal of Forestry Faculty, 11, 52 - 67.
- Fisher, K., Phillips, C.A., 2006. The effect of lemon, orange and bergamot Essential oils and their

- components on the survival of *Campylobacter jejuni*, *Escherichia coli* O157, *Listeria monocytogenes*, *Bacillus cereus* and *Staphylococcus aureus* in vitro and in food systems, *Journal of Applied Microbiology*, 3, 1232-1239.
- Gomes, N.M., Rezende, C.M., Fontes, S.P., Matheus, M.E., Fernandes, P.D., 2007. Antinociceptive activity of Amazonian copaiba oils. *Journal of Ethnopharmacology*, 12, 486-492.
- Gülçin, G., Küfrevioğlu, I., Oktay, M., Büyükokuroğlu, M.E., 2004. Antioxidant, antimicrobial, antiulcer and Analgesic Activities of Nettle (*Urtica dioica*). *Journal of Ethnopharmacology*, 90, 205- 215.
- Harborne J.B., Baxter H. 1993. *Phytochemical dictionary. a handbook of bioactive compounds from plants*. Taylor and Francis, London].
- Irshad, S., Mahmood, M., Perveen, F., 2012. In-vitro anti-bacterial activities of three medicinal plants using agar well diffusion method. *Research of Journal Biology*, 02, 1-8.
- Jirovetz, L., Buchbauer, G., Denkova, Z., Stoyanova, A., Murgov, I., Gearon, V., Birkbeck, S., Schmidt, E., Geissler, M., 2006. Comparative study on the antimicrobial activities of different sandalwood essential oils of various origin. *Flavour and Fragrance Journal*, 21,16-21.
- Keshavarz, M., Mostafaie, A., Mansouri, K., Bidmeshkipour, A., Motlagh H.R.M., Parvaneh, S., 2010. In vitro and ex vivo antiangiogenic activity of *Salvia officinalis*. *Phytotherapy Research*, 24, 1526–1531.
- Keskin, D., Toroğlu, S., 2011. Gıda Kaynaklı Bazı Patojen Bakterilerin Gelişmesini Engelleyen Tıbbi Bitkiler ile Bunların Ekstraktları ve Uçucu Yağları. *Academic Food Journal*, 8, 53-60.
- Kırmızıbekmez, H., Demirci, B., Yeşilada, E., Beşer, K.H., Demirci, F. 2009. Chemical composition and antimicrobial activity of the Essential oils of *Lavandula stoechas* L. ssp. *Stoechas* growing in Turkey. *Natural Product Communication*, 4, 1001-1006.
- Kizil, M., Kizil G., Yavuz, M., Aytekin, Ç., 2002. Antimicrobial activity of resins obtained from the roots and stems of *Cedrus libani* and *Abies cilicia*, *Applied Biochemistry and Microbiology*, 2, 144-146.
- Marotta S.M., Giarratana, F., Parco, A., Neri D., Zilino, G., Gluffride, A., Panebianco, A., 2016. Evaluation of the antibacterial activity of bergamot essential oil on different *Listeria monocytogenes* strains, *Italian Journal of Food Safety*, 5, 6176-6182.
- Maurice, M.I., Angela, R.D., Chiris, O.O., 1990. New antimicrobials of plant origin. *Perspectives on new crops and new uses*, 8, 457-460.
- Öztürk, B., Konyalıoğlu, S., Kantarcı, G., Çetinkol, D., 2005. İzmir yöresindeki yabani *Lavandula stoechas* L. subsp. *stoechas* taksonundan elde edilen uçucu yağın bileşimi, antibakteriyel, antifungal ve antioksidan kapasitesi', *Anadolu Ege Tarımsal Araştırma Enstitüsü Dergisi*, 1, 61-72.
- Öztürk, Ö., 2016. Antibacterial and antifungal effects of the leaf, seed, seed coat and fruit capsule of *Aesculus hippocastanum* (Sapindaceae) extracts, *Acta Biologica Turcica*, 30, 20-23.
- Pesavento, G., Calonico, C., Bilia, A.R., Barnabei, M., Calesini, F., Addona, R., Mencarelli, L., Carmagnini, L., Di Martino, M.C., Lo Nostro, A., 2015. Antibacterial activity of Oregano, Rosmarinus and Thymus essential oils against *Staphylococcus aureus* and *Listeria monocytogenes* in beef meatballs, *Food Control*, 54:188-199.
- Pessini, G.L., Filho, B.P.D., Nakamura, C.V., Cortez, D.A.G., 2003, Antibacterial activity of extracts and neolignans from *Piper regnellii* (Miq) C.DC.var.pallescens (C. DC.) Yunck. *Memo 'rias do Instituto Oswaldo Cruz*, 98, 1115–1120.
- Prabuseenivasan, S., Jayakumar, M., Ignacimuthu, S., 2006. In vitro antibacterial activity of some plant Essential oils. *Biomedical Central*, 6, 39-45.
- Reichling, J., Weseler, A., Saller, R., 2001. A current review of the antimicrobial activity of *Hypericum perforatum*. *Pharmacopsychiatry* 34, 116-118.
- Saenez, P., Tornos, M.P., Alvarez, A., Fernandez, M.A., Garcia, M.D., 2004. Antibacterial activity of essential oils of *Pimenta racemosa* var. *terebinthina* and *Pimenta racemosa* var. *grisea*, *Fitoterapia*, 75, 599-602.
- Solmaz, E.S., Ata, E.P., 2009. Adverse Effects of Herbal Medicines and Products. *Türk Hijyen ve Deneysel Biyoloji Dergisi*, 66, 133-141.
- Süzgeç-Selçuk, S., Eyisan, S., 2012. Review: Türkiye'deki eczanelerde bulunan bitkisel ilaçlar. *Journal of Marmara Pharmacy*, 16, 164-180.
- Şengün, İ.Y., Öztürk, B., 2018. Bitkisel kaynaklı bazı doğal antimikrobialler, *Anadolu Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi C-Yaşam Bilimleri ve Biyoteknoloji*, 7, 256-276.
- Veiga-Junior, V.F., Pinto, A.C., 2002. The *Copaifera* L. genus. *Quim Nova*, 25, 273-286.

Hava Kalitesi ve Meteoroloji: Korelasyon, Trend ve Epizot Analizleri

Air Quality and Meteorology: Analysis of Correlations, Trends and Episodes

Atila MUTLU*

Balıkesir Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, 10145, Balıkesir

• Geliş tarihi / Received: 13.05.2019 • Düzeltilerek geliş tarihi / Received in revised form: 17.07.2019 • Kabul tarihi / Accepted: 04.08.2019

Öz

Bu çalışmada, Güney Marmara bölgesinde bulunan Balıkesir şehir merkezine ait uzun yıllık hava kirleticilerinin yerel meteorolojik koşullar etkisinde değişimleri, trendleri ve epizotları incelenmiştir. Son beş yılı kapsayan dönemde, saatlik ölçülen PM₁₀ ve SO₂ seviyeleri ve saatlik sıcaklık (t), rüzgar hızı (ws), nem (rh) ve basınç (p) verileri analiz edilmiştir. Uzun yıllık ortalamalar göz önüne alındığında, şehir merkezinde ölçülen PM₁₀ konsantrasyonlarının ortalama değeri 47.33 µg/m³ ve SO₂ konsantrasyonlarının ortalaması ise 7.75 µg/m³ olarak tespit edilmiştir. Pearson ve Kendall's Tau korelasyon analizi sonuçlarına göre, PM₁₀ seviyelerinin değişimlerinde rüzgar hızı (ws) ve sıcaklık (t) parametrelerinin ters yönlü etkili olduğu, SO₂ seviyelerinin değişimlerinde en etkili parametrenin yine ters yönde sıcaklık (t) parametresi olduğu belirlenmiştir. Hava kirleticilerinin meteorolojik parametrelerin değişimlerine göre tahmin edilebilmesi için bir regresyon modeli oluşturmuştur. Tüm meteorolojik parametrelerin modele dahil edilmesi halinde, PM₁₀ seviyelerindeki değişimin ancak %16 oranında, benzer şekilde SO₂ seviye tahminleri ancak %24 oranında açıklanabilmektedir. Theil-Sen trend analiz sonuçlarına göre, uzun yıllık dönemde PM₁₀ ve SO₂ seviyelerinin artış eğilimi gösterdiği tespit edilmiştir. Kirlilik takvimlerine göre, PM₁₀ ve SO₂ seviyeleri için epizot günleri belirlenmiştir. Epizot gününe ait olağandışı durumların araştırılması sonucunda, il merkezinde en yüksek PM₁₀ konsantrasyonun ölçüldüğü epizot gününde Kuzey Afrika'dan kıtasal toz taşınımından gelen çöl tozlarının etkili olduğu sonucuna varılmıştır. SO₂ epizot günü için, Bulgaristan'ın ülkemiz sınırına yakın olan güney doğu bölgesinde bulunan termik santrallerden yapılan salınımların bölgesel kirletici taşınımlarında etkili olduğu ve ayrıca lokal olarak Balıkesir şehir merkezinde özellikle Aralık aylarında görülen şiddetli enverziyon oluşumlarının etkili olabileceği düşünülmektedir.

Anahtar kelimeler: Balıkesir, Kendall's Tau, Pearson, PM₁₀, SO₂, Theil-Sen, Trend analizi

Abstract

In this study, changes, trends and episodes of long-term air pollutants under local meteorological conditions were examined at Balıkesir's downtown in South Marmara region. In the last five years period, hourly measured PM₁₀ and SO₂ levels and hourly temperature (t), wind speed (ws), humidity (rh) and pressure (p) data were analyzed. Considering the long-term averages, the mean value of PM₁₀ concentrations measured in the downtown was 47.33 µg/m³ and the mean of the SO₂ concentrations was 7.75 µg/m³. According to the results of Pearson and Kendall Tau's correlation analysis, wind speed (ws) and temperature (t) parameters were found to be inversely effective in the changes of PM₁₀ levels, while the most effective parameter was the inverse temperature (t) parameter in the changes of SO₂ levels. A regression model was used to estimate air pollutants based on the changes of the overall meteorological parameters. If all meteorological parameters are included in the model, only 16% of the PM₁₀ levels can just be explained, and the SO₂ level estimates can only be explained by 24%. According to Theil-Sen trend analysis, PM₁₀ and SO₂ levels were in an increasing trend. According to pollution calendars, the episode days for PM₁₀ and SO₂ levels were determined for the study. As a result of investigating the unusual conditions of the episode day, it was concluded that desert dusts coming from the continental dust transport from North Africa were effective on the day of the episode where the highest PM₁₀ concentration was measured in the downtown area. For SO₂ episode day, it was determined that the releases from the coal-powered energy plants in the south-eastern region near Bulgaria's border with our country might be effective in the transport of regional SO₂ pollutants. In addition, it was thought that the formation of temperature inversions seen in Balıkesir's downtown especially in the months of December could be effective for the highest SO₂ levels.

Keywords: Balıkesir, Kendall's Tau, Pearson, PM₁₀, SO₂, Theil-Sen, Trend analysis

*Atilla MUTLU; amutlu@balikesir.edu.tr; Tel: (266) 612 11 94; orcid.org/0000-0002-0777-0863

1. Giriş

Dünya Sağlık Örgütü (WHO) 2006 yılında hava kalitesi ile ilgili yayınlamış olduğu risk değerlendirme raporunun giriş cümlesinde “temiz hava insan sağlığı ve refahı için en temel gereksinimdir” vurgusunu yaparak günümüzde temiz havanın insan ve ekosistemi oluşturan canlılar için önemini bir kez daha ortaya koymuştur (WHO,2006). Hava kirliliği günümüzde halen halk sağlığını tehdit eden en önemli çevresel risk etmenlerinin başında yer almaktadır (WHO, 2016).

Global olarak, başlıca antropojenik hava kirleticiler kent merkezlerinde yoğunlaşmıştır. Trafik, endüstri ve ısınma sistemleri kentsel hava kirliliğinin başlıca kaynaklarıdır. Meteoroloji, topografik yapı ve kent yerleşimleri hava kirleticilerinin dispersiyon, depolanma ve kimyasal dönüşüm süreçlerine etki eden önemli faktörlerdir. Çeşitli hava kirleticilerinin çevreye ve insan sağlığına olumsuz etkileri bilinmektedir. Her bir hava kirleticinin etki süresi, konsantrasyonu ve diğer karakteristiklerine bağlı olarak insan sağlığı üzerinde etkileri olmaktadır. İnsanlar üzerindeki klinik çalışmalarda ozon (O₃), kükürtdioksit (SO₂), partiküler madde (PM), azot oksitler (NO_x) gibi kirleticilerin ve polen gibi biyojenik antijenlerin solunum yolu hastalıklarını arttırdığı rapor edilmiştir (Helander vd., 1997; Monn vd., 1999; Moshhammer ve Neuberger, 2003; Martonen ve Schroeter, 2003; Borge vd., 2014). Pek çok epidemiolojik çalışmada özellikle astım gibi kronik solunum yolu hastalığına çevresel hava kirliliğinin olumsuz etkisi olduğu kabul edilmektedir (Alberini ve Krupnick, 1998; Williams vd., 2000). Havada bulunan partikül maddelerin (PM) insanlar üzerinde özellikle üst ve alt solunum yolları rahatsızlıklarında etkili olduğu bilinen bir gerçektir (WHO, 2006; Tecer, 2009; Samoli vd., 2013; Stafoggia vd., 2013).

Benzer çalışmalar, hava kirliliği seviyesi ile akciğer fonksiyonlarında düşüş, solunum yolu semptomlarında artış ve ölüm vakalarında artış arasında bir ilişkinin olduğunu göstermektedir (Wordley vd., 1997; Timonen vd., 2002). Yetişkin ve çocuklarda, solunum yolu şikayetleri veya astımda şiddetlenme sebebiyle hastaneye yatışlarda ve acil servislere başvurulardaki artışla hava kirliliği arasında ilişki olduğu bulunmuştur (Gomzi, 1999; Wong vd., 2000; Brunekreef ve Holgate, 2002).

Hava kirliliği kontrolü, insanlığın çevreye dolayısıyla atmosfere olan olumsuz etkilerinin

azaltılmasına veya en azından kontrol edilmesine karşı yapılmakta olan teknik (mühendislik) ve sosyal (eğitim) içerikli mücadelenin canlı bir örneğidir. Bu mücadelede dikkat çeken bazı kontrolsüz tekrarlanan zararlı, toksik maddelerin atmosfere salınımları, geçmişteki dönemlerde karşımıza ‘Epizot’ denilen kirlilik faciaları olarak adlandırılan trajik olaylara yol açmıştır. Bu trajedilerden bazıları; Bhopal gaz faciası, Meksika’daki Mexico City olayı; 1953, 1963 ve 1966 yıllarında yaşanan New York kenti epizotları ve 1950’li ve 1960’lı yıllarda yaşanan Meuse Valley ve Londra Şehrini mahfeden duman epizotları örnek verilebilir (Wang vd., 2004; Visscher, 2014).

Hava kirliliği, insan ve diğer canlılarla birlikte aynı zamanda yapılara zarar veren maddelerin atmosferde kalma sürelerinin (zaman) ve atmosferdeki miktarlarının (konsantrasyon) çevreye olan olumsuz etkileri olarak tanımlanabilir. Kirleticiler doğal kaynaklı veya insan kaynaklı olabilirler. Doğal kaynaklı kirleticiler, insan kaynaklı (antropojenik) kirleticilere oranla daha büyük konsantrasyonlarda havaya karışmalarına karşın sürekli değildirler (akut etki). İnsan kaynaklı kirleticiler ise, yüksek veya düşük konsantrasyonlarda fakat süreklidirler (kronik etki). Bu durumda, atmosferde bulunan kirleticiler göz önüne alındığında, atmosferin zamanla doğal kaynaklı kirleticileri zaman içerisinde kontrol edebildiği fakat antropojenik kirleticiler konsantrasyonlarını ise kendi iç mekanizmasında yeterince kontrol edemediği görülmektedir.

Bu çalışmada, Güney Marmara bölgesinde bulunan Balıkesir iline ait uzun yıllık hava kirleticilerinin (PM₁₀ ve SO₂) yine aynı zaman dilimine ait yerel meteorolojik koşullar altında değişimleri, olası trendleri ve epizotları incelenmiştir.

2. Materyal ve Metot

2.1. Çalışma Alanı

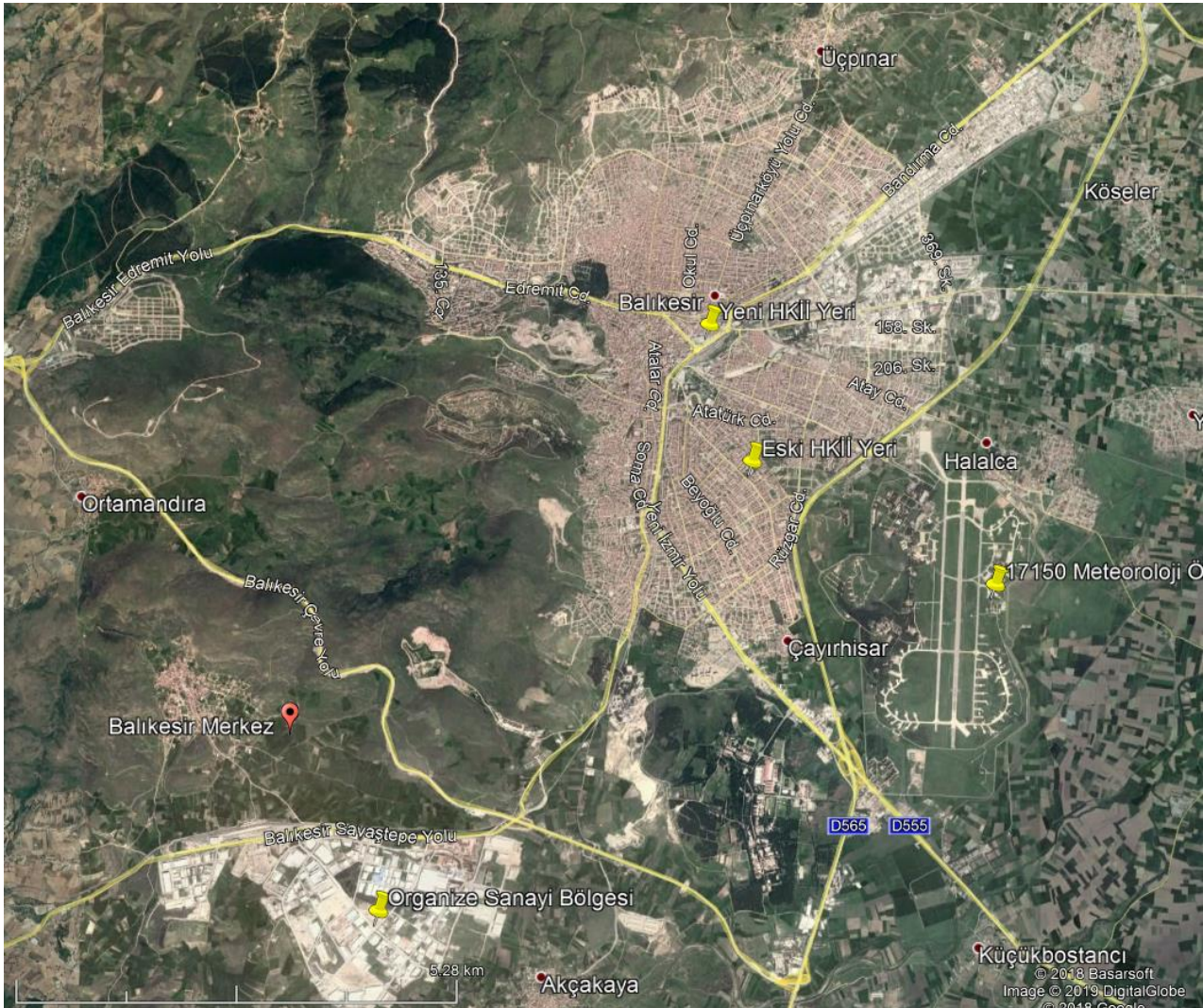
Balıkesir ili ülkemizin kuzey batı bölümünde ve Marmara Denizin güney kısmında, Güney Marmara, kalan bölgede bulunmaktadır. Balıkesir orta ölçekli bir şehirdir. Balıkesir nüfusu yaklaşık 1.2 milyon olup, nüfusun yaklaşık 1/3’ü şehir merkezinde yaşamaktadır (URL-1, 2017). Balıkesir şehri ülkenin belli başlı et ve süt ürünleri üretim merkezi olarak da bilinmektedir. Ayrıca şehrin Organize Sanayi Bölgesinde ve diğer kısımlarında elyaf üretim tesisi, çimento fabrikası,

ağaç işleme entegre tesisi, kağıt fabrikası, sofralık yağ üretim tesisi ve muhtelif ölçeklerde süt işleme tesisleri kurulmuş veya kurulma aşamasındadır.

Balıkesir şehrinin hem Marmara Denizinde ve hem de Ege Denizinde kıyıları mevcuttur. Şehrin karakteristik iklim özellikleri, kıyı bölgelerinde daha çok Akdeniz iklimi hüküm sürerken, iç kesimlerde ise Kara iklimi özellikleri görülmektedir. Balıkesir ilinde karakteristik olarak dört mevsim görülmektedir. Kıyı kesimlerinde kışlar ılık ve yağışlı geçerken, şehir merkezinin de yer aldığı iç kesimlerde kışlar daha soğuk ve yağışlı geçmektedir (Koçman, 1993; Tağıl, 2007). Ayrıca şehrin kendine has topoğrafik şekli itibariyle kısmen kuzey, kuzey-batı ve güney-batı kısımlarında dağlık yükseltilerin eteklerinde kurulu olması nedeniyle çanak şeklinde olup, şehir merkezinin bulunduğu bölgede kuzeyli yönlerde oluşan doğal koridorlar üzerinden hakim rüzgar yönlerinin oluştuğu

gözlenmektedir. Ayrıca, şehir merkezinin de bulunduğu iç kesimlerde, özellikle kış aylarında sıcaklık ve basınç farklılarından dolayı atmosferik inversiyon ve yoğun sis oluşumları nedeniyle kent merkezinde hava kirliliği epizotları görülmektedir (Tecer, 2013; Mutlu, 2018; Mutlu, 2019).

Şehir merkezine ait hava kalitesi değişimlerinin incelendiği bu çalışmada, şehir merkezinde İl Çevre Müdürlüğü sorumluluğunda olan bir adet konvansiyonel aktif Hava Kalitesi İzleme İstasyonu (HKİİ) bulunmaktadır. Bu istasyonun ilk yeri daha çok konut ve yaşam bölgesi olarak tabir edilen Bahçelievler Mahallesi konumlandırılırken, sonrasında yeni bir konum olarak şehrin merkezinde Toplu Taşıma Merkezi olarak tanımlanan bölgeye taşınmıştır. Eski ve yeni HKİİ konumları ve şehrin yerleşkesi Google Earth Digital Image ortamında Şekil 1'de sunulmuştur.



Şekil 1. Balıkesir şehir merkezi görseli. (Google Earth Image ©2019)

2.1. Çalışmada Kullanılan Veriler

Çalışmada, başlıca hava kalitesi ve bölgesel meteorolojik veri setleri olmak üzere iki türlü veri tabanından yararlanılmıştır. Bu farklı veri tabanları aynı zaman dilimi aralığı olan “saatlik” ölçülen ve kaydedilen veriler olup son 5 yıllık bir süreyi kapsamaktadır. Çalışma bütününde ise her bir değişken için yaklaşık 43,800 veri üzerinde çalışılmıştır.

Son beş yılı kapsayan hava kalitesi verileri şehir merkezinde bulunan hava kalitesi izleme istasyonunun (HKİİ) eski ve yeni lokasyonlarından ölçülen, saatlik PM₁₀ ve SO₂ kirleticilerini içerirken, meteorolojik veriler ise bölgede bulunan hava üssündeki meteoroloji gözlem istasyonundan (#17150) yine saatlik olmak üzere sıcaklık (t), rüzgar hızı (ws), nem (rh) ve basınç (p) verilerini kapsamaktadır. Hem hava kalitesi ölçüm istasyonlarının yerleri, hem de meteoroloji istasyonunun yerleri Şekil 1’de sunulmuştur.

Hava kalitesi ve meteorolojik veriler, istatistiksel analizler için SPSS ve R ortamlarında değerlendirilmiş olup, elde edilen sonuçlar bir sonraki bölümde detaylı olarak açıklanmıştır.

3. Veri Analizinde Uygulanan Yöntemler

Yoğun nüfusu olan şehirlerde hava kalitesinin artırılabilmesi için öncelikle kirletici parametrelerin türü, miktarı ve kirletme süresi belirlenmelidir. Yani bölgenin emisyon envanteri oluşturulmalıdır. Hava kalitesinin artırılması için uygulanacak stratejinin belirlenmesinde düzenli olarak temsili ölçümlerin yapılması ve bu ölçüm sonuçlarının o bölgeye ait temsili meteorolojik koşullara göre yorumlanarak hava kalitesi trendlerinin ve epizotlarının oluşturulması gerekmektedir.

Bu çalışma kapsamında, şehir merkezine ait hava kalitesinin, uzun yıllık meteorolojik oluşumlar karşısında nasıl değişim gösterdiği incelemek için farklı amaçlarda bir dizi istatistiksel yöntemler kullanılmıştır.

İlk aşamada, geniş veri setini oluşturan hava kirleticileri (PM₁₀ ve SO₂) ve meteorolojik parametrelerine (sıcaklık-t, rüzgar hızı-ws, nem-rh ve basınç-p) ait genel tanımlayıcı istatistiksel parametreler (ortalamalar, %95 önem seviyesinde ortalama için güven aralıkları, min/max değerler) hesaplanmıştır. Ölçülen hava kirleticilerinin mevsimsel olarak nasıl değişim gösterdiği önemli bir konudur. Bu değişimler hava kalitesi

analizlerinin yapıldığı o bölgedeki karakteristik özelliklerin anlaşılması bakımından önem arz eder. Bu nedenle hava kirleticilerine ait varyans analizi testleri (ANOVA) yapılarak kirleticileri ait mevsimsel değişimler arasında fark olup olmadığı incelenmiştir.

Ölçülen her bir saatlik değişkenin birbirleriyle olan istatistiksel bağıntılarının incelendiği ikili (bivariate) korelasyon analizleri (Pearson Correlation Analysis ve Kendall’s Tau Analysis) yapılmıştır.

Veri setlerine ait birbirleriyle var olabilecek etkileşimlerin incelendiği korelasyon analizinden sonra, meteorolojik parametrelerin (sıcaklık-T, rüzgar hızı-WS, nem-RH ve basınç-P) değişimlerinde her bir hava kirleticisinin (PM₁₀ ve SO₂) değişimini ifade eden çoklu regresyon analizleri yapılarak, ölçülen bir dış ortam hava kirletici konsantrasyonuna ait uzun yıllık değişimlerinde, o kirleticinin var olduğu bölgedeki meteorolojik parametrelerin nasıl etkili olduğu sorusuna oluşturulan çoklu regresyon modelleri ile cevap verilmeye çalışılmıştır.

Veri setlerine ait regresyon analizlerinden elde edilen sonuçlar ışığında hava kalitesi çalışmalarında sıklıkla kullanılan önemli trend analizlerinden birisi olan Theil-Sen korelasyon analizlerini içeren parametrik olmayan korelasyon analizleri yapılarak hava kirleticilerine ait uzun yıllık değişimlerini gösteren tren analizi yapılmıştır (Tian ve Fernandez, 1999; Elbir vd., 2000; Yolsal, 2016).

Ayrıca R ortamında geliştirilen algoritma (Carslaw ve Ropkins, 2012; Carslaw, 2015) ile dış ortam PM₁₀ ve SO₂ kirleticilerinin günlük değişimleri 2014-2018 yıllarına ait takvimlerde gösterilmiş olup, hem yıl bütünündeki değişimler hem de yasal sınır değerlerini geçen günler için epizot günleri tespit edilmiş ve bu epizot günlerine ait yüksek kirletici seviyelerinin nedenleri incelenmiştir.

4. Bulgular ve Tartışma

4.1. Hava Kirleticilerine ve Meteorolojik Verilere Ait Genel İstatistikler

Çalışmada elde edilen geniş veri setini oluşturan hava kirleticileri (PM₁₀ ve SO₂) ve meteorolojik parametreler (sıcaklık, rüzgar hızı, nem ve basınç) ait genel tanımlayıcı istatistiksel parametreleri içeren, ortalamalar, %95 önem seviyesinde ortalama için güven aralıkları, min/max değerler Tablo 1’de sunulmuştur.

Tablo 1. Hava Kirleticilerine ve Meteorolojik Parametrelere Ait Genel Tanımlayıcı İstatistikler

İstatiksel Parametreler	Tanımlayıcı	Hava Kalitesi Parametreleri		Meteorolojik Parametreler			
		PM ₁₀	SO ₂	t(°C)	ws (m/sn)	rh (%)	p (mbar)
Ortalama		47.33	7.75	16.2	1.83	66.35	977.39
Güven Aralığı*	Alt limit	46.95	7.65	16.1	1.81	66.33	976.96
	Üst limit	47.71	7.85	16.3	1.84	66.37	977.83
Değişim Aralığı	Minimum	1	1	-14.1	0.24	58.5	815.62
	Maksimum	576.3	146.9	41.6	7.3	74.2	1052.63
N		43824	43824	43824	43824	43824	43824

*%95 önem düzeyinde ortalamaya ait güven aralığı.

N: veri sayısı

Çalışmada, daha önceki bölümde belirtildiği üzere her bir parametre için saatlik ölçüm değeri alınmış ve son beş yılı kapsayan dönemi temsil etmesi amacıyla her bir ölçülen parametre için toplam 43824 adet veri yapılan analizlere dahil edilmiştir. Uzun yıllık ortalamalar göz önüne alındığında, şehir merkezinde ölçülen PM₁₀ konsantrasyonlarının ortalama değeri 47.33 µg/m³ ve istatistiksel olarak %95 önem düzeyinde PM₁₀ ortalamasının 46.95 ile 47.71 µg/m³ arasında olduğu tahmin edilmektedir. En yüksek 24 saatlik PM₁₀ seviyesi 576.3 µg/m³ olarak 1. Şubat.2015 günü saat 19 sularında ölçülmüştür. Ölçülen günlük maksimum değer hava kalitesi yasal sınırından yaklaşık 7 kat daha fazladır. (Hava Kalitesi Değerlendirme ve Yönetimi Yönetmeliği, EK1-A geçiş dönemi kademeli azaltım olarak, 2015 yılı PM₁₀ için 24 saatlik limit değer, 90 µg/m³) (HKDYY, 2008).

Yine aynı şekilde, şehir içinde ölçülen uzun yıllık SO₂ konsantrasyonlarının ortalaması ise 7.75 µg/m³ olarak hesaplanmış ve istatistiksel olarak %95 önem düzeyinde SO₂ ortalamasının 7.65 ile 7.85 µg/m³ arasında olduğu tahmin edilmektedir. Çalışma periyodu kapsamında, en yüksek SO₂ konsantrasyonu 146.9 µg/m³ olarak 8.Aralık.2018 saat 21 sularında ölçülmüştür. Ölçülen maksimum günlük SO₂ değeri izin verilen yasal sınırların altında olduğu belirlenmiştir. (Hava Kalitesi Değerlendirme ve Yönetimi Yönetmeliği, EK1-A geçiş dönemi kademeli azaltım olarak, 2018 yılı SO₂ için 24 saatlik limit değer ilgili, 380 µg/m³) (HKDYY, 2008).

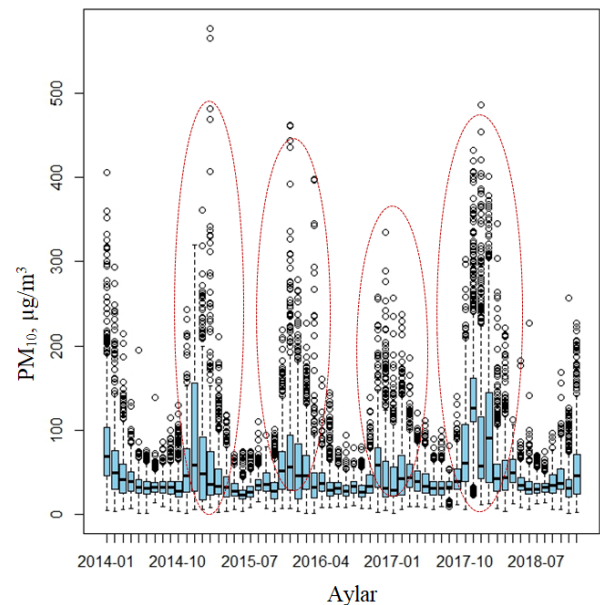
Hava kirleticilerinin en yüksek PM₁₀ seviyesi beklenildiği gibi kış aylarında ve gün sonlarına doğru görülmüş olup, şehir merkezinde akşam saatlerinde oluşan yoğun eve dönüşün oluşturduğu yoğun trafik faaliyetleri ve konut ısınmalarından doğan etkiler burada açıkça görülmektedir. Benzer durum SO₂ seviyesi için de geçerli olup, PM₁₀ seviyesinden farklı olarak gece saatlerinde en yüksek değere ulaşmasında en büyük etkenin özellikle şehrin bir bölümünde halen kullanılan

kömür yakmalı ısınma faaliyetlerinin sebep olduğu düşünülmektedir.

4.2. Hava Kirleticilerin Saatlik, Günlük ve Mevsimsel Dağılımları

Şehir merkezlerinde oluşan belli başlı hava kirleticilerin mevsimsel değişimlerinin incelenmesi ayrıca önem arz etmektedir. Özellikle ani sıcaklık ve basınç farklılıklarının görüldüğü ılıman mevsim geçişleri dönemlerinde, hava kirlenici seviyelerinin olumsuz meteorolojik koşullar ile birlikte artış göstermesi yoğun olarak şehir merkezlerinde yaşayan insanlar üzerinde olumsuz sağlık etkileri oluşturmaktadır.

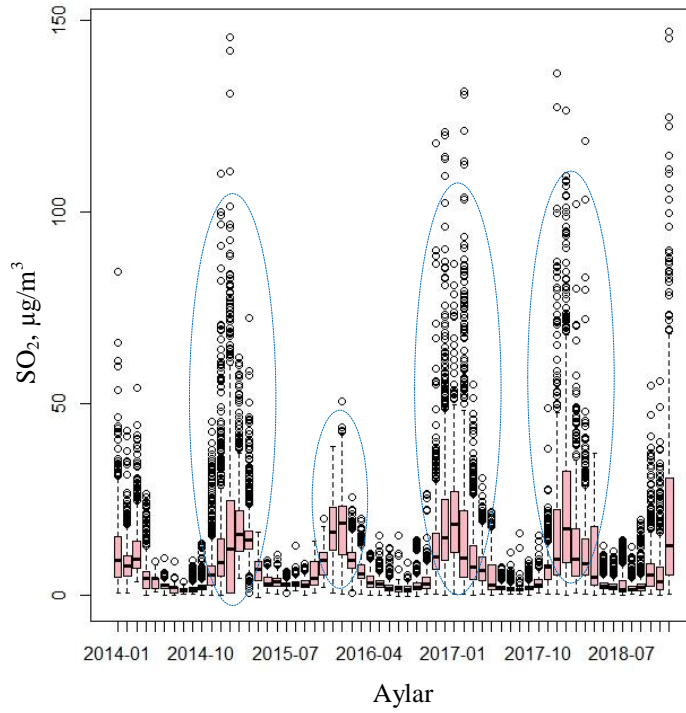
Bu nedenle bu bölümde, şehir merkezinde sürekli olarak ölçümleri yapılan PM₁₀ ve SO₂ kirleticilerine ait soğuk ve sıcak mevsimsel değişimler öncelikle Şekil 2 ve Şekil 3’de verilen kirleniciye ait 5 yıllık dönem içinde aylık kirlenici ortalamalarının dağılımlarını ifade eden box-plot grafiği üzerinde incelenmiştir.



Şekil 2. Uzun döneme ait aylık PM₁₀ değişimlerini gösteren box-plot grafiği.

Şekil 2’de verilen box-plot grafiğinde kırmızı oval şekiller içerisinde gösterilen alanlardaki seviye farklılıklarından da anlaşılacağı üzere, PM₁₀ kirleticisine ait aylık seviyeler sonbahar sonu ve kış aylarında artış göstermektedir. Soğuk (kış) mevsim, “Hava Kalitesi Değerlendirme ve Yönetimi Yönetmeliği” kapsamında “1.Ekim-31.Mart” olarak belirtilmiştir (HKDYY, 2008). Grafikselsel analizden daha fazlası olarak, PM₁₀

seviyelerinin soğuk ve sıcak mevsimlerde değişimlerini analiz etmek için bağımsız çift örnekleme t-testi kullanılmıştır. Test sonuçlarına göre, soğuk mevsimlerdeki PM₁₀ seviyeleri (ortalama: 59.9 µg/m³), sıcak mevsimlerde oluşan PM₁₀ seviyelerinden (34.8 µg/m³) matematiksel olarak fazla ve aynı zamanda aradaki bu fark %95 önem düzeyinde istatistiksel olarak da anlamlı olduğu tespit edilmiştir (p_{value}=0.00).



Şekil 3. Uzun döneme ait aylık SO₂ değişimlerini gösteren box-plot grafiği.

Benzer şekilde, Şekil 3’de verilen aylık ortalama SO₂ seviyelerinin de özellikle sonbahar sonu ve kış aylarında yüksek seviyelerde olduğu tespit edilmiştir. Isınma faaliyetlerinin artış gösterdiği soğuk aylarda şehir merkezinde her ne kadar son yıllarda doğal gaz ile çalışan ısınma sistemlerine geçilmiş olsa da şehir merkezinin bir bölümünün halen kömürle çalışan ısınma sistemlerine sahip olmasından dolayı soğuk aylarda SO₂ seviyelerinde artışlar görülmektedir. Mevsimler arasında fark olup, olmadığını analiz etmek için benzer şekilde, SO₂ seviyelerinin soğuk ve sıcak mevsimlerde değişimleri incelenmiştir. Yapılan bağımsız çift örnekleme t-testi sonuçlarına göre, soğuk mevsimlerdeki SO₂ seviyeleri (ortalama: 12.3 µg/m³), sıcak mevsimlerde oluşan SO₂ seviyelerinden (ortalama:3.2 µg/m³) daha fazla

olduğu ve aradaki farkın %95 önem düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı olduğu tespit edilmiştir (p_{value}=0.00). Hava Kalitesi Değerlendirme ve Yönetimi Yönetmeliği, EK1-A geçiş dönemi kademeli azaltım olarak, 2018 yılı SO₂ için kış mevsimi limit değeri 20 µg/m³ olarak verilmiş olup il merkezinde kış mevsimlerinde oluşan SO₂ seviyeleri izin verilen limit değerlerin altında olduğu tespit edilmiştir (HKDYY, 2008).

Yıllar bazında kirlotici değişimleri incelendiğinde, kirlotici seviyelerine ait değişimlerde yıllar arasında fark olup olmadığını belirleyebilmek için varyans analizleri (ANOVA) yapılmıştır. Yıllara ait kirlotici değişimlerinin incelendiği ANOVA analizlerinin sonuçları Tablo 2’de sunulmuştur.

Tablo 2. Yıllara ait PM₁₀ ve SO₂ istatistikleri

	Yıllar	N	Ortalama	95% Ortalama için Güven Aralığı		Minimum	Maksimum
				Alt Limit	Üst Limit		
PM ₁₀	2014	8760	47.31	46.5	48.0	1.14	405.44
	2015	8760	43.37	42.5	44.1	3.00	576.31
	2016	8784	41.85	41.1	42.5	1.00	398.24
	2017	8760	56.55	55.5	57.6	2.10	485.94
	2018	8760	47.57	46.7	48.4	1.03	401.94
SO ₂	2014	8760	5.82	5.6	5.9	1.01	109.99
	2015	8760	8.76	8.5	8.9	1.00	145.54
	2016	8784	7.21	7.0	7.4	1.00	120.69
	2017	8760	8.01	7.7	8.2	1.03	136.14
	2018	8760	8.92	8.6	9.2	1.00	146.89

Geçmiş yıllara ait PM₁₀ ve SO₂ değişimlerinin analiz edildiği, 2014-2018 yılları arasında kirletici seviyelerinin değişimlerinin nasıl olduğu, bu kirleticilerin son beş yıllık zaman diliminde hangi yıllarda en yüksek kirletici seviyelerine ulaştığı veya hangi yıllarda en düşük kirletici seviyelerine sahip olduğunu analiz etmek için varyans analizi

(ANOVA) ve Post-Hoc çoklu karşılaştırma testleri uygulanmıştır.

Yapılan ANOVA testi sonucuna göre, hem PM₁₀ ve hem de SO₂ kirleticilerine ait yıllık ortalamalar birbirine eşit değildir, yıllar arasında farklılıklar vardır (PM₁₀ için p_{value}=0.00 ve SO₂ için p_{value}=0.00)

Tablo 3. Kirleticilerin yıl bazında kıyaslamalarını içeren Post-Hoc/LSD testi sonuçları

Kirletici	(I) Yıl	(J) Yıl	Ortalama Farkı (I-J)	Pvalues	Kirletici	(I) Yıl	(J) Yıl	Ortalama Farkı (I-J)	Pvalues	
PM ₁₀	2014	2015	3.93*	0.00	SO ₂	2014	2015	-2.94*	0.00	
		2016	5.45*	0.00			2016	-1.38*	0.00	
		2017	-9.24*	0.00			2017	-2.19*	0.00	
		2018	-0.26	0.659			2018	-3.09*	0.00	
	2015	2014	-3.93*	0.00			2015	2014	2.94*	0.00
		2016	1.51*	0.012				2016	1.55*	0.00
		2017	-13.18*	0.00				2017	0.75*	0.00
		2018	-4.20*	0.00				2018	-0.15	0.32
	2016	2014	-5.45*	0.00			2016	2014	1.38*	0.00
		2015	-1.51*	0.012				2015	-1.55*	0.00
		2017	-14.69*	0.00				2017	-0.80*	0.00
		2018	-5.72*	0.00				2018	-1.71*	0.00
	2017	2014	9.24*	0.00			2017	2014	2.19*	0.00
		2015	13.18*	0.00				2015	-0.75*	0.00
		2016	14.69*	0.00				2016	0.80*	0.00
		2018	8.97*	0.00				2018	-0.90*	0.00
	2018	2014	0.26	0.659			2018	2014	3.09*	0.00
		2015	4.20*	0.00				2015	0.15	0.32
		2016	5.72*	0.00				2016	1.71*	0.00
		2017	-8.97*	0.00				2017	0.90*	0.00

*Fark %95 önem düzeyinde istatistiksel olarak önemlidir

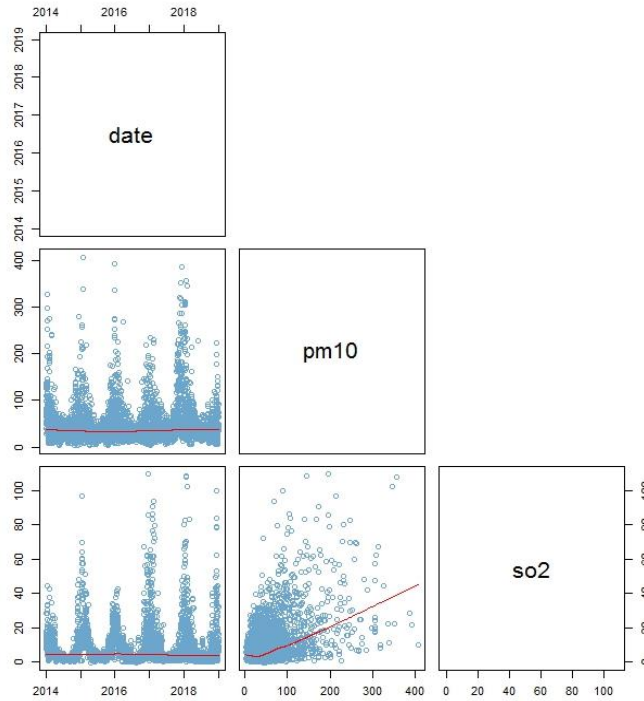
Tablo 3.'de sunulan, Post-Hoc çoklu kıyaslama testi için seçilen LSD (Least Squared Difference) yöntemine göre; PM_{10} seviyelerinde en yüksek yıllık ortalama 2017 yılında ölçülmüş olup, en düşük yıllık PM_{10} ortalaması ise 2016 yılında ölçülmüştür. Yine aynı şekilde, en yüksek yıllık SO_2 ortalaması 2018 yılında ve en düşük yıllık SO_2 ortalaması ise 2014 yılında ölçülmüştür. Her iki hava kirleticilerinin pik yaptığı yıllar veya en düşük seviyeye ulaştığı yıllar birbirinden farklıdır.

4.3. Hava Kirleticileri ile Meteorolojik Parametreler Arası Etkileşimler

Bölgesel meteorolojik koşullar, hava kirleticilerinin birincil ve ikincil oluşumlarında, taşınımında ve birikimlerinde önemli oynamaktadırlar (Radaideh, 2017). Yapılan birçok

araştırma, hava kalitesi ile meteorolojik parametreler arasında önemli bir ilişkinin olduğunu ortaya koymuşlardır. Özellikle rüzgar hızı ve yönü, sıcaklık ve oransal nemin hava kalitesi üzerinde önemli etkilere sahip olduğunu belirtmiştir. (Elminir, 2005; Beaver ve Palazoglu, 2009; Jacob ve Winner, 2009; Csavina vd., 2014; Zhang vd., 2015).

Çalışmamızda, öncelikle ele alınan iki emel hava kirleticileri olan PM_{10} ve SO_2 seviyelerinin birbiriyle olan ilişkileri grafiksel olarak R ortamında (Carslaw ve Ropkins, 2012) ve (Carslaw, 2015) tarafından geliştirilen "Openair" algoritması kullanılarak incelenmiştir. Hava kirleticileri arasındaki ilişkinin değişimi ile ilgili oluşturulan grafiksel görsel Şekil 4'de sunulmuştur.

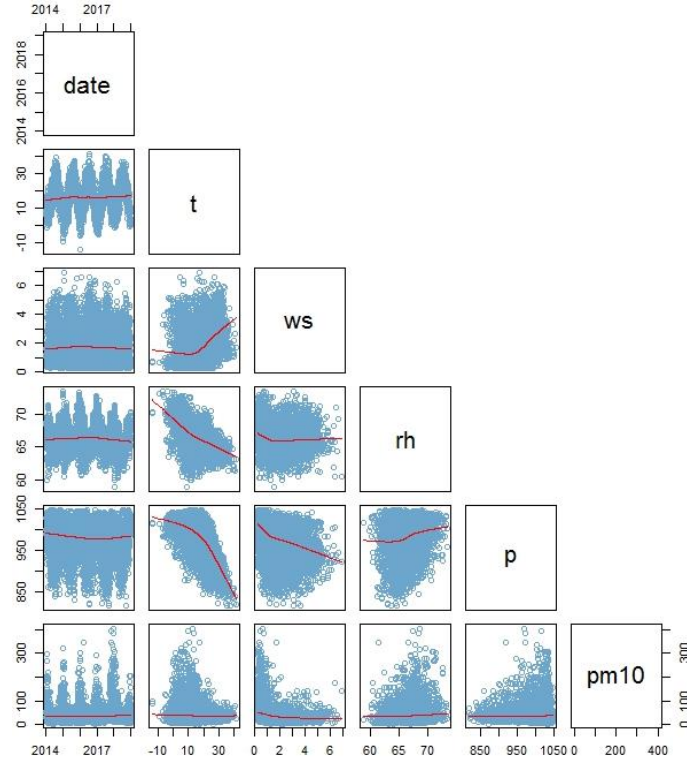


Şekil 4. PM_{10} ve SO_2 seviyelerinin zamansal ve bire-bir değişimi

Hava kirleticilerinin birbiriyle olan etkileşimlerini incelemek amacıyla oluşturulan grafiksel görselde (Şekil 4) PM_{10} ve SO_2 arasında pozitif yönde güçlü bir ilişkinin olduğu görülmektedir. Bir başka ifadeyle, PM_{10} seviyeleri artış eğiliminde olduğu zaman bu değişimle birlikte şehir merkezinde aynı zamanda SO_2 seviyelerinde de artış meydana gelmektedir. Özellikle soğuk mevsimlerde, PM_{10} ve SO_2 konsantrasyonlarının yüksek seviyelerde olması, Balıkesir bölgesi için

özellikle ısınmadan kaynaklı salınımlarda atmosferik PM_{10} ve SO_2 seviyelerinin birbiriyle etkileşimi açısından önemli bir sonuç ifade etmektedir.

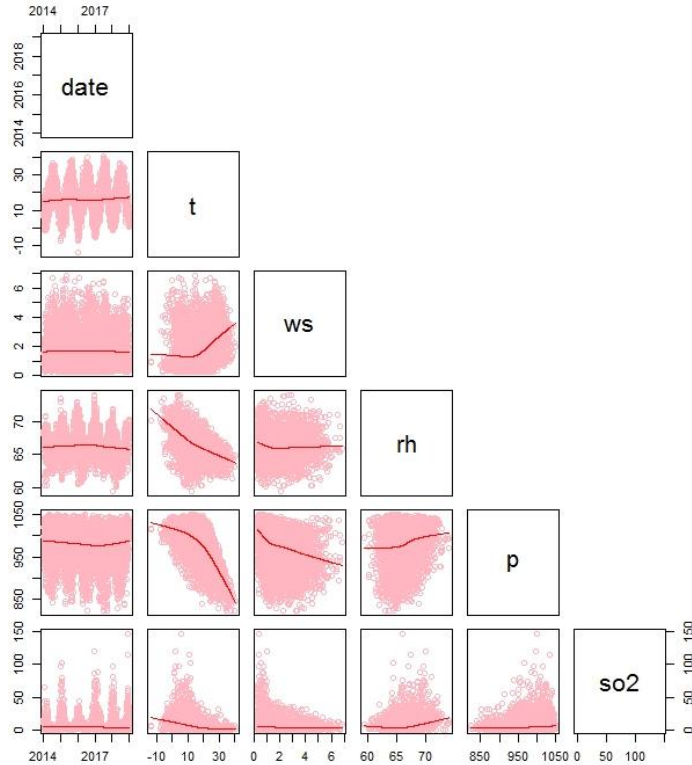
Yine R ortamında oluşturulan her bir kirleticiye ait meteorolojik parametreler karşında değişimlerini gösteren dağılımlar Şekil 5 ve Şekil 6'da sunulmuştur.



Şekil 5. PM₁₀ seviyelerinin meteorolojik parametrelerle değişimleri

Şehir merkezine ait son beş yıllık PM₁₀ seviyeleri ile yine aynı bölgede düzenli olarak ölçülen meteorolojik parametrelerin birbirleriyle olan değişimleri Şekil 5'de sunulmuştur. PM₁₀ seviyelerinin değişiminde etkili olan meteorolojik parametrelerden sıcaklık (t) ve rüzgar hızı (ws) ön plana çıkmaktadır. Sıcaklık ve rüzgar hızı PM₁₀

seviyelerinin değişiminde negatif yönde etki yaptığı bu çoklu karşılaştırmalı grafiklerden anlaşılabilir. Her bir meteorolojik parametrenin PM₁₀ seviyelerindeki değişimlere olan etki derecesinin daha net görülmek için korelasyon analizlerinin yapılması gerekmektedir.



Şekil 6. SO₂ seviyelerinin meteorolojik parametrelerle değişimleri

Benzer şekilde SO₂ seviyelerinin de yerel meteorolojik parametreler ile olan değişimleri Şekil 6'da çoklu olarak karşılaştırılmıştır. İlgili grafikte görülebileceği üzere, SO₂ seviyelerinde en önemli rol oynayan meteorolojik parametrelerin sıcaklık (t) ve sonrasında nem (rh) olduğu tespit edilmiştir. PM₁₀ seviye değişimlerinde olduğu gibi, SO₂ seviyelerinin meteorolojik parametreler karşısında değişimlerinin daha net belirleyebilmek için korelasyon analizlerinin yapılması gerekmektedir. Korelasyon analizlerine ait sonuçlar bir sonraki bölümde detaylı olarak ifade edilmiştir.

4.4. Hava Kirleticilerinin Meteorolojik Veriler İle Modellenmesi

PM₁₀ ve SO₂ hava kirleticilerinin değişimlerinde önemli rol oynayan meteorolojik parametrelerin, kirleticiler ile ilgili olası istatistiksel ilişkilerini incelemek amacıyla ilk olarak Pearson korelasyon analizleri yapılmıştır. Bu tür korelasyon analizleri çevresel ve hava kirliliği çalışmalarında yaygın olarak kullanılmaktadır (Çakır ve Abdullah, 2017; Yılmaz, 2017; Topal ve Hayaloğlu, 2017; Mutlu, 2019). Korelasyon analizi sonuçları Tablo 4'de sunulmuştur.

Tablo 4. Pearson korelasyon analizi sonuçları

Çoklu Korelasyon Matrisleri							
Pearson Korelasyon Katsayıları	PM ₁₀	PM ₁₀	t	ws	rh	p	
		PM ₁₀	1.000	-0.22	-0.34	0.20	0.11
		t	-0.22	1.000	0.28	-0.53	-0.66
		ws	-0.34	0.28	1.000	-0.09	-0.36
		rh	0.20	-0.53	-0.09	1.000	0.21
	p	0.11	-0.66	-0.36	0.21	1.000	
Pearson Korelasyon Katsayıları	SO ₂	SO ₂	t	ws	Rh	p	
		SO ₂	1.000	-0.41	-0.23	0.27	0.14
		t	-0.41	1.000	0.28	-0.53	-0.66
		ws	-0.23	0.28	1.000	-0.09	-0.36
		rh	0.27	-0.53	-0.09	1.000	0.21
	p	0.14	-0.66	-0.36	0.21	1.000	

Pearson korelasyon analizi sonuçlarına göre, Balıkesir şehir merkezinde PM₁₀ seviyelerinin değişimleri öncelikle rüzgar hızı (ws) ve sonrasında sıcaklık (t) parametreleri ile ilişkilendirilebilir. En yüksek korelasyon katsayıları rüzgar hızı ve sıcaklık olarak belirlenmiş olup, rüzgar hızı ve sıcaklık artması durumunda PM₁₀ seviyelerinde azalma yönünde bir eğilim göze çarpmaktadır.

Benzer durum, SO₂ seviyeleri incelendiğinde de görülmektedir. Şöyle ki, SO₂ seviyelerinin değişimlerinde en yüksek korelasyon katsayısı yine sıcaklık (t) parametresinde belirlenmiştir. Sıcaklık parametresinden sonra, nem (rh) ve yine rüzgar hızı (ws) önemli rol oynamaktadır. SO₂ seviyeleri sıcaklık ve rüzgar hızı artışı ile azalma eğiliminde olup, nemin artması ile artış eğiliminde olmaktadır.

Tablo 5. Kendall's Tau korelasyon analizi sonuçları

Çoklu Korelasyon Matrisleri							
Kendall's Tau Korelasyonu	PM ₁₀	Korelasyon Katsayıları	PM ₁₀	t	ws	rh	p
		p-values	.	0.00	0.00	0.00	0.00
		N	43824	43824	43824	43824	43824
Kendall's Tau Korelasyonu	SO ₂	Korelasyon Katsayıları	SO ₂	t	ws	rh	p
		p-values	.	0.00	0.00	0.00	0.00
		N	43824	43824	43824	43824	43824

**Fark %95 önem düzeyinde istatistiksel olarak önemlidir

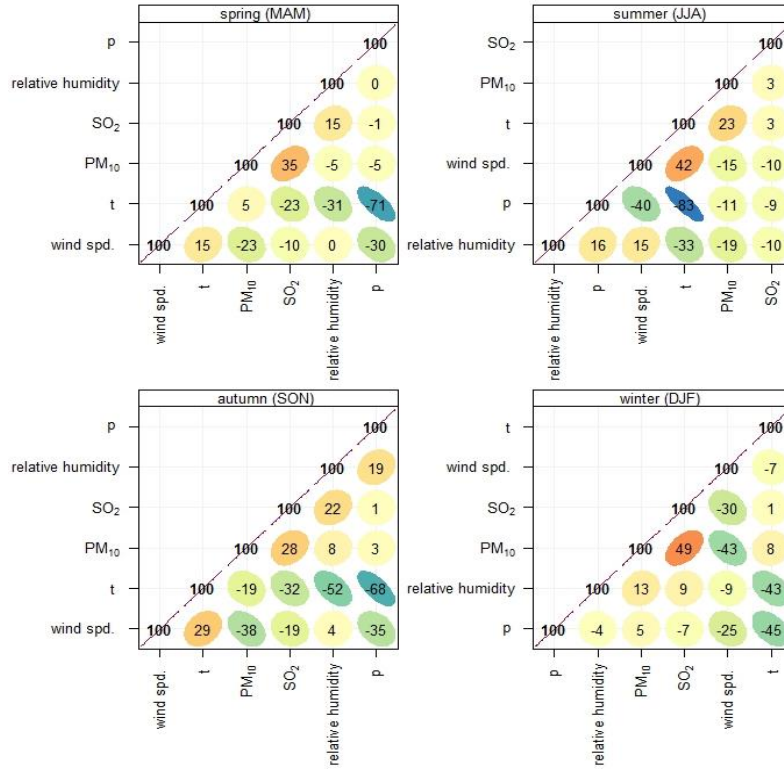
Çevresel analizlerde bağımsız ve normal dağılım gösteren geniş veri setlerinde yine çok kullanılan bir başka korelasyon analizi ise Kendall's Tau

analizidir (Cerro vd., 2015; Yolsal, 2016; Sanchez de la Campa vd., 2018). Korelasyon analiz sonuçları Tablo 5 'de sunulmuş olup, PM₁₀

seviyelerindeki değişimlerde rüzgar hızının (ws) en yüksek korelasyona, SO₂ seviyelerinde değişimler de ise sıcaklığın (t) en yüksek korelasyona sahip olduğu sonucuna varılmıştır. Bu sonuçla, Pearson korelasyon analizine benzer olarak, Kendall's Tau korelasyon analiz sonuçlarına göre, rüzgar hızı ile PM₁₀ seviyelerinin değişimine ilişkin ters yönlü korelasyon ve yine sıcaklık ile SO₂ seviyelerinin

değişimi arasında ise yine beklenildiği gibi ters yönlü korelasyon olduğu sonuçlarına varılmıştır.

Analiz kapsamında, ayrıca tüm parametrelerin mevsimlere ait korelasyonları ayrı ayrı incelenmiş olup, mevsimsel korelasyon grafikleri R ortamında oluşturulmuştur. İlgili mevsimsel korelasyonların sonuçlarının verildiği görsel Şekil 7'de sunulmuştur.



Şekil 7. Mevsimlere ait korelasyon analizi sonuçları

Hava kirleticilerinin ve meteorolojik parametrelerin mevsimsel olarak birbirleriyle nasıl etkileşim halinde olduğunu görebilmek için Şekil 7'de verildiği üzere mevsimlere ait çoklu korelasyon grafikleri oluşturulmuştur.

Grafikten de görüleceği üzere, en yüksek korelasyon PM₁₀ ve SO₂ arasında 0.49 olarak pozitif eğilimli olarak kış mevsiminde tespit edilmiştir. En düşük korelasyon ise 0.03 olarak yaz mevsiminde görülmüştür. Yine daha önceki korelasyon analizlerine benzer olarak, PM₁₀ ile rüzgar hızı, ayrıca SO₂ ile sıcaklık arasında özellikle ılık mevsimlerde yani ilkbahar, sonbahar ve soğuk mevsim olan kış mevsimlerinde görülmüştür. Bu sonuçlar daha önce yapılan Pearson ve Kendall's Tau analizleri ile uyum sağlamaktadır.

Kirleticiler üzerinde her bir meteorolojik parametrenin ayrı ayrı korelasyonlarının

incelenmesinden sonra, tüm meteorolojik parametrelerin bütün olarak etkisinde hava kirleticileri seviyelerinin deterministik olarak modellenmesi için hava kirleticileri ve tüm meteorolojik parametrelerden oluşan bir regresyon modeli oluşturulmuştur.

Oluşturulan regresyon modelinde, PM₁₀ ve SO₂ parametreleri bağımlı değişkenler, tüm meteorolojik parametreler ise bağımsız değişkenler olarak tanımlanmıştır. Oluşturulan regresyon modelinde "stepwise" yöntemi kullanılarak, her bir bağımlı değişkeni açıklayabilmek için bağımsız değişkenler her bir adımda modele tek tek dahil edilerek, modelde gerekli olan tüm bağımsız verilerin etkisi araştırılmış ve en yüksek R² değerine sahip model, bağımlı değişkeni açıklayabilmede uygun model olarak seçilmiştir. PM₁₀ seviyelerinin tahmin edilmesinde kurulan regresyon model sonuçları Tablo 6'da sunulmuştur.

Tablo 6. PM₁₀ parametresi için oluşturulan regresyon modeli adımları

Model Adımları	Model Katsayıları		t istatistiği	p _{values}	R ²	
	β	Std. Error				
1	β_0	66.290	0.306	216.806	0.00	0.12
	β_1 (ws)	-10.374	0.135	-77.026	0.00	
2	β_0	-155.806	5.693	-27.368	0.00	0.15
	β_1 (ws)	-9.906	0.133	-74.513	0.00	
	β_2 (rh)	3.334	0.085	39.066	0.00	
3	β_0	-123.071	6.473	-19.012	0.00	0.15
	β_1 (ws)	-10.440	0.142	-73.495	0.00	
	β_2 (rh)	3.515	0.087	40.430	0.00	
	β_3 (p)	-0.045	0.004	-10.579	0.00	
4	β_0	36.960	9.847	3.754	0.00	0.16
	β_1 (ws)	-10.234	0.142	-72.254	0.00	
	β_2 (rh)	2.339	0.102	22.859	0.00	
	β_3 (p)	-0.118	0.005	-21.771	0.00	
	β_4 (t)	-0.687	0.032	-21.483	0.00	

PM₁₀ hava kirleticisi için oluşturulan regresyon modeline ait adımlar Tablo 6'da gösterilmiştir. Regresyon analizi adımlarında, modele önce rüzgar hızı (ws) bağımsız değişkeni eklenmiş ve uygun R², β_0 ve β_1 katsayıları hesaplanarak model oluşturulmuştur. Bu oluşturulan ilk adım model için R² değeri 0.12 olarak hesaplanmıştır. Bunun anlamı, oluşturulan modelde, PM₁₀ seviyesinin tahmin etmek için sadece rüzgar hızı bağımsız değişkeni kullanılırsa, bu tek parametre olan rüzgar hızı modele dahil edilerek, PM₁₀ seviyesini sadece %12 oranında açıklayabilir sonucuna

varılmaktadır. Modele tüm bağımsız değişkenler olan meteorolojik parametreler dahil edildiğinde (4.adım) ise, R² değeri 0.16 olarak hesaplanmış olup ayrıca sabit katsayı (β_0) ve her bir bağımsız değişkenlere ait katsayılar (β_1 , β_2 , β_3 ve β_4) hesaplanmıştır. Tüm meteorolojik parametrelerin kullanılması halinde, PM₁₀ seviyesi ancak %16 oranında tahmin edilebilir veya açıklanabilir sonucunda varılmaktadır. Benzer şekilde, SO₂ seviyelerinin tahmin edilmesinde kurulan regresyon model sonuçları Tablo 7'de sunulmuştur.

Tablo 7. SO₂ parametresi için oluşturulan regresyon modeli adımları

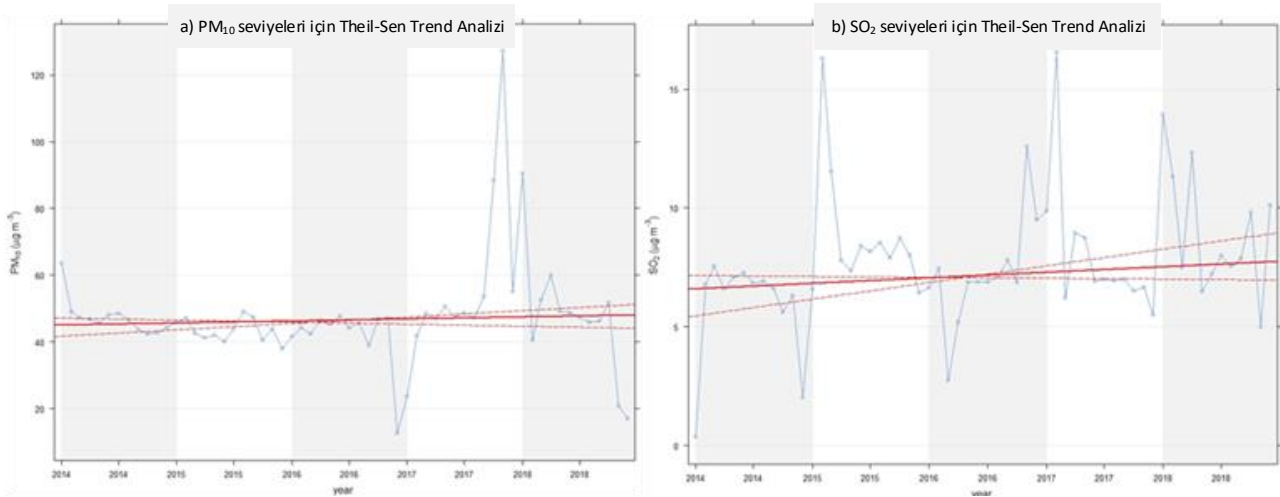
Model Adımları	Model Katsayıları		t istatistiği	p _{values}	R ²	
	β	Std. Error				
1	β_0	15.954	0.097	165.150	0.00	0.18
	β_1 (t)	-0.507	0.005	-96.585	0.00	
2	β_0	73.349	1.354	54.187	0.00	0.21
	β_1 (t)	-0.700	0.007	-101.961	0.00	
	β_2 (p)	-0.056	0.001	-42.505	0.00	
3	β_0	88.258	1.381	63.908	0.00	0.23
	β_1 (t)	-0.683	0.007	-101.019	0.00	
	β_2 (p)	-0.068	0.001	-51.711	0.00	
	β_3 (ws)	-1.415	0.035	-39.956	0.00	
4	β_0	78.352	2.463	31.813	0.00	0.24
	β_1 (t)	-0.662	0.008	-82.792	0.00	
	β_2 (p)	-0.067	0.001	-49.597	0.00	
	β_3 (ws)	-1.420	0.035	-40.076	0.00	
	β_4 (rh)	0.124	0.026	4.857	0.00	

Daha önce oluşturulan PM₁₀ regresyon modeline benzer olarak, bağımlı değişken olarak SO₂ seviyeleri kullanılmış olup, diğer bağımsız parametreler olan meteorolojik parametreler ise tek tek modele dahil edilmiştir. En yüksek R² değeri, PM₁₀ modelinde olduğu gibi, tüm bağımsız değişkenlerin modele dahil edildiği adım (4.adım) olan son modelde tespit edilmiştir. Model için hesaplanan R² değeri 0.24 olup, bu değer PM₁₀ modeli için hesaplanan R² değerinden nispeten daha yüksektir. Dolayısıyla, model sonucuna göre, tüm meteorolojik parametreler dahil edilerek SO₂ seviye tahminleri ancak %24 oranında açıklanabilmektedir.

4.5. Hava Kirleticilerine Ait Trend Analizleri

Trend analizleri son yıllarda geniş veri setleri içeren klimatolojik ve hidrolojik uygulamalarda

kullanılmaktadır (Guerreiro vd., 2014; Koudahe vd., 2017). Hava kirleticilerinin belirli bir bölge üzerinde zamanla değişimlerini incelemek için veri setlerinin doğasında var olan mevsimsellik değişimleri, kayıp veriler veya anormal değerler içermesi nedeniyle parametrik olmayan istatistiksel yöntemlerle trend analizleri yapılmaktadır (Carslaw, 2015; Yolsal, 2016; Okello vd., 2018). Çevresel çalışmalara ait monotonik eğilimli trend analizleri için en az beş yıllık ve aylık bazda veri setlerinin kullanılması tavsiye edilirken, trendlerin doğrusal eğimleri yani birim zamandaki değişimlerinin çoklu yıllar zaman dilimi içinde belirlenmesi için Theil-Sen trend tahmini yöntemi kullanılmıştır (Carslaw, 2015). Sen trend analizi sonuçları PM₁₀ ve SO₂ değişimleri için Şekil 8’de sunulmuştur.



Şekil 8. (a) PM₁₀ ve (b) SO₂ seviyelerinin değişimlerine ait beş yıllık trend grafiği

Theil-Sen trend analiz sonucunda, saatlik veriler üzerinde analiz edilmesini kolaylaştıran Carslaw Algoritması kullanılarak R ortamında elde edilen ve Şekil 8a’da sunulan grafiğe göre, kırmızı düz çizgiler son beş yıla ait PM₁₀ tahmin ortalamalarını, kesikli kırmızı çizgiler ise tahmin değerlerine ait %95 seviyede güven aralıklarını ifade etmektedir. Theil-Sen trend analizine göre, son beş yıllık zaman dilimi içerisinde PM₁₀ seviyeleri yıllık ortalama 45 -50 µg/m³ aralığında olacak şekilde artış eğilimi göstermektedir. Benzer şekilde, Theil-Sen trend analizi, çalışma alanında SO₂ seviyelerinin değişimleri için uygulanmış olup, trend analizi sonuçları Şekil 8b’de sunulmuştur. Theil-Sen trend analizi sonucunda göre, PM₁₀ trend artışına benzer şekilde, SO₂ seviyelerinin artış eğiliminde olduğu tespit edilmiştir. Söz konusu artış eğilimine göre,

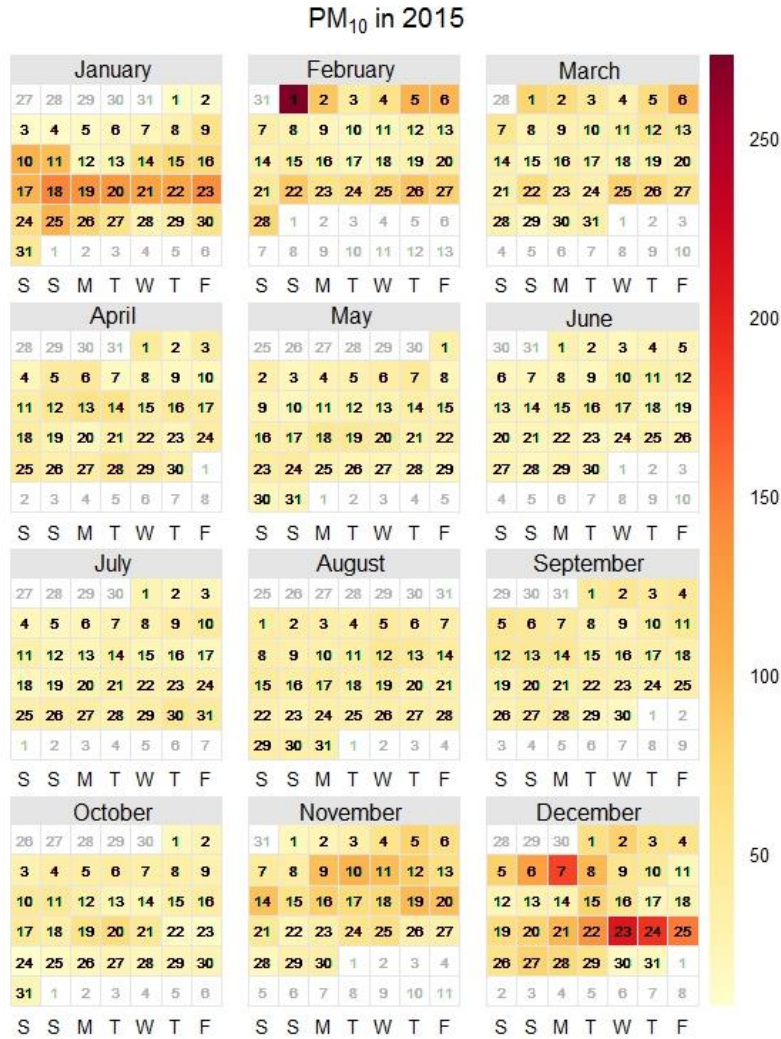
SO₂ seviyesi ortalama 8 µg/m³ üzerinde olduğu analiz sonuçlarına göre ifade edilebilir.

4.6. Şehir Merkezinde Hava Kirleticilerine Ait Epizotlar

Şehir merkezinde son beş yıllık zaman dilimi içerisinde en yüksek PM₁₀ konsantrasyonu 576.3 µg/m³ olarak 1. Şubat.2015 günü ölçülmüştür. En yüksek PM₁₀ seviyesinin ölçüldüğü yıl olan 2015 yılı için Carslaw Algoritması kullanılarak R ortamında oluşturulan kirlilik takviminde (Şekil 9) o yıla ait her bir takvim günü için ölçülen PM₁₀ seviyeleri belirtilmiş ve bu şekilde yıl içi günlük PM₁₀ dağılımları ve olası epizot günleri belirlenmesi için daha faydalı bir görsel oluşturulmuştur. Kirlilik takviminden de görüleceği üzere en yüksek PM₁₀ seviyesine sahip

gün 1. Şubat günü olarak tespit edilmiş olup, epizot günü için bu tarih seçilmiştir. En yüksek PM_{10} konsantrasyonun ölçüldüğü günün öncesinde veya sonrasında herhangi bir yüksek değer oluşmadığı da kirlilik takviminden

görülebilir. Sadece 1. Şubat gününü özel yapan ve PM_{10} konsantrasyonunun maksimum seviyeye çıkararak olağan dışı bir durumun incelenmesi gerekmektedir.



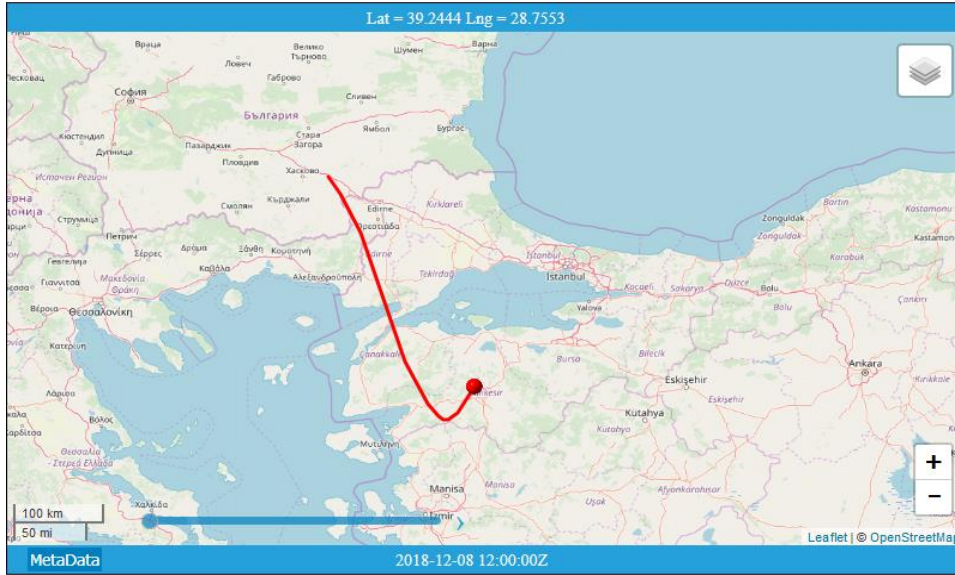
Şekil 9. 2015 yılı için PM_{10} seviyeleri için oluşturulan kirlilik takvimi

Epizot gününe ait olağan dışı durumun incelenmesinde, şehir merkezinin olduğu bölgede olası çevreden gelen toz taşınımı önem kazanmaktadır ve zaman zaman etkili olmaktadır. Dış bölgelerden hatta diğer ülke veya kıtalardan gelen toz yüklerinin araştırılmasında iki kaynak kullanılmıştır. Bu kaynaklardan ilki, Dünya Meteoroloji Örgütü'nün yönetiminde olan ve Barcelona Super Computing Center (BSCC) tarafından geliştirilen Global Toz Tahmini verileri incelenmiştir (URL-2, 2019). Epizot günü olan, 1.Şubat.2015 günü için veri tabanlarından Balıkesir merkez olmak üzere olası toz taşınımı incelenmiş ve söz konusu tarihte Doğu Avrupa ve Ortadoğu bölgesi için yapılan hem BSCC toz taşınımı modelinde Balıkesir ilinin de içinde bulunduğu bölgeye (Şekil 10.a'da kırmızı

çizgili daire içinde gösterilmiştir) Kuzey Afrika'dan yoğun olarak çöl tozlarının taşındığı sonucuna varılmıştır. Söz konusu taşınım, merkezi Amerika Birleşik Devletleri'nde bulunan National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) tarafından geliştirilen HYSPLIT hava taşınım modellerinde de tespit edilmiş olup ilgili model görseli Şekil 10.b'de sunulmuştur (URL-3, 2019). HYSPLIT modelinde ise yine Kuzey Afrika'dan başlayan ve Balıkesir ilinin de içinde bulunduğu ülkenin batı kısımlarını etkileyen hava kütlesi hareketinin olduğu açıkça görülmektedir. Sonuç olarak, il merkezinde en yüksek PM_{10} konsantrasyonunun ölçüldüğü epizot gününde Kuzey Afrika'dan kıtasal toz taşınımından gelen çöl tozlarının etkili olduğu sonucu çıkartılabilir.

Balıkesir şehir merkezinde son beş yıllık zaman diliminde diğer yıllarda maksimum seviye $60 \mu\text{g}/\text{m}^3$ seviyesini geçmediği görülmektedir. Şehir merkezine ait SO_2 epizot gününde bu anlık yükselişin sebebi iki yönlü düşünülebilir. İlk neden, o gün için oluşabilecek ani sıcaklık düşüşleridir. Epizot günü sıcaklık değeri 5°C

civarındadır. Dolayısıyla mevsim normalleri altında anormal bir soğuk hava etkisi olmamaktadır. Diğer neden ise, toz taşınımlarında olduğu gibi dış bölgelerden şehir merkezine doğru olabilecek hava kütlesi taşınımları olduğu düşünülmektedir.



Şekil 12. NOAA HYSPLIT trajectory modeline göre hava kütlesi taşınım modeli

Balıkesir şehir merkezine, epizot günü olan 8.Aralık günü oluşan hava kütleleri taşınımları NOAA HYSPLIT algoritması kullanılarak analiz edildiğinde, Şekil 12.'de gösterildiği gibi hava kütlesi taşınımlarının o günlerde Bulgaristan'ın güney doğu bölgesi üzerinden geldiği ve Bulgaristan'ın ülkemize sınırına yakın olan güney doğu bölgesinde Kovachevo şehrinde bulunan ve enerji üretim kapasiteleri 200-300 MW arasında değişen kömürle çalışan üç adet Maritsa Iztoq santralleri, yine yakın bölgede Obruchiste şehrinde bulunan 50 MW kapasiteli dört adet Brikel santrali ve Devin şehrinde bulunan 172 MW kapasiteli dört adet Deven santrali olmak üzere yaklaşık on bir adet termik santrallerden salınan SO_2 gazının etkisinde olabileceği tahmin edilmektedir. Ayrıca diğer önemli bir husus ise, Balıkesir şehir merkezi için geçmiş yıllara ait uzun dönemlik meteorolojik veriler incelendiğinde, bölgeye ait tipik enverziyon (atmosferik sıcaklık tersellenmesi) oluşumları özellikle Aralık aylarında en şiddetli seviyelerde olduğu tespit edilmiştir. SO_2 seviyesinin maksimum olduğu epizot günü incelemesinde lokal enverziyon etkisinin de olduğu düşünülmektedir ve ayrı bir çalışma kapsamında detaylı olarak incelenmesi gerekmektedir.

Kaynaklar

- Alberini, A. ve Krupnick, A., 1998. Air Quality and Episodes of Acute Respiratory Illness in Taiwan Cities: Evidence from Survey Data. *Journal of Urban Economics*, 44 (1), 68-92.
- Beaver, S. ve Palazoglu, A., 2009. Influence of synoptic and mesoscale meteorology on ozone pollution potential for San Joaquin Valley of California. *Atmospheric Environment*, 43, 1779-1788.
- Borge, R., Lumberras, J., Perez, J., de la Paz, D. ve Vedrenne, M., 2014. Emission inventories and modeling requirements for the development of air quality plans. Application to Madrid (Spain). *Science of the Total Environment*, 466, 809-819.
- Brunekreef, B. ve Holgate, S.T., 2002. Air pollution and health. *The Lancet*, 360 (9341), 1233-1242.
- Carslaw, D.C. ve Ropkins, K., 2012. Openair — an R package for air quality data analysis. *Environmental Modelling & Software*, 27 (28), 52-61.
- Carslaw, D.C., 2015. The open-air manual — open-source tools for analyzing air pollution data. Manual for version 1.1-4, King's College London, UK. 287p.

- Cerro, J.C., Cerda, V. ve Pey, J., 2015. Trends of air pollution in the western Mediterranean Basin from a 13-year database: A research considering regional, suburban and urban environments in Mallorca (Balearic Islands). *Atmospheric Environment*, 103,138-146.
- Csavina, J., Field, J., Félix, O., Corral-Avitia, A.Y., Sáez A.E. ve Betterton, E.A., 2014. Effect of wind speed and relative humidity on atmospheric dust concentrations in semi-arid climates. *Science of the Total Environment*, 487, 82-90.
- Çakır, S. ve Abdullah, A.H., 2017. Hava kirletici konsantrasyonlarının meteorolojik parametrelere dayalı çoklu-lineer regresyonla analizi: Kuzey Kıbrıs Örneği, VII. Ulusal Hava Kirliliği ve Kontrolü Sempozyumu, 1-3 Kasım 2017, Antalya, s.17.
- Elbir, T., Müezzinoğlu, A. ve Bayram, A., 2000. Evaluation of some air pollution indicators in Turkey. *Environmental International*, 26, 5-10.
- Elminir, H.K., 2005. Dependence of urban air pollutants on meteorology. *Science of the Total Environment*, 350, 225-237.
- Gomzi, M., 1999. Indoor air and respiratory health in preadolescent children. *Atmospheric Environment*, 33 (24-25), 4081-4086.
- Guerreiro, C., Foltescu, V. ve De Leeuw, F., 2014. Air quality status and trends in Europe. *Atmospheric Environment*, 98, 376-384.
- Helander, M.L., Savolainen, J. ve Ahlholm, J., 1997. Effects of air pollution and other environmental factors on birch pollen allergens. *Allergy: European Journal of Allergy & Clinical Immunology*, 52(12), 1207-1214.
- HKDYY, 2008. Hava Kalitesi Değerlendirme ve Yönetimi Yönetmeliği, Resmi Gazete Tarihi: 06.06.2008, Resmi Gazete Sayısı: 26898. Ankara.
- Jacob, D.J. ve Winner, D.A., 2009. Effect of climate change on air quality. *Atmospheric Environment*, 43, 51-63.
- Koçman, A., 1993. Türkiye İklimi, Ege Üniversitesi Yayınları, Yayın No:72, İzmir.
- Koudahe, K., Djaman, K., Bodian, A., Irmak, S., Sall, M., Diop, L., Balde, A.B. ve Rudnick, D., 2017. Trend analysis in rainfall, reference evapotranspiration and aridity index in southern senegal: adaptation to the vulnerability of rainfed rice cultivation to climate change. *Atmospheric and Climate Sciences*, 7 (4), 476-495.
- Martonen T.B. ve Schroeter, J.D., 2003. Risk assessment dosimetry model for inhaled particulate matter: I. Human subjects. *Toxicology Letters*, 138 (1-2), 119-132.
- Monn, C., Alean-Kirkpatrick, P., Künzli, N., Defila, C., Peeters, A., Ackermann-Liebrich, U., Leuenberger, F. ve SAPALDIA Team, 1999. Air pollution, climate and pollen comparisons in urban, rural and alpine regions in Switzerland (SAPALDIA study). *Atmospheric Environment*, 33 (15), 2411-2416.
- Moshammer, H. ve Neuberger, M., 2003. The active surface of suspended particles as a predictor of lung function and pulmonary symptoms in Austrian school children. *Atmospheric Environment*, 37, 1737-1744.
- Mutlu, A., 2018. Sanayi kaynaklı karbonmonoksit salınımlarının AERMOD dağılım modeli ile incelenmesi. *Uludağ Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi*, 23(2), 275-286. Doi: 10.17482/uumfd.398123.
- Mutlu, A., 2019. Balıkesir şehir merkezinde trafik kaynaklı hava kirliliği seviyelerinin analizi, *BAUN Fen Bil. Enst. Dergisi*, 21 (1), 152-168. Doi: 10.25092/baunfbed.532605.
- Okello, N.O., Camminga, S., Okello, T.W. ve Zunckel, Mark., 2018. Spatial and temporal trends of PM₁₀ and SO₂ in the Richards Bay area. *Clean Air Journal*, 28 (2), 80-89.
- Radaideh, J.A., 2017. Effect of meteorological variables on air pollutants variation in arid climates. *Journal of Environmental & Analytical Toxicology*, 7 (4), 1-12.
- Samoli, E., Stafoggia, M., Rodopoulou, S., Ostro, B., Declercq, C., Alessandrini, E., Díaz, J., Karanasiou, A., Kelessis, A., Le Tertre, A., Pandolfi, P., Randi, G., Scarinzi, C., Zauli-Sajani, S., Katsouyanni, K. ve Forastiere, F., 2013. Associations between fine and coarse particles and mortality in Mediterranean cities: results from the MED-particles project. *Environ. Health Perspect.*, 121, 8.
- Sanchez de la Campa, A.M., Sánchez-Rodas, D., Alsioufi, L., Alastuey, A., Querol, X., ve de la Rosa, J.D., 2018. Air quality trends in an industrialised area of SW Spain. *Journal of Cleaner Production*, 186, 465-474.
- Stafoggia, M., Samoli, E., Alessandrini, E., Cadum, E., Ostro, B., Berti, G., Faustini, A., Jacquemin, Linares C., Pascal, M., Randi, G., Ranzi, A., Stivanello, E. ve Forastiere, F., 2013. Short-term associations between fine and coarse particulate matter and hospitalizations in southern Europe: Results from the MED-

- particles project. *Environ. Health Perspect.*, 121, 9.
- Tağıl, Ş., 2007. Balıkesir’de hava kirliliğinin solunum yolu hastalıklarının mekânsal dağılışı üzerine etkisini anlamada jeo-istatistik teknikler, *Coğrafi Bilimler Dergisi*, 5 (1), 37-56.
- Tecer, L.H., 2009. A factor analysis study: Air pollution, meteorology, and hospital admissions for respiratory diseases. *Toxicological & Environmental Chemistry*. 91 (7), 1399-1411.
- Tecer, L.H., 2013. Balıkesir’de hava kirliliğinin çocuk ve yetişkinlerde solunum hastalıklarına etkilerinin belirlenmesi üzerine bir alan çalışması. *Hava Kirliliği Araştırmaları Dergisi*, 2, 11–20.
- Tian, J. ve Fernandez, G., 1999. Seasonal trend analysis of monthly water quality data. University of Alberta School of Business Research Paper No. 2013-1203. URL <https://ssrn.com/abstract=2284439>. 02 Nisan 2019.
- Timonen, K.L., Pekkanen, J., Tiittanen, P. ve Salonen, R.O., 2002. Effects of air pollution on changes in lung function induced by exercise in children with chronic respiratory symptoms. *Occup. Environ. Med.*, 59, 129-134.
- Topal, M.H. ve Hayaloğlu, P., 2017. Farklı Gelişmişlik Düzeylerinde Kurumsal Kalitenin Çevre Performansı Üzerindeki Etkisi: Ampirik Bir Analiz. *Sosyoekonomi*, 25 (32), 189-212.
- URL-1, 2017. TÜİK, Yıllara göre bölge nüfusları. 2000-2017. URL-1, <http://www.tuik.gov.tr/UstMenu.do?metod=temelist>. 18 Şubat 2019.
- URL-2, 2019. Barcelona Super Computing Center, Global toz dağılımı merkezi. <https://sds-was.aemet.es/forecast-products/dust-forecasts>. URL, <https://sds-was.aemet.es/forecast-products/dust-forecasts>. 08 Nisan 2019.
- URL-3, 2019, National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA), HYSPLIT taşınım modellemesi. https://www.ready.noaa.gov/HYSPLIT_traj.php.
- URL, <https://www.ready.noaa.gov/READYtransp.php>. 02 Nisan 2019.
- Visscher, A., 2014. *Air Dispersion Modeling*, John Wiley & Sons Press. Hoboken, New Jersey. 634p.
- Wang, L.K., Pereria, N.C. ve Hung, Y.T., 2004. *Air Pollution Control Engineering*, Humana Press, Totowa, New Jersey. 505 p.
- WHO (World Health Organization), 2006. *Air quality guidelines for particulate matter, ozone, nitrogen dioxide and sulfur dioxide. Summary of Risk Assessment*. Geneva, Switzerland.
- WHO (World Health Organization), 2016. *Ambient Air Pollution: A Global Assessment of exposure and burden of disease*. Geneva, Switzerland.
- Williams, R., Creason, J., Zweidinger, R., Watts, R., Sheldon L. ve Shy, C., 2000. Indoor, outdoor, and personal exposure monitoring of particulate air pollution: the Baltimore elderly epidemiology-exposure pilot study. *Atmospheric Environment*, 34 (24), 4193-4204.
- Wong, G. W. K., Ko, F. W. S., Lau, T. S., Li, S. T., Hui, D., Pang, S. W., Leung, R., Fok, T. F. ve Lai, C.K.W., 2000. Temporal relationship between air pollution and hospital admissions for asthmatic children in Hong Kong. *Clinical and Experimental Allergy*, 31 (4), 565-569.
- Wordley, J., Walters, S. ve Ayres, J., 1997. Short term variations in hospital admissions and mortality and particulate air pollution. *Occupational & Environmental Medicine*, 54(2), 108-116.
- Yılmaz, A., 2017. The effects of climate parametres on air pollution parametres: bolu province sample. *Journal of Current Researches on Social Sciences*, 7, 413-436.
- Yolsal, H., 2016. Estimation of the air quality trends in Istanbul. *Marmara Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 38(1), 375-399.
- Zhang H., Wang Y., Hu J., Ying Q., ve Hu X.M., 2015. Relationships between meteorological parameters and criteria air pollutants in three megacities in China. *Environmental Research*, 140, 242-254.

PbO-Grafen Elektrot Yüzeyinde Askorbik Asit ile Dopaminin Eşzamanlı Elektrokimyasal Tespiti

Simultaneous Electrochemical Detection of Ascorbic Acid and Dopamine on PbO-Graphene Electrode

Bingül KURT URHAN^{1,a}, Tuba ÖZNÜLÜER ÖZER^{2,b}, Hülya ÖZTÜRK DOĞAN^{*3,c}

¹Atatürk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Nanobilim ve Nanomühendislik Bölümü, Erzurum, Türkiye

²Atatürk Üniversitesi, Fen Fakültesi, Kimya Bölümü, Erzurum, Türkiye

³Atatürk Üniversitesi, Erzurum Meslek Yüksek Okulu, Kimya ve Kimyasal İşleme Teknolojileri Bölümü, Erzurum, Türkiye

• Geliş tarihi / Received: 31.01.2019 • Düzeltilek geliş tarihi / Received in revised form: 10.07.2019 • Kabul tarihi / Accepted: 04.08.2019

Öz

Bu çalışmada, kurşun oksit-grafen (PbO-G) nanokompozitlerinin Au elektrot yüzeyinde katodik elektrodpozisyonu; yeni bir elektrokimyasal metot kullanılarak Pb+2 ve grafen oksit ihtiva eden aynı çözelti içerisinde, sabit tek bir potansiyelde gerçekleştirildi. Elde edilen kompozit malzemenin morfolojik ve yapısal özelliklerini analiz etmek için XRD, XPS, SEM ve EDS spektroskopisi teknikleri kullanıldı. PbO-G nanokompoziti askorbik asit (AA) ile dopaminin (DA) eşzamanlı elektrokimyasal tespiti için çıplak Au ve PbO-modifiye edilmiş Au elektrotlardan daha yüksek bir akım yoğunluğu ve daha düşük oksidasyon potansiyeli gösterdi. Ayrıca DA'ın PbO-G elektrot yüzeyinde amperometrik tayini incelendi ve 0.5 µM ile 100 µM arasındaki doğrusal aralıkta tayin sınırı (sinyal/gürültü oranı=3 için) 0.001±0.00028 µM olarak hesaplandı. PbO-G nanokompozit modifiye elektrot, AA varlığında DA'ın elektrokimyasal tespiti ve amperometrik tayini için yeni, basit ve düşük maliyetli bir analiz yöntemi sağlamaktadır.

Anahtar kelimeler: Askorbik asit, Dopamin, Grafen, Grafen oksit, Kurşun oksit

Abstract

In this study, cathodic electrodeposition of lead oxide-graphene (PbO-G) nanocomposites on Au electrode surface was carried out by a new one-pot electrochemical method in the same solution containing Pb+2 and graphene oxide. XRD, XPS, SEM, and EDS spectroscopy techniques were employed to analyze the morphological and structural characteristics of the composite materials. For simultaneous electrochemical detection of ascorbic acid (AA) and dopamine (DA), the PbO-G nanocomposite exhibited a higher current density and lower oxidation potential than the bare Au and PbO-modified Au electrodes. Also, the amperometric detection of dopamine on PbO-G electrode surface was investigated and the limit of detection was estimated as 0.001 µM in the linear range from 0.5 µM to 100 µM (at a signal-to-noise ratio of 3.0). This PbO-G nanocomposite-modified electrode provided a novel, simple, and low-cost route for the electrochemical detection and amperometric sensing of DA in the presence of AA.

Keywords: Ascorbic acid, Dopamine, Graphene, Graphene oxide, Lead oxide

*Hülya Öztürk Doğan, hdogan@atauni.edu.tr, Tel:(0442) 231 2636, orcid.org/0000-0002-4072-7744

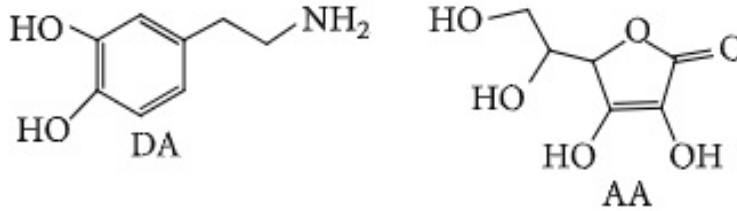
^a orcid.org/0000-0002-8742-6789

^b orcid.org/0000-0001-5148-2984

1. Giriş

Askorbik asit (AA) ve dopamin (DA) merkezi sinir, böbrek ve hormonal sistemlerde önemli bir rol oynamaktadır (Gopalan vd., 2007; Wang vd., 2009). Vücutta bu maddelerin eksikliği kanser, Parkinson hastalığı ve kardiyovasküler hastalıklar gibi birçok kötü hastalığın semptomlarına yol açabilmektedir (Hu vd., 2009). Bununla birlikte, AA ve DA'nın elektrokimyasal aktivitelerinin bulunması, AA ve DA tespitinde elektroanaliz yöntemlerine olan ilgiyi arttırmıştır. Bununla birlikte, DA ile AA metabolik sistemde birlikte bulunması ve elektrokimyasal tespitinde oksidasyon potansiyellerinin birbirine oldukça yakın olması potansiyometrik olarak ayrılmasını güçleştirir

(Wang vd., 2009; Hu vd., 2009). Bu problemin üstesinden gelmek için karbon nanotüpler, karbon nanofiberler ve grafen (G) de dahil olmak üzere çeşitli karbon bazlı malzemeler ile iletken polimerler, metaller veya metal oksitler kullanılarak hazırlanan modifiye elektrotlar sayesinde oksidasyon potansiyellerinin birbirinden ayrılması hedeflenmiştir (Palanisamy vd., 2013). Son zamanlarda, grafen tabanlı elektrokimyasal sensörler DA'nın elektrokatalitik oksidasyonu için yaygın olarak kullanılmaktadırlar (Wang vd., 2009; Kim vd., 2010; Sun vd., 2011; Palanisamy vd., 2013; Wang vd., 2014). DA ve AA yapıları Şekil 1'de verilmiştir.



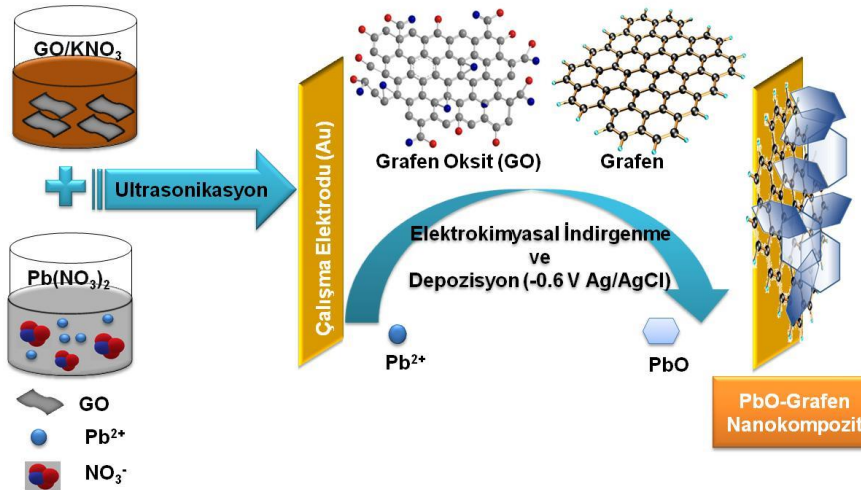
Şekil 1. Dopamin ve askorbik asit yapıları

Kurşun oksit, oksidasyon durumuna bağlı olarak PbO, PbO₂, Pb₂O₃ ve Pb₃O₄ olmak üzere dört formda bulunur (Mizoguchi vd., 1996; Li vd., 2012). Bu formlar arasında, kurşun (II) oksit (PbO), optoelektronik özellikleri nedeniyle dikkat çekicidir (Kwon vd., 2011). Saf PbO; Pb₃O₄, Pb₂O₃ ve Pb₁₂O₁₉ gibi farklı kurşun bileşiklerinin termal ayrışmasıyla üretilmektedir (Sajadi, 2011). Literatürde PbO üretimi için termal birikim, sonokimyasal biriktirme, sprey piroliz, ve elektrodepozisyon teknikleri kullanılmıştır (Konstantinov vd., 2006). Elektrokimyasal depozisyon, kristalin ince filmlerin ve yüksek kaliteli elektrokimyasal biriktirilmiş malzemelerin, ısı işlem olmaksızın oda sıcaklığında doğrudan oluşumuna yol açar (Dan vd., 2012). Diğer kurşun oksitler ile karşılaştırıldığında PbO₂ kapsamlı bir şekilde araştırılmışken, sadece birkaç çalışma PbO'nin elektrokimyasal sentezini bildirmiştir (Zhitomirsky vd., 1995) ve hem PbO hem de PbO kompozitlerinin analitik uygulamaları da son derece sınırlıdır. Mn⁺² dedeksiyonu için Velayutham ve Noel (1992), Pb(CH₃COO)₂ içeren KNO₃ çözeltisinden sabit potansiyel elektrolizi yöntemini kullanarak polipirol/kurşun oksit kompozit elektrot hazırladılar. Ayrıca, PbO'nin bakır (Shahid vd., 2011; Li vd., 2015), polianilin (Parveen vd., 2013), grafit (Pan vd., 2009) ve

amorftan karbon (Ng vd., 2006) ile oluşturulan nanokompozit elektrot malzemeleri de literatürde mevcuttur. Ramesha ve Sampath (2011), camsı karbon elektrot üzerinde grafen oksit/PbO kompozitini, iki aşamalı bir elektrokimyasal yöntemle sentezlemiştir. Bununla birlikte, PbO-G film-modifiye edilmiş Au elektrodun doğrudan tek potansiyelde elektrokimyasal sentezi ve biyosensör uygulamaları literatürde şimdiye kadar bildirilmemiştir. Bu çalışmada, PbO-G hibrit film elektrotlar sabit tek bir potansiyel uygulanarak elektrokimyasal teknik ile başarılı bir şekilde üretilmiş ve AA varlığında DA'nın elektrokimyasal tespitinde elektrot malzemesi olarak kullanılmıştır.

2. Deneysel Çalışmalar

PbO-G nanokompozit elektrotların elektrokimyasal sentezi BAS100i potansiyostat cihazı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Üç elektrotlu hücre sisteminde çalışma elektrodu olarak Au, karşıt elektrot olarak Pt tel ve referans elektrot olarak ise Ag/AgCl (3 M KCl) kullanılmıştır. PbO-G kompozitleri -600 mV'ta 1 dakika süre ile depozisyon yapılar hazırlanmıştır. Elektrokimyasal sentez prosesi Şekil 2'de şematik olarak gösterilmiştir:



Şekil 2. PbO-grafen nanokompozitinin elektrokimyasal sentezinin şematik gösterimi

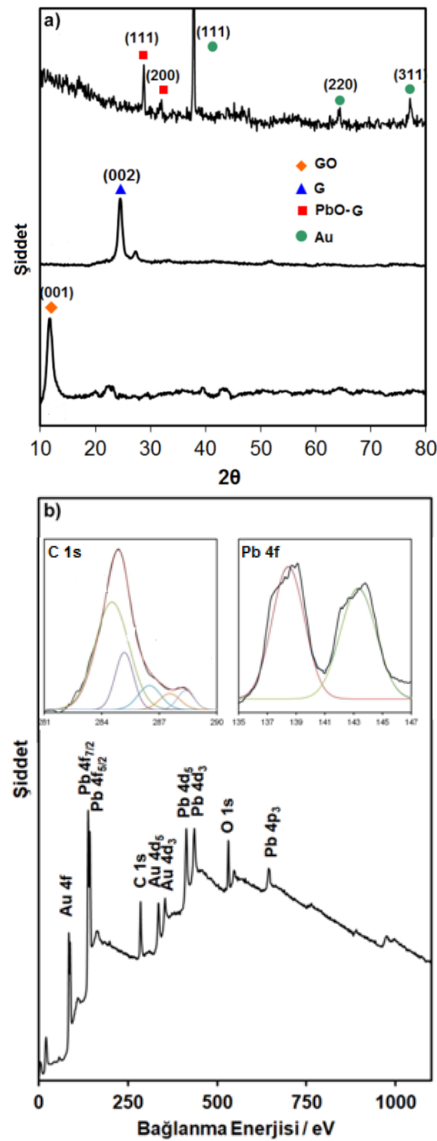
Deneylerde kullanılan grafen oksit (GO), kurşun nitrat ($\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$), dopamin (DA), askorbik asit (AA), sodyum dihidrojen fosfat (NaH_2PO_4) ve disodyum hidrojen fosfat (Na_2HPO_4) kimyasalları Sigma-Aldrich firmasından alındı. 0.1 M fosfat tamponu (PBS, pH 7.0) içinde 10 mM DA stok çözeltisi hazırlandı ve 4°C 'de muhafaza edildi.

PbO-G nanokompozitlerinin karakterizasyonu, taramalı elektron mikroskobu (SEM, FEI Quanta), enerji dağılım spektroskopisi (EDS, FEI Quanta ile birleştirilmiş), X-ray fotoelektron spektroskopisi (XPS, PHI 5000 VersaProbe) ve X-ışınları kırınım spektroskopisi (XRD, Rigaku Advance) teknikleri kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

3. Bulgular ve Tartışma

3.1. PbO-G Nanokompozitlerinin Karakterizasyonu

GO ve Pb^{+2} karışım çözeltisinden 1 dakika süre ile -600 mV'ta sentezlenen kompozit filmin kristal yapısını karakterize etmek için XRD tekniği kullanıldı. Kompozit filmin tek basamaklı elektrokimyasal sentezinde çıkış maddesi olarak grafen oksit (GO) kullanılmıştır. GO elektrokimyasal indirgenme sonrasında grafen (G) yapısına dönüşmektedir. Bu dönüşümün kompozit yapıda da gerçekleştiğini karşılaştırmak amacıyla XRD spektrumları aynı grafikte gösterildi (Şekil 3a). GO'ye karşılık gelen karakteristik kırınım piki $2\theta=11.1^\circ$ 'de gözlenmektedir. Elektrokimyasal indirgemenin ardından GO'ye karşılık gelen pik tamamen ortadan kaybolmuş ve $\sim 24.4^\circ$ 'de G yapısına ait yeni bir kırınım piki ortaya çıkmıştır.

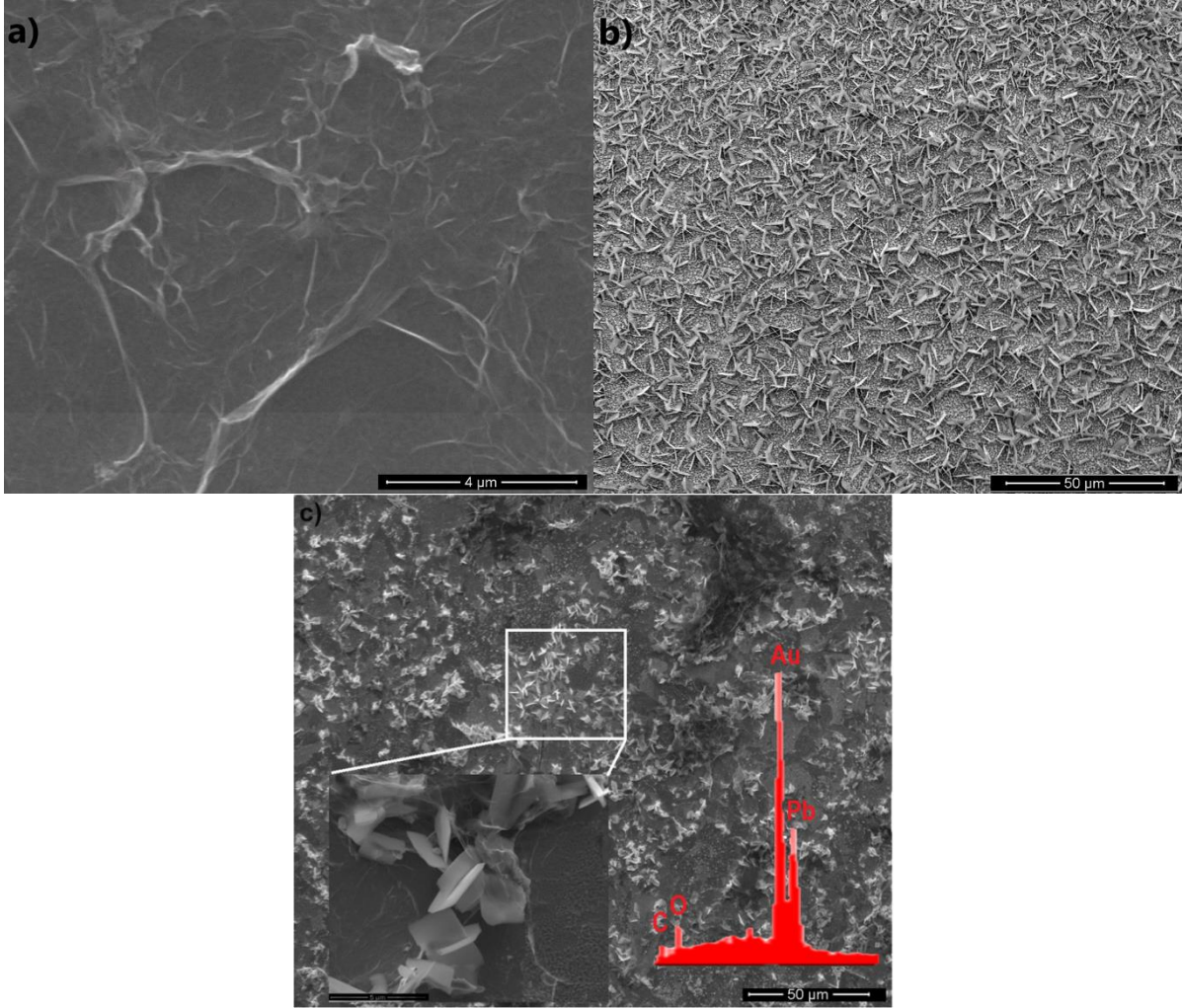


Şekil 3. a) GO, G ve PbO-G nanokompozitinin XRD spektrumları, b) PbO-G nanokompozitinin genel tarama XPS spektrumu (iç grafikler C1s ve Pb4f XPS spektrumları)

Bu pik, literatürde grafitin (002) kristal yapısı için elde edilen ile oldukça uyumludur (Wang vd., 2012).

Kompozit filmin XRD spektrumunda ise PbO ve G piklerinin yanı sıra substrat olmasından kaynaklı Au'na ait kırınım pikleri de gözlenmiştir. PbO-G için $2\theta=28.6^\circ$ ve 32.6° 'da gözlenen iki ana karakteristik pik sırasıyla PbO'in (111) ve (200) Miller indekslerine karşılık geldiği belirlenmiştir (JCPDS CAS no. 1317-36-8) (Stillman vd., 1984). G içeren kompozitlerde artan düzensiz istiflenmenin ve G tabakalarının daha az aglomerasyonunun bir sonucu olarak; G tabakaları birbirlerinden uzaklaşmakta ve G'e ait XRD kırınım pik şiddeti daha küçük olmaktadır (Chen vd., 2011). Hatta XRD spektrumunda G piki gözlenmemektedir (Wang vd., 2016). Bu duruma benzer davranış PbO-G kompozitine ait XRD spektrumunda da tespit edilmiştir.

Kompozit malzemedeki metal oksit ve karbon yapılarına ait bağlanma enerjileri XPS spektroskopisi tekniği kullanılarak ölçülmüştür. XPS spektrumunda; Pb 4f bölgesine ait bağlanma enerjisi değerleri Pb'un metalik veya oksit formunda olduğu hakkında bilgi verir. Metalik Pb için $4f_{5/2}$ ve $4f_{7/2}$ pikleri sırasıyla 142.0 ve 137.3 eV değerindedir. PbO yapısındaki Pb pikleri ise $4f_{5/2}$ için 143.5 ve $4f_{7/2}$ için 138.6 eV'ta gözlenir. Şekil 3b'de verilen XPS spektrumundaki Pb pikleri tamamen PbO yapısı ile uyumludur. Ayrıca karbon (C) bölgesine ait spektrum incelendiğinde; GO yapısındaki oksijen içeren fonksiyonel gruplara ait 285-289 eV arasındaki pik şiddetleri elektrokimyasal indirgenme ile azalarak C=C çift bağına dönüşüm gerçekleşmiştir. XRD ve XPS spektrumlarına göre sabit tek potansiyel depozisyon yöntemi kullanılarak PbO-G nanokompozitlerinin elektrokimyasal olarak sentezlenebileceği görülmektedir.

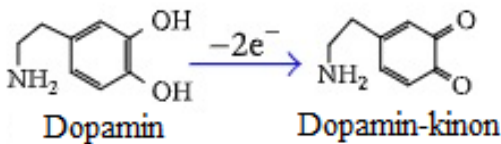


Şekil 4. a) G, b) PbO ve c) PbO-G nanokompozitinin SEM görüntüleri (c iç şekiller: PbO-G nanokompozitinin 20000x büyütme oranında alınmış SEM görüntüsü ve EDS spektrumu).

Oldukça düz ve tanımlı bir yüzeye sahip Au elektrodun PbO-G nanokompoziti ile modifikasyonunu morfolojik olarak incelemek amacıyla SEM görüntüleri alınmıştır. Bu amaçla Au elektrotlar öncelikle sadece G ve sadece PbO yapıları ile kaplanmıştır (aynı deneysel şartlar altında hazırlanan numuneler kullanılmıştır). Şekil 4a'da Au yüzeyi sadece G tabakası ile modifiye edilmiş ve G'nin kıvrımlı çarşafimsı yapısı oldukça net bir şekilde görülmüştür. GO içermeyen çözeltiden PbO elde edebilmek amacıyla Pb⁺² çözeltisinden sabit akış hızında oksijen gazı geçirilmiştir. Şekil 4b'de sadece PbO tabakasına ait alınan SEM görüntüsünde PbO'ün palet yapıları net bir şekilde görülebilmektedir. Şekil 4c, Au elektrodu üzerinde biriktirilen PbO-G kompozit filmlerin SEM görüntülerini göstermektedir. PbO-G'in SEM görüntüsünde de G tabakasının oldukça ince, kıvrımlı ve buruşuk morfolojiye sahip olduğu belirlenmiştir. Kompozit için alınan 1200x büyütme SEM görüntüsünde yüzeyin kompozit film ile tamamen kaplandığı ve G yüzeyinde herhangi bir agregasyon olmadan PbO paletlerinin homojen olarak dağıldığı görülmektedir. Şekil 4c'de iç resim olarak verilen 20000x büyütme SEM görüntüsü, PbO parçacıklarının ortalama 3 µm'lik bir parçacık boyutuna sahip palet şeklinde olduğunu gösterir.

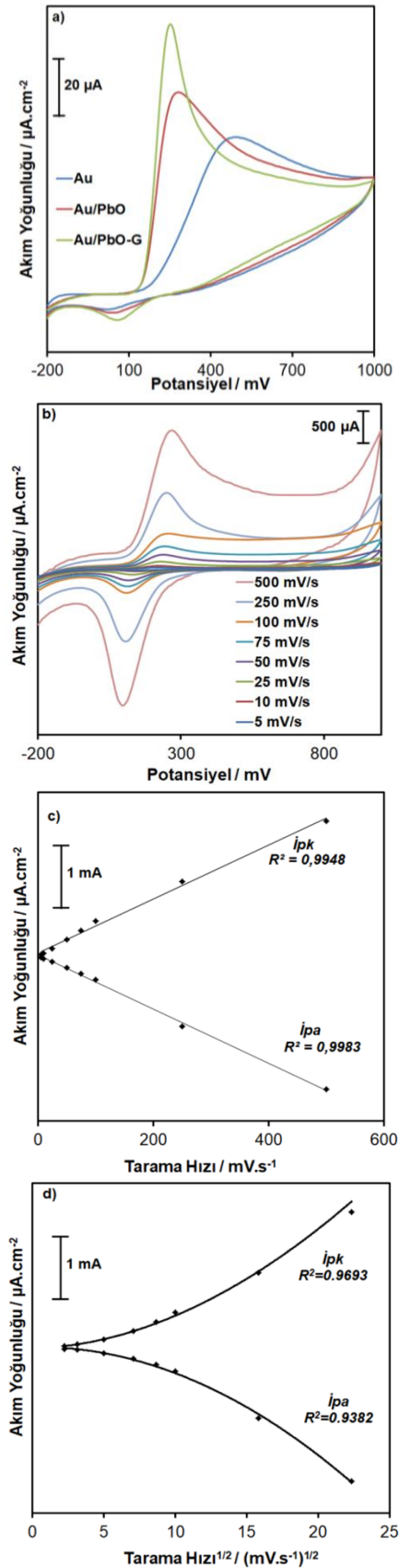
3.2. PbO-G Elektrotta Askorbik Asit Varlığında Dopaminin Elektrokimyasal Davranışı

DA elektrokimyasal olarak yükseltgenen bir madde olup, yükseltgenme tepkimesi Şekil 5'te verilmiştir. Biyolojik ve farmasotik olarak oldukça önemli olan DA ve AA'nin elektrokimyasal davranışlarına karşı Au elektrodun katalitik aktivitesini geniş ölçüde değiştirebilmek amacıyla, Au elektrot PbO ve PbO-G kompoziti ile modifiye edildi.



Şekil 5. Dopaminin elektrokimyasal yükseltgenme tepkimesi

10.0 mM DA içeren 0.1 M fosfat tamponunda (PBS) çıplak Au, PbO-modifiye edilmiş Au (Au-PbO) ve PbO-G kompoziti modifiye Au (Au-PbO-G) elektrotların 50 mV/s tarama hızında kaydedilen dönüşümlü voltamogramları Şekil 6a'da karşılaştırılmıştır.



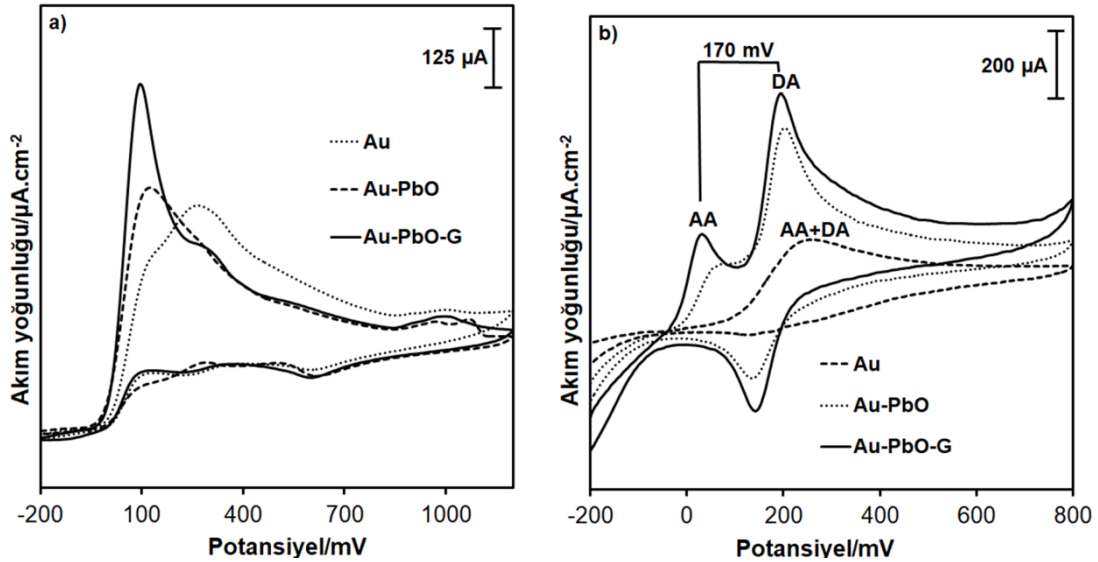
Şekil 6. a) Au, Au-PbO ve Au-PbO-G elektrotların 10 mM DA/0.1 M PBS çözeltisindeki dönüşümlü voltamogramları, b) Au-PbO-G elektrodunun DA çözeltisinde farklı tarama hızlarında alınan dönüşümlü voltamogramları ve c) Au-PbO-G elektrodu için anodik ve katodik pik akım yoğunlukları-tarama hızı grafikleri

Bu voltamogramlarda hem oksidasyon potansiyelinin daha düşük değerde olması (~200 mV) hem de daha yüksek akım yoğunluğunun (~2.2 mA.cm⁻²) elde edilmesinden dolayı; PbO-G modifiye elektrot Au ve Au-PbO ile karşılaştırıldığında DA sensörü için daha uygun bir materyaldir.

PbO-G modifiye elektrot için DA çözeltisinde 5, 10, 25, 50, 75, 100, 250 ve 500 mV/s tarama hızlarında voltamogramlar alınmıştır (Şekil 6b). Bu voltamogramlarda tarama hızının artması ile oksidasyon pik potansiyeli pozitifte kaymış ve pik akım yoğunluğu artmıştır. Katodik ve anodik pik akım yoğunlukları tarama hızına bağlı olarak grafik edildiğinde (Şekil 6c), artan tarama hızlarıyla redoks pik akımları doğrusal olarak orantılıdır. Randles-Sevcik eşitliğine göre DA'nin

yükseltgenmesinin difüzyon kontrollü olarak da gerçekleşebileceğini belirlemek için tarama hızının kareköküne karşılık akım yoğunluğu grafikleri çizilmiştir (Şekil 6d). Şekil 6d'de verilen grafiklerin doğrusal bir değişim vermediği tespit edilmiştir. Bu sonuçlar, PbO-G modifiye elektrotta DA'nin elektrokimyasal oksidasyonunun tipik bir yüzey adsorpsiyon kontrollü süreç olduğunu ortaya koymaktadır.

10.0 mM AA içeren 0.1 M PBS ortamında Au, Au-PbO ve Au-PbO-G elektrotların 50 mV/s tarama hızında kaydedilen dönüşümlü voltamogramları Şekil 7a'da gösterilmiştir. Yaklaşık 100 mV'ta belirgin bir oksidasyon piki gözlenmiştir. DA ortamında alınan voltamograma benzer şekilde PbO-G kompoziti en iyi elektrokatalitik özellik sergilemiştir.

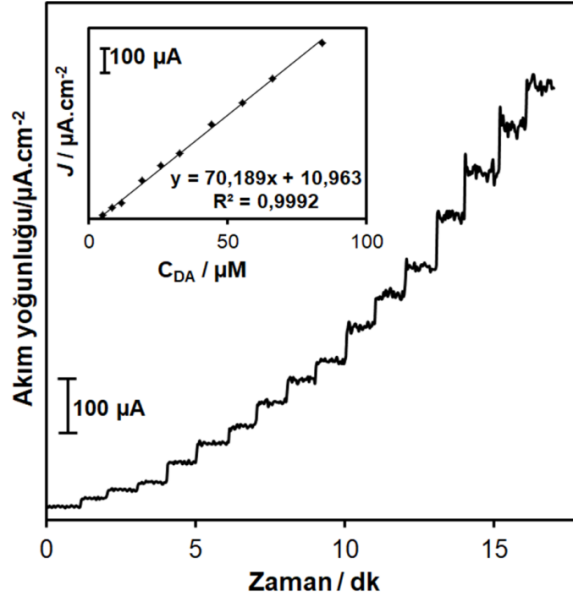


Şekil 7. Au, Au-PbO ve Au-PbO-G elektrotların a) 10 mM AA/0.1 M PBS çözeltisindeki dönüşümlü voltamogramları ve b) 1 mM DA ve 100 mM AA içeren karışım çözeltisindeki voltamogramları

Biyolojik sistemlerde DA'nin tespiti AA varlığında zorlaşmaktadır. Vücut ortamında AA'nin miktarca daha fazla bulunması DA'ye duyarlı sensör gelişimini zorunlu kılmaktadır. Bu amaçla 1 mM DA ve 100 mM AA içeren çözelti ortamında Au, Au-PbO ve Au-PbO-G elektrotların elektrokimyasal davranışları incelenmiştir (Şekil 7b). Modifiye edilmemiş Au elektrot karışım çözeltisinde DA ve AA'nin ayrı ayrı tespitini gerçekleştirememektedir. Ancak PbO ve PbO-G kompozitinin modifiyesi Au elektrodun her iki maddeye de spesifik olarak cevap vermesine katkı sağlamış ve her iki türe ait iki farklı pik gözlenmesine neden olmuştur. Ayrıca PbO-G kompoziti için DA ve AA'ya ait oksidasyon pik

akım yoğunlukları daha fazla olup, her iki maddenin oksidasyon potansiyeli arasında 170 mV fark gözlenmiştir.

DA'nin farklı konsantrasyonlarının ardışık bir şekilde karıştırılan 0.1 M PBS çözeltisine eklenmesiyle ortaya çıkan tipik akım-zaman (*i-t*) eğrisi Şekil 8'de verilmiştir. pH 7 çözeltisine DA eklendikten sonra, katodik akım yoğunluklarının sabit bir değere ulaşmak için adım adım arttığı görülmüştür. Nanokompozit elektrotta, elektrokatalitik cevabın hızlı olduğunu kanıtı olarak 5 saniyeden daha kısa bir zamanda neredeyse sabit bir akım elde edilebilmiştir.



Şekil 8. Au-PbO-G elektrodunun pH 7 fosfat tamponuna farklı konsantrasyonlarda DA eklenmesine ait amperometrik cevabı (iç grafik: kalibrasyon eğrisi).

PbO-G kompozitinin DA'ın farklı konsantrasyonlarında eklenmesine verdiği tipik amperometrik cevap incelendiğinde özellikle düşük konsantrasyon aralığında (Şekil 8 iç grafik), hızlı bir amperometrik cevap %96'lık sabit hal akımı gözlenmiştir. DA biyosensörü için kompozit malzemenin $70 \mu\text{A cm}^{-2} \text{mM}^{-1}$ 'lik yüksek bir hassasiyete sahip olduğu ve $0.5 \mu\text{M}$ ile $100 \mu\text{M}$ 'lık bir konsantrasyon aralığında da lineer bir ilişki ($R=0.9992$) gösterdiği yapılan

hesaplamalar sonucunda bulunmuştur. İlâveten, sinyal-gürültü oranı 3 olduğunda tayin sınırı yaklaşık $0.001 \pm 0.00028 \mu\text{M}$ olarak hesaplanmıştır. Literatürde daha önce farklı elektrotlarda hesaplanan tayin sınırları Tablo 1'de karşılaştırılmıştır. Bu elektrotlarla kıyaslandığında; nispeten daha düşük tayin sınırına sahip olmasından dolayı Au-PbO-G elektrot DA'ın amperometrik tayininde başarılı bir şekilde kullanılabilir.

Tablo 1. Farklı elektrotların DA'ın amperometrik tayini için karşılaştırması

Elektrot	Lineer Aralık (μM)	Tayin sınırı (μM)	Referans
AuNCs/G/MWCNT	1-210	0.08	(Abdelwahab vd., 2015)
rGO-CDs/GCE	0.01-450	0.015	(Hu vd., 2014)
Au-Pt/GO-ERGO	0.06-498	0.02	(Liu vd., 2015)
$\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{rGO}/\text{GCE}$	0.4-3,5	0.08	(Teymourian vd., 2013)
Au/rGO/GCE	6.8-41	1.4	(Wang vd., 2014)
$\text{Cu}_2\text{O}/\text{G}$	0.1-10	0.01	(Zhang vd., 2011)
Au-PbO-G	0.5-100	0.001	Bu çalışma

NCs; Nanokümler, G; grafen, MWCNT; Çok duvarlı karbon nanotüp, rGO; indirgenmiş grafen oksit, CDs; Karbon parçacıklar; GCE; Camsı karbon elektrot, GO; Grafen oksit; ERGO; elektrokimyasal indirgenmiş grafen oksit.

Son olarak, PbO-G elektrotlar DA'ın insan kan serum numunelerinde analizi için kullanıldı. Bu amaçla birden fazla defa (ölçüm sayısı=3) amperometrik tayin tekrar edilmiş; kalibrasyon eğrisi kullanılarak DA konsantrasyonları hesaplanmış ve sonuçlar Tablo 2'de karşılaştırılmıştır. Aynı konsantrasyon değeri için

kaydedilen akım yoğunluğu değerlerinin ortalaması alınarak standart sapma hesaplaması yapılmıştır. İnsan serum örnekleri için eklenen ve bulunan konsantrasyon değerleri karşılaştırıldığında; önerilen DA sensörünün kesin ve güvenilir olduğunu gösteren sonuçlar elde edildi.

Tablo 2. İnsan kan serumu örneklerinde DA tayini (n =3)

Örnek	Eklenen (μM)	Bulunan (μM)	Geri kazanım (%)
1	10.0	9.8 \pm 1.2	98.0
2	25.0	25.3 \pm 1.8	101.2
3	50.0	49.8 \pm 2.3	99.6

4. Sonuç

Au elektrot Pb^{+2} ve GO içeren çözelti karışımından sabit tek bir potansiyel uygulanarak başarılı bir şekilde PbO-G kompoziti ile modifiye edildi. Yapılan analitik ve morfolojik karakterizasyonlar kompozitin hem PbO hem de G içerdiğini destekledi. PbO-G modifiye edilen elektrot AA ile DA'in eşzamanlı olarak elektrokimyasal tespitinde kullanıldı. DA ve AA'in oksidasyon potansiyelindeki daha düşük enerjili bölgeye kayma ve akım yoğunluğundaki artış yönünden, en iyi elektrokatalitik aktivite PbO-G kompoziti ile modifiye edilen Au elektrotta tespit edildi. Tek başına Au elektrot ve Au-PbO elektrotla karşılaştırıldığında gelişmiş bu elektrokimyasal performansının nedeni olarak; her bir bileşenin kendi benzersiz özelliklerine kıyasla daha iyi özellikler sağlayan kompozit materyallerin sahip olduğu sinerjik etki gösterilebilir.

Özetle; yüksek etkin yüzey alanına sahip metal oksit gibi nanoparçacıklar ile grafenden oluşan kompozitler, analitik hassasiyeti artırmak amacıyla heterojen elektron transferini kolaylaştırmak ve biyolojik açıdan önemli olan bileşiklerin anlık belirlenmesi için elektrokatalitik reaksiyonlarda kullanılabilmektedirler.

Kaynaklar

- Abdelwahab, A.A. ve Shim, Y.B., 2015. Simultaneous determination of ascorbic acid, dopamine, uric acid and folic acid based on activated graphene/MWCNT nanocomposite loaded Au nanoclusters. *Sensors and Actuators B: Chemical*, 221, 659–665.
- Chen, M., Park, C., Choi, J. ve Oh, W., 2011. Synthesis and characterization of metal (Pt, Pd and Fe)-graphene composites. *J.Korean Ceramic Soc.*, 48, 147-151.
- Dan, Y.Y., Lin, H.B., Liu, X.L., Lu, H.Y., Zhao, J.Z., Shi, Z. ve Guo, Y.P., 2012. Porous quasi three-dimensional nano- $\text{Mn}_3\text{O}_4+\text{PbO}_2$ composite as supercapacitor electrode material. *Electrochim Acta*, 83, 175-182.
- Gopalan, A.I., Lee, K., Manesh, K.M., Santhosh, P., Kim, J.H. ve Kang, J.S., 2007. Electrochemical determination of dopamine and ascorbic acid at

a novel gold nanoparticles distributed poly(4-aminothiophenol) modified electrode. *Talanta*, 71, 1774-1781.

- Hu, G., Guo, Y. ve Shao, S., 2009. Simultaneous determination of dopamine and ascorbic acid using the nano-gold self-assembled glassy carbon electrode. *Electroanalysis*, 21, 1200-1206.
- Hu, S., Huang, Q., Lin, Y., Wei, C., Zhang, H., Zhang, W., Guo, Z., Bao, X., Shi, J. ve Hao, A., 2014. Reduced graphene oxide-carbon dots composite as an enhanced material for electrochemical determination of dopamine. *Electrochimica Acta*, 130, 805–809.
- Kim, Y., Bong, S., Kang, Y., Yang, Y., Kumar, R., Jong, M., Kim, S. ve Kim, H., 2010. Electrochemical detection of dopamine in the presence of ascorbic acid using graphene modified electrodes. *Biosens. Bioelectron.*, 25, 2366-2369.
- Konstantinov, K., Ng, S.H., Wang, J.Z., Wang, G.X., Wexler, D. ve Liu, H.K., 2006. Nanostructured PbO materials obtained in situ by spray solution technique for Li-ion batteries. *J. Power Sources*, 159, 241-244.
- Kwon, Y., Lee, H. ve Lee, J., 2011. Autonomous interfacial creation of nanostructured lead oxide. *Nanoscale*, 3, 4984-4988.
- Li, C.H., Sengodu, P., Wang, D.Y., Kuo, T.R. ve Chen, C.C., 2015. Highly stable cycling of a lead oxide/copper nanocomposite as an anode material in lithium ion batteries. *Rsc Adv* 5, 50245-50252.
- Li, L., Zhu, X.F., Yang, D.N., Gao, L.X., Liu, J.W., Kumar, R.V. ve Yang, J.K., 2012. Preparation and characterization of nano-structured lead oxide from spent lead acid battery paste. *J. Hazard. Mater.* 203, 274-282.
- Liu, Y., She, P., Gong, J., Wu, W., Xu, S., Li, J., Zhao, K. ve Deng, A., 2015. A novel sensor based on electrodeposited Au-Pt bimetallic nano-clusters decorated on graphene oxide (GO)-electrochemically reduced GO for sensitive detection of dopamine and uric acid. *Sensors and Actuators B: Chemical*, 221, 1542–1553.
- Mizoguchi, H., Kawazoe, H. ve Hosono, H., 1996. Enhancement of electrical conductivity of polycrystalline beta-PbO by exposure to ozone

- gas at room temperature. *Chem. Mater.*, 8, 2769-2773.
- Ng, S.H., Wang, J., Konstantinov, K., Wexler, D., Chen, J. ve Liu, H.K., 2006. Spray pyrolyzed PbO-carbon nanocomposites as anode for lithium-ion batteries. *J. Electrochem. Soc.*, 153, A787-A793.
- Palanisamy, S., Ku, S. ve Chen, S., 2013. Dopamine sensor based on a glassy carbon electrode modified with a reduced graphene oxide and palladium nanoparticles composite. *Microchimica Acta*, 180, 1037–1042.
- Pan, Q.M., Wang, Z.J., Liu, J., Yin, G.P. ve Gu, M., 2009. PbO@C core-shell nanocomposites as an anode material of lithium-ion batteries. *Electrochem. Commun.*, 11, 917-920.
- Parveen, A., Dashpande, R., Ahmed, S. ve Roy, A.S., 2013. Synthesis, characterisation, and DC conductivity of polyaniline-lead oxide composites. *Chem. Pap.*, 67, 350-356.
- Ramesha, G.K. ve Sampath, S., 2011. In-situ formation of graphene-lead oxide composite and its use in trace arsenic detection. *Sensor.Actuat.B-Chem.*, 160, 306-311.
- Sajadi, S.A.A., 2011. A comparative investigation of lead sulfate and lead oxide sulfate study of morphology and thermal decomposition. *American Journal of Analytical Chemistry*, 2, 206-211.
- Shahid, M., Hamid, M., Mazhar, M., Akhtar, J., Zeller, M. ve Hunter, A.D., 2011. Crystalline Cu-PbO ceramic composite thin films from Pb-2(OAc)(4)(mu-O)(3)Cu-6 (dmae)(4)Cl-4 center dot(C₇H₈)center dot 1.7(H₂O). *Inorg. Chem. Commun.*, 14, 288-291.
- Stillman, R., Robins, R. ve Skyllas-Kazacos, M., 1984. Quantitative X-Ray-Diffraction Analysis of Alpha-PbO Beta-PbO in Lead Acid Battery Primary Oxide. *J. Power Sources* 13, 171-180.
- Sun, C., Lee, H., Yang, J. ve Wu, C., 2011. The simultaneous electrochemical detection of ascorbic acid, dopamine, and uric acid using graphene/size-selected Pt nanocomposites. *Biosens. Bioelectron.*, 26, 3450-3455.
- Teymourian, H., Salimi, A. ve Khezrian, S., 2013. Fe₃O₄ magnetic nanoparticles/reduced graphene oxide nanosheets as a novel electrochemical and bioelectrochemical sensing platform. *Biosensors and Bioelectronics*, 49, 1–8.
- Velayutham, D. ve Noel M., 1992. Preparation of a Polypyrrole Lead Dioxide Composite Electrode for Electroanalytical Applications. *Talanta*, 39, 481-486.
- Wang, C., Du, J., Wang, H., Zou, C., Jiang, F., Yang, P. ve Du, Y., 2014. A facile electrochemical sensor based on reduced graphene oxide and Au nanoplates modified glassy carbon electrode for simultaneous detection of ascorbic acid, dopamine and uric acid. *Sens. Actuat. B: Chem.*, 204, 302-309.
- Wang, Y., Li, Y., Tang, L., Lu, J. ve Li, J., 2009. Application of graphene-modified electrode for selective detection of dopamine. *Electrochem. Commun.*, 11, 889-892.
- Wang, Y., Wen, Z., Zhang, H., Cao, G., Sun, Q. ve Cao, J., 2016. CuO Nanorods-Decorated Reduced Graphene Oxide Nanocatalysts for Catalytic Oxidation of CO. *Catalysts*, 6, 214-222.
- Wang, Y.J., Panzik, J.E., Kiefer, B. ve Lee, K.K.M., 2012. Crystal structure of graphite under room-temperature compression and decompression. *Sci Rep-Uk*, 2, 520.
- Zhang, F., Li, Y., Gu, Y., Wang, Z. ve Wang, C., 2011. One-pot solvothermal synthesis of a Cu₂O/graphene nanocomposite and its application in an electrochemical sensor for dopamine. *Microchim Acta*, 173,103–109.
- Zhitomirsky, I., Galor, L., Kohn, A. ve Hennicke, H.W., 1995. Electrochemical Preparation of PbO Films, *J. Mater. Sci. Lett.*, 14, 807-810.

Akgöl ve Gebekirse Göllerinde (Selçuk, İzmir, Türkiye) Bazı Fiziko-Kimyasal Parametrelerin Mevsimsel Değişimi

The Seasonal Changes of Some Physico-Chemical Parameters in Akgöl and Gebekirse Lakes (Selçuk, İzmir, Turkey)

Orkide MİNARECİ*^{1,a}, Özge SUNGUR^{2,b}

¹Manisa Celal Bayar Üniversitesi, Fen-Edebiyat Fakültesi, Biyoloji Bölümü, 45140, Yunusemre, Manisa

²Manisa Celal Bayar Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyoloji Anabilim Dalı, 45140, Yunusemre, Manisa

• Geliş tarihi / Received: 19.02.2019 • Düzeltilecek geliş tarihi / Received in revised form: 03.08.2019 • Kabul tarihi / Accepted: 20.08.2019

Öz

Akgöl ve Gebekirse gölleri İzmir ili Selçuk ilçesi sınırları içindedir. Göller, Küçük Menderes Havzası'nda tarımsal sulamada kullanılmaktadır. Küçük Menderes Havzası önemli tarım bölgesi olduğundan, tarımsal sulamada kullanılan suyun kalite parametrelerinin bilinmesi ve izlenmesi sürdürülebilir bir tarım açısından önemlidir. Bu çalışmada, Akgöl ve Gebekirse göllerinin bazı fiziko-kimyasal özellikleri (sıcaklık, pH, toplam çözünmüş madde, iletkenlik, tuzluluk, orto fosfat fosforu, anyonik deterjan, bor, amonyum azotu, nitrit azotu, nitrat azotu) belirlenmiştir. Ortalama değerler Yerüstü Su Kalitesi Yönetmeliği'nde belirtilen kriter değerler ile karşılaştırıldığında, her iki göl sularının orto fosfat fosforu ve nitrit parametreleri açısından ikinci kalite su (az kirlenmiş su) olduğu belirlenmiştir. İletkenlik parametresi bakımından Akgöl'ün ikinci kalite (az kirlenmiş su), Gebekirse Gölü'nün üçüncü kalite (kirlenmiş su) su sınıfında olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca Gebekirse Gölü anyonik deterjan parametresi açısından da ikinci kalite (az kirlenmiş su) su sınıfındadır. Sulama suyu kriterlerine göre de, sıcaklık, pH, bor, nitrat ve amonyum ortalama konsantrasyonlarının sınır değerlerin altında olduğu ve her iki göl sularının da bu parametreler açısından birinci sınıf sulama suyu olduğu görülmüştür.

Anahtar kelimeler: Akgöl, anyonik deterjan, fosfor, Gebekirse Gölü, nitrit

Abstract

Akgöl and Gebekirse lakes are within the boundaries of Selçuk district of İzmir province. The lakes are used in agricultural irrigation in the Küçük Menderes Basin. Since the Küçük Menderes Basin is an important agricultural region, it is important to know and monitor the quality parameters of water used in agricultural irrigation. The some physico-chemical properties of Akgöl and Gebekirse lakes (temperature, pH, total dissolved substance, conductivity, salinity, ortho phosphate phosphorus, anionic detergent, boron, ammonium nitrogen, nitrite nitrogen, nitrate nitrogen) were determined in this study. When the mean values were compared with the criteria values specified in the Aboveground Water Quality Regulation, it was determined that both lake waters were second quality (less polluted water) in terms of ortho phosphate phosphorus and nitrite parameters. It was found that Akgöl was the second quality (less polluted water), Gebekirse Lake was the third quality (polluted water) in terms of conductivity parameter. In addition, Gebekirse Lake was the second quality (less polluted water) in terms of anionic detergent parameter. According to the irrigation water criteria, temperature, pH, boron, nitrate and ammonium mean concentrations were below the limit values and both lake waters were first class irrigation water in terms of these parameters.

Keywords: Akgöl, anionic detergent, phosphorus, Gebekirse Lake, nitrite

*Orkide MİNARECİ; orkide.minareci@cbu.edu.tr; Tel: (0236)2013278; orcid.org/0000-0001-6746-6057

^borcid.org/0000-0002-9272-9717

1. Giriş

Çevre ve su kirliliği hızlı nüfus artışı nedeniyle son dönemlerin en büyük sorunlarından biri haline gelmiştir. Dünya genelinde görülen bu sorun ülkemizde de artış göstermektedir (Küçükylmaz vd., 2017). Çevre kirliliğinden birincil derecede etkilenen alıcı ortam özelliğinde olan göllerdir. Evsel, endüstriyel ve tarımsal aktiviteler neticesinde oluşan kirleticiler akarsular vasıtasıyla göl ve denizlere ulaşmaktadır (Mutlu vd., 2013a). Tatlısuların fiziko-kimyasal özelliklerinin belirlenmesi, temiz suya olan gereksinimin fazlaşmasıyla suyun düzenli olarak kullanılabilmesi için önem kazanmıştır. Su alanlarının kalitesinin bilinmesi amacıyla yapılan çalışmalar son zamanlarda giderek artmaktadır (Bulut vd., 2012).

Akgöl ve Gebekirse göllerinin içinde bulunduğu Küçük Menderes Deltası, çeşitli bataklık alanlar ile birlikte alanı 1 500 hektardır. 1991’de SİT alanı olan delta, şimdi de Yaban Hayatı Koruma Sahası ve Önemli Kuş Alanıdır (Yarar ve Magnin, 1997). Akgöl ve Gebekirse gölleri, delta alanının kuzey yamaçlarına bitişiktir. Akgöl denize 5.5 km, Gebekirse Gölü 4.5 km uzaklıktadır (Erdenirsilay ve Tomar, 2011).

Bu göllerde daha önceden gerçekleştirilmiş çalışmalar su kalitesi ve çevresel etkilerin değerlendirilmesinden ziyade, göllerin biyolojik çeşitliliğinin belirlenmesine yönelik olmuştur. Ustaoglu ve Balık (1987) tarafından yapılan çalışmada Akgöl’de 23 Rotifer türü tespit edilmiştir. Ek olarak, Balık ve Ustaoglu (1988), her iki gölün fizikokimyasal özellikleri ile birlikte balıkları ve balıkçılığı hakkında çalışmalar yapmış ve bu göllerde 12 balık türünü rapor etmişlerdir. Gebekirse Gölü zooplankton açısından da incelenmiş ve 20 tür tespit edilmiştir (Ustaoglu ve Balık, 1990). Özbek (1997), Malacostraca (Crustacea-Arthropoda) faunası üzerine yaptığı çalışmasında Akgöl ve Gebekirse Gölü’nden 9 tür rapor etmiştir. Amphipoda (Crustacea-Arthropoda) faunası ile ilgili çalışmada da, her iki gölden 4 Gammarus türü tespit edilmiştir (Özbek ve Ustaoglu, 1998). Aysel vd. (2002), Barutçu Gölü (Akgöl) makro ve mikro alglerini incelemiş, 189 taksa bildirmişlerdir. Her iki gölün Cladocera ve Copepoda faunası incelenmiş, toplam 27 takson rapor edilmiştir (Ustaoglu vd., 2006). Başka bir çalışmada Chironomidae familyasına ilişkin her iki gölden 5 tür rapor edilmiştir (Balık vd., 2006). Ustaoglu vd. (2000), Malacostraca faunası ile ilgili çalışmada 4 ordoya ilişkin 11 tür tespit etmişlerdir. Her iki gölün Oligochaeta

(Annelida) faunasının belirlendiği çalışmada da 8 tür bulunmuştur (Yıldız vd., 2009).

Ülkemizin en verimli tarım alanlarına sahip Küçük Menderes Havzası, tarım, endüstri ve turizmin çok geliştiği, yerüstü ve yeraltı zenginlikleri olan, ülke ekonomisi bakımından çok önemli bir havzadır. Altyapı eksiklikleri, arıtma tesislerinin azlığı, havzada planlamanın olmaması, göçlerle birlikte hızlı nüfus artışı gibi nedenlerle yüzeysel ve yeraltı suları kirlenmekte ve ekolojik denge bozulmaktadır (Gündoğdu ve Özkan, 2006). Akgöl, son yıllarda yukarıda belirtilen nedenlerden dolayı kirliliğin arttığı Küçük Menderes Nehri ile birleşmektedir. Ayrıca Akgöl ve Gebekirse Gölü etrafında tarım alanları da çoktur. Tarımsal gübrelerin ve ilaçların göllere etkisinin belirlenmesi ve yakın yerleşim yerlerinin evsel atıklarının göllere ulaşabileceği düşünülerek bu çalışmada, Akgöl ve Gebekirse göllerinin bazı fizikokimyasal parametrelerinin tespit edilmesi ve su kalitesi değişkenlerinin mevsimsel olarak belirlenmesi amaçlanmıştır.

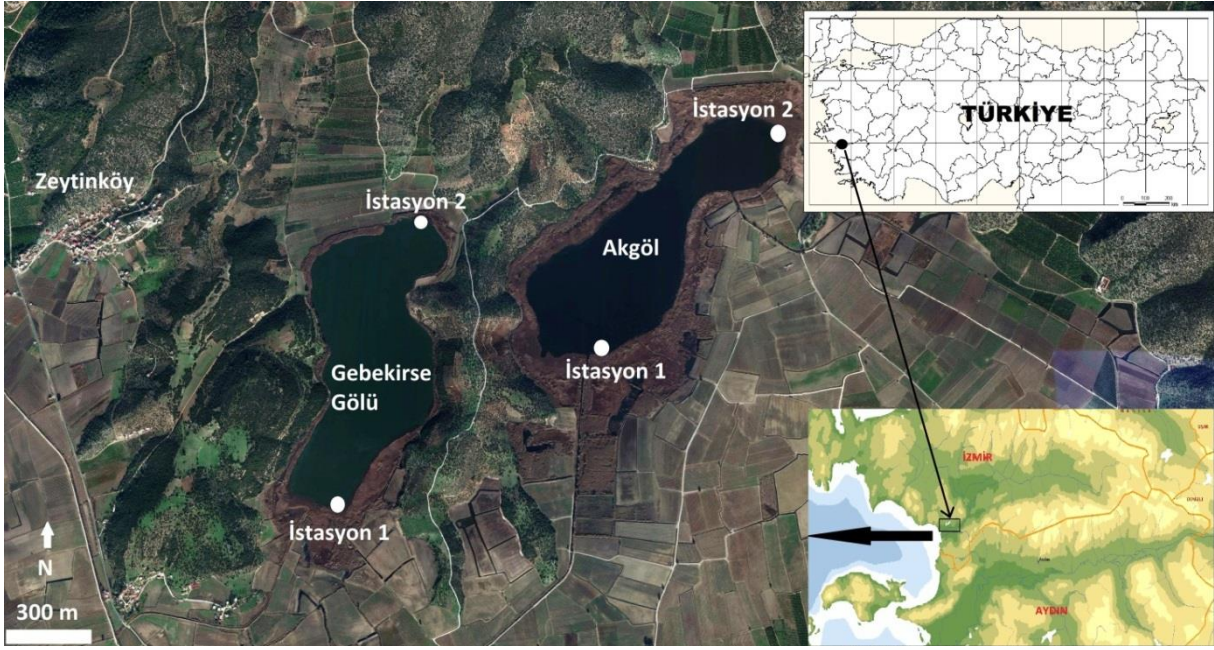
2. Gereç ve Yöntem

Akgöl 37°59’31.85’’K - 27°19’5.90’’D ve Gebekirse Gölü 37°59’11.32’’K - 27°18’15.66’’D koordinatları arasında yer almaktadır ve göller İzmir ili Selçuk ilçesi sınırları içerisindedir (Şekil 1).

Akgöl, alüvyon baraj göllerindedir ve yapay bir kanalla Küçük Menderes nehri ve dolayısıyla Ege Denizi’ne bağlanır. Yüzey alanı yaklaşık 75 hektar, derinliği 4 m, pH’ı 7.5-8 arasındadır. Çevresindeki tatlı su kaynakları ve yağmur sularıyla beslenir (Aysel vd., 2002). Akgöl’e, Barutçu Gölü veya Çatal Gölü de denmektedir (Ustaoglu vd., 2006).

Gebekirse Gölü de oluşum bakımından alüvyon baraj gölleri grubundadır. Beslenmesi karstik mermerlerden ve yağışlardan kaynaklanmakta iken, bir kanal yardımıyla Küçük Menderes Nehri’ne ve dolayısıyla Ege Denizi’ne dökülmektedir. Gebekirse Gölü’nün yüzey alanı 75 hektar, maksimum derinliği ise 5 m civarındadır (Ustaoglu vd., 2000).

Kasım 2015 - Haziran 2016 tarihleri arasında, Kasım, Ocak, Nisan ve Haziran aylarında, belirlenen istasyonlardan alınan su örneklerinin bazı fiziko-kimyasal parametreleri mevsimsel olarak saptanmıştır. İletkenlik, pH, sıcaklık, tuzluluk, toplam çözünmüş madde parametreleri araştırma alanında TOA WQC (Water Quality Checker) – 20A ile ölçülmüştür.



Şekil 1. Akgöl ve Gebekirse Gölü

Renk ve koku parametreleri gözlemsel yol ile belirlenmiştir. Nitrit, nitrat, fosfat, amonyum, anyonik deterjan, bor miktarlarının belirlenmesi için su örnekleri 500 mL'lik polietilen şişelere alınmıştır.

Anyonik yüzey aktif maddeler ile metilen mavisi reaksiyona girdikten sonra oluşan tuz kloroformda çözülmüş ve spektrofotometrede ölçülerek anyonik deterjan tayin edilmiştir (Anonim, 1995). Orto-fosfat fosforu, asidik ortamda amonyum molibdat, potasyum antimonil tartarat ve askorbik asit ile reaksiyona girmiş ve oluşan mavi renkli fosfomolibdik asidin spektrofotometrede ölçülmesiyle saptanmıştır (Parsons vd., 1984). Borun spesifik bir reaktif olan karmin ile oluşturduğu kırmızı renkli bileşiğin spektrofotometrede ölçülmesiyle bor miktarı belirlenmiştir (Hatcher and Wilcox, 1950; Anonim, 2005). Nitrit, nitrat ve amonyum miktarları da fotometrik yöntemler kullanılarak (Strickland ve Parsons, 1972), araştırma laboratuvarımızda ölçülmüştür.

3. Bulgular ve Tartışma

Akgöl'de ortalama sıcaklık 18.68 °C, pH 7.50, toplam çözünmüş madde 125 mg L⁻¹, iletkenlik 925 µS/cm, tuzluluk ‰ 0.52, orto fosfat fosforu 0.0779 mg o-PO₄-P L⁻¹, anyonik deterjan 0.0469 mg L⁻¹, bor 0.4823 mg L⁻¹, amonyum azotu 0.1658 mg L⁻¹, nitrit azotu 0.0032 mg L⁻¹ ve nitrat azotu 0.0403 mg L⁻¹ bulunmuştur (Tablo 1). Gebekirse Gölü'nde ortalama sıcaklık 19.65 °C,

pH 7.28, toplam çözünmüş madde 125.5 mg L⁻¹, iletkenlik 1025 µS/cm, tuzluluk ‰ 0.55, orto fosfat fosforu 0.0751 mg o-PO₄-P L⁻¹, anyonik deterjan 0.1026 mg L⁻¹, bor 0.517 mg L⁻¹, amonyum azotu 0.1009 mg L⁻¹, nitrit azotu 0.0031 mg L⁻¹ ve nitrat azotu 0.0537 mg L⁻¹ bulunmuştur (Tablo 2). Ayrıca gözlemsel olarak, göllerin berrak ve kokusuz olduğu görülmüştür.

Akgöl ve Gebekirse Gölü'nün belirlenen istasyonlarından alınan su örneklerinin fiziko-kimyasal parametrelerin analizi yapılarak mevsimsel değişimleri gösterilmiştir. Fiziko-kimyasal parametreler, "Yerüstü Su Kalitesi Yönetmeliği" çerçevesinde "Kıtaçi Yüzeysel Su Kaynaklarının Sınıflarına Göre Kalite Kriterleri" (Resmi Gazete, 2012) ile karşılaştırıldığında iletkenlik parametresi bakımından Akgöl'ün II. sınıf, Gebekirse Gölü'nün III. sınıf su kalitesine sahip olduğu tespit edilmiştir. Her iki göl sularının orto fosfat fosforu ve nitrit parametreleri yönünden II. kalite su sınıfında olduğu saptanmıştır (Tablo 3).

Elde ettiğimiz anyonik deterjan değerleri de "Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği"nde (Resmi Gazete, 2004) belirtilen metilen mavisiyle reaksiyon veren yüzey aktif maddeler ile karşılaştırılmıştır. Gebekirse Gölü'ndeki ortalama anyonik deterjan değerinin (0.1026 mg L⁻¹), alt limit değerden (0.05 mg L⁻¹) yüksek olduğu ve anyonik deterjan parametresi yönünden Gebekirse Gölü'nün II. kalite su sınıfında olduğu görülmüştür.

Tablo 1. Akgöl'de fiziko-kimyasal parametrelerin mevsimsel değişimi

Mevsimler	Sıcaklık (°C)	pH	Toplam çöz. madde (mgL ⁻¹)	İletkenlik (µS/cm)	Tuzluluk (‰)	Anyonik yüzey aktif madde (mg L ⁻¹)	Orto fosfat fosforu (mg L ⁻¹)	Bor (mg L ⁻¹)	Nitrit Azotu (mg L ⁻¹)	Nitrat Azotu (mg L ⁻¹)	Amonyum azotu (mg L ⁻¹)
Sonbahar	17.0	7.80	120	1060	0.67	0.0591	0.0462	0.3920	0.0043	0.0820	0.5518
Kış	10.6	7.38	129	480	0.25	0.0205	0.0076	0.4308	0.0018	0.0175	0.0210
İlkbahar	21.8	7.02	127	610	0.32	0.0840	0.0161	0.5505	0.0044	0.0347	0.0350
Yaz	25.3	7.81	122	1550	0.85	0.0240	0.2419	0.5558	0.0023	0.0270	0.0554

Her bir değer, üç tekrarlı 2 istasyondan alınan 3 örneğin (n = 6) ortalamasıdır. Standart hata ($\pm SH < 0.001$)

Tablo 2. Gebekirse Gölü'nde fiziko-kimyasal parametrelerin mevsimsel değişimi

Mevsimler	Sıcaklık (°C)	pH	Toplam çöz. madde (mg L ⁻¹)	İletkenlik (µS/cm)	Tuzluluk (‰)	Anyonik yüzey aktif madde (mg L ⁻¹)	Toplam fosfor (mg L ⁻¹)	Bor (mg L ⁻¹)	Nitrit Azotu (mg L ⁻¹)	Nitrat Azotu (mg L ⁻¹)	Amonyum azotu (mg L ⁻¹)
Sonbahar	17.5	7.03	124	1150	0.63	0.2555	0.0396	0.4981	0.0027	0.1006	0.2382
Kış	10.5	7.11	117	890	0.48	0.0947	0.0042	0.4561	0.0022	0.0462	0.0684
İlkbahar	23.9	7.99	128	1010	0.54	0.0323	0.0089	0.5541	0.0047	0.0378	0.0353
Yaz	26.7	7.00	133	1050	0.57	0.0279	0.2476	0.5597	0.0030	0.0301	0.0620

Her bir değer, üç tekrarlı 2 istasyondan alınan 3 örneğin (n = 6) ortalamasıdır. Standart hata ($\pm SH < 0.001$)

Tablo 3. Kıtaıçi Yüzeysel Su Kaynaklarının Sınıflarına Göre Kalite Kriterleri ile Karşılaştırma

Su Kalite Parametreleri	Su Kalite Sınıfları				Bu Çalışma	
	I	II	III	IV	Akgöl	Gebekirse
Sıcaklık (°C)	≤ 25	≤ 25	≤ 30	> 30	18.68	19.65
pH	6 - 9	6 - 9	6 - 9	6 - 9	7.50	7.28
Orto fosforu (mg o-PO ₄ -P L ⁻¹)	< 0.05	0.16	0.65	> 0.65	0.0779	0.0751
Amonyum azotu (mg L ⁻¹)	< 0.2	1	2	>2	0.1658	0.1009
Nitrit (mg L ⁻¹)	< 0.002	0.01	0.05	> 0.05	0.0032	0.0031
Nitrat (mg L ⁻¹)	< 3	10	20	> 20	0.0403	0.0537
İletkenlik (µS/cm)	< 400	1000	3000	> 3000	925	1025

Her iki gölün etrafında tarım yapıldığından, göl sularında fosfor ve nitrit miktarlarındaki artışın tarımda kullanılan gübrelerden, Gebekirse Gölü'ndeki anyonik deterjan yükünün göl yakınındaki yerleşim yeri olan Zeytinköy'ün evsel atıklarından kaynaklandığı düşünülmektedir. Ayrıca Gebekirse Gölü'nde iyon yükünden dolayı iletkenlik değerleri de yüksektir.

Ayrıca bu göller, sulama amacıyla da kullanıldığı için, "Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği Teknik Usuller Tebliği"nde (Resmi Gazete, 1991) belirtilen "Sulama Sularının Sınıflandırılmasında Esas Alınan Sulama Suyu Kalite Parametreleri" ile karşılaştırma yapıldığında, sıcaklık, pH, bor, nitrat ve amonyum ortalama konsantrasyonlarının sınır değerlerin altında olduğu ve her iki göl sularının da bu parametreler açısından birinci sınıf sulama suyu olduğu görülmüştür.

Çalışma sonucu elde ettiğimiz değerler, daha önce bu göllerde yapılmış çalışmalarda elde edilen değerler ile karşılaştırılmıştır. Balık ve Ustaoglu (1988)'nin yaptığı çalışmada bulunan değerler ile bizim çalışmamızda bulduğumuz değerleri karşılaştırdığımızda, Akgöl'de sıcaklık, pH, turbidite, nitrit ve nitrat değerlerinin benzer olduğu, fosfat ve amonyum değerlerinin arttığı, tuzluluk değerinin düştüğü, Gebekirse Gölü'ndeki değerlerde ise çok farklılık olmadığı görülmüştür. Yine aynı göllerde yapılan başka çalışmalarda elde edilmiş olan değerlerle karşılaştırma yaptığımızda, iletkenlik, tuzluluk (Yıldız vd., 2010) değerlerinin yanında fosfat ve nitrat

(Kaymakçı Başaran, 2011) değerlerinin bizim çalışmamızda daha düşük olduğu görülmüştür.

Çeşitli nedenlerle su kirliliğinin artmasından dolayı, çok sayıda su kalitesinin belirlendiği çalışma yapılmış ve son yıllarda göllerde kirlilik olaylarının hızla arttığı görülmüştür. Çalışmamızda elde ettiğimiz sonuçlara benzer olarak göllerde yapılan su kalitesi çalışmalarında da göl suları kalite sınıflarına ayrılmış, kirlilik düzeyleri belirlenmiştir.

Bizim çalışma yaptığımız göller ile aynı bölgede olan ve etrafında tarım yapılan Çivril Gölü'nde (Denizli) fizikokimyasal parametreler ölçülmüş ve organik kirliliğin özellikle yaz mevsiminde çok arttığı ve organik kirliliğe, tarımsal faaliyetler sonucu oluşan tarımsal kirlilik ve Büyük Menderes Nehri ile çevre derelerden gelen yağış sularının sebep olduğu ve bizim çalışma yaptığımız göllere benzer olarak, gölün evsel kullanımlar ve tarımsal uygulamalardan dolayı olumsuz yönde etkilendiği belirtilmiştir (Bulut vd., 2012).

Yine aynı bölgede bulunan Manisa ilindeki Sevişler, Demirköprü, Avşar ve Gölarmara göllerinde yapılan çalışma sonucunda, anyonik yüzey aktif madde ve fosfat yönünden, bütün istasyonlardan alınan su I. sınıf yani yüksek kaliteli su sınıfında bulunmuştur. Çalışmamızda elde ettiğimiz değerlerin aksine, evsel, endüstriyel ve tarımsal faaliyetlerden kaynaklanan deterjan ve fosfat miktarlarının limit değerlerin altında olduğu

görülmüştür (Minareci vd., 2010). Yine bu göllerde bor konsantrasyonlarını belirlemek amacıyla yapılan diğer bir çalışmada da, Akgöl ve Gebekirse göllerinin aksine, Avşar Gölü IV. sınıf (çok kirlenmiş su) kalitesinde bulunmuştur (Minareci ve Öztürk, 2012).

Bölgemiz dışındaki göllerden Uluabat Gölü'nde (Bursa), mevsimsel olarak su kalitesi değerlendirilmiş ve çalışmada, göl suyu, Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği ve sulama suyu kriterlerine göre IV. sınıf kalitede, İnsani Tüketim Amaçlı Sular (Türk Standardı 266, 2005) kriterlerine göre içme ve kullanma suyu limit değerlerinin üzerinde bulunmuştur (Katip ve Karaer, 2011). Sulama suyu kriterlerine göre nitrat ve amonyum değerleri bizim çalışmamızdaki gibi düşük, iletkenlik değerleri de bizim çalışmamızdaki değerlere benzerdir. Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği kriterlerine göre de, amonyuma göre II. sınıf, nitrata göre bizim çalışmamızdaki gibi I. sınıf bulunmuş ve fosfor değerleri de bizim çalışmamızdaki gibi kriter değerlerin üzerinde tespit edilmiştir. Uluabat Gölü su kalitesinin bozulduğu, özellikle içme ve kullanma amaçlı olarak kullanılamayacağı, sulama amaçlı olarak ihtiyatlı kullanılması gerektiği, endüstriyel kullanım açısından da uygun olmadığı ancak arıtma yapıldıktan sonra kullanılabileceği belirlenmiştir.

Yine Uluabat Gölü'nde yapılan başka bir çalışmada, gölün su kalitesi, Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği'ne göre IV. sınıf, Tarım ve Köy İşleri Bakanlığı Su Ürünleri Yönetmeliği'ne göre amonyum, magnezyum, bakır, kadmiyum ve çinko değerleri limit değerlerin üzerinde saptanmıştır (Elmacı vd., 2010). Uluabat Gölü'nün elektriksel iletkenlik değeri $555.75 \mu\text{S cm}^{-1}$ bulunmuş ve bizim çalışmamızdaki değerlere benzer olarak kriter değerinin üzerindedir. 0.52 mg l^{-1} olan amonyum azotu değeri Akgöl ve Gebekirse göllerinde elde edilen değerlerden yüksektir. Uluabat Gölü'nde ölçülen ortofosfat fosforu konsantrasyonu 0.07 mg l^{-1} 'dir ve SKKY'deki sınır değerini (0.05 mg l^{-1}) bizim çalışmamızdaki gibi aştığı görülmektedir. Ayrıca toplam azot ve toplam fosfor açısından kirlenmiş su kalitesine sahip olduğu görülmektedir. Bunun başlıca sebebinin de, çalışmamızda da belirttiğimiz gibi, göl çevresindeki yerleşim yerlerinden göle bırakılan evsel atık sular, tarımsal atıklar ve fosseptiklerden gelen sızıntı suları olabileceği bildirilmiştir.

Yine bu gölde yapılan diğer bir araştırma sonucunda da, fiziko-kimyasal parametrelerin

konsantrasyonları yaz mevsiminde yüksek bulunmuştur (İleri vd., 2014).

Sivas'ta bulunan Karagöl'de de bizim çalışmamızdaki gibi, mevsimsel olarak su kalitesi değerlendirme çalışması yapılmıştır (Mutlu vd., 2013a). SKKY göre pH açısından su kalitesi I – III sınıf arasında değişmiş, elektriksel iletkenlik değeri yönünden de SKKY'ye göre göl I. sınıf su kalitesinde bulunmuş ve bizim çalıştığımız göllerdeki gibi değerlerin kış ve ilkbahar aylarında düşük, yaz ve sonbahar aylarında daha yüksek olduğu görülmüştür. Gölün ortalama fosfor değeri 0.21 mg/L olup, su SKKY göre III. sınıf su olarak tespit edilmiştir. Akgöl ve Gebekirse Gölleri de fosfat parametresi açısından II. sınıf bulunmuştur.

Yine Sivas ilinde bulunan Kurugöl, Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği (SKKY)'ne göre değerlendirildiğinde I. ve III. sınıf su kalitesinde olduğu saptanmıştır (Mutlu vd., 2013b). Kurugöl'de amonyum azotu, nitrit ve nitrat oldukça düşük değerlerde bulunmuştur ve SKKY göre I. sınıf su özelliğindedir. Akgöl ve Gebekirse Gölü'nde ise benzer olarak amonyum azotu ve nitrat değerleri düşük olmasına karşın, nitrit değerleri yüksektir. Ayrıca bizim çalışma yaptığımız göllerde elektriksel iletkenlik değerleri yüksek olmasına karşın, Kurugöl elektriksel iletkenlik değeri bakımından SKKY göre I. kalite su sınıfındadır.

Eğirdir Gölü'nde (Isparta) fiziko-kimyasal parametre verileri belirlenmiş ve göl limnolojik açıdan değerlendirilmiştir. Çalışmada fiziko-kimyasal parametrelerin önemli risk taşımadığı fakat organik madde kirliliğinden dolayı bazı parametrelerin yüksek değerde olduğu saptanmıştır. Bazı istasyonlarda özellikle yazın organik madde miktarındaki artış ve çözünmüş oksijen miktarındaki azalma bunu doğrulamaktadır (Bulut vd., 2009). Bizim çalışmamızda yüksek olan değerler ile karşılaştırdığımızda, elektriksel iletkenlik, nitrat ve fosfat değerlerinin daha düşük olduğu görülmüştür.

Hazar Gölü'nde yapılan çalışmada değerler Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği ile değerlendirilmiş, ötrofikasyon kontrol sınır değerleriyle karşılaştırılmış ve Hazar Gölü I. ve III. su sınıfında bulunmuştur. Fakat fosfor açısından IV. sınıf olduğu belirtilmiştir (Ünlü vd., 2008). Bizim çalışmamızda elde ettiğimiz değerlere göre göl suları fosfor açısından az kirlenmiş su sınıfında bulunmuştur. Hazar Gölü'nde ölçülen elektriksel iletkenlik ortalama

değeri sulama suyu açısından değerlendirildiğinde IV. sınıf su kalite grubuna girdiği ve dolayısıyla sulamaya elverişsiz olduğu görülmektedir. Akgöl ve Gebekirse göllerindeki elektriksel iletkenlik ortalama değerleri de yüksek olup, Akgöl'ün II. sınıf, Gebekirse Gölü'nün III. sınıf su kalitesine sahip olduğu tespit edilmiştir.

4. Sonuç ve Öneriler

İzmir ili Selçuk ilçesi sınırları içinde bulunan Akgöl ve Gebekirse gölleri etrafında tarım yapılmaktadır ve göl suları tarımsal sulamada kullanılmaktadır. Küçük Menderes Havzası önemli tarım bölgesi olduğundan, tarımsal sulamada kullanılan suyun kalite parametrelerinin bilinmesi ve izlenmesi sürdürülebilir bir tarım açısından önemlidir. Sonuç olarak, göl sularında fosfor ve nitrit miktarlarındaki artış, tarımda kullanılan fosfatlı ve azotlu gübrelerden olabileceğinden, tarımda kullanılan kimyasal gübrelerin ve tarım ilaçlarının kullanımı konusunda çiftçilerin bilinçlendirilmesi gerekmektedir. Toprak yapısı analizlerinin yapılması, toprak yapısına en uygun ve yeterli miktarda gübrenin kullanılması uygun olacaktır. Ayrıca teraslama yapılarak tarımsal gübre ve ilaçların yağışlarla göle ulaşması engellenebilir.

Gebekirse Gölü'ndeki anyonik deterjan yükünün göl yakınındaki yerleşim yeri olan Zeytinköy'ün evsel atıklarından kaynaklandığı düşünülmektedir. Deterjan kirliliğinin önlenmesi için öncelikli olarak biyolojik parçalanabilirliği yüksek olan yüzey aktif maddeler tercih edilmeli ve göle ulaşması engellenmelidir.

Ayrıca sıcaklık, pH, bor, nitrat ve amonyum ortalama değerlerinin, sulama suyu kriter değerlerinden düşük olması, bu parametreler bakımından göl sularının sulama suyu olarak kullanılması için uygundur.

Kaynaklar

- Anonim, 1995. Standard methods for the examination of water and wastewater: 19th Edition, APHA, AWWA, WPCF, Washington.
- Anonim, 2005. Standard methods for the examination of water and wastewater: 21st Edition, APHA, AWWA, WEF, Washington.
- Aysel, V., Gezerler-Şipal, U., Aysel, F., Erduğan, H. ve Türker, E., 2002. Barutçu Gölü'nün (Selçuk, İzmir, Türkiye) Mikro ve Makro Algleri. Ege Üniversitesi Su Ürünleri Dergisi, 19(1-2), 1-11.

- Balık, S. ve Ustaoglu, M.R., 1988. Akgöl ve Gebekirse Gölünün (Selçuk-İzmir) Fiziko-kimyasal Özellikleri, Balıkları ve Balıkçılığı. IX. Ulusal Biyoloji Kongresi, Zooloji ve Hidrobiyoloji Seksiyonu, 21-23 Eylül 1988, Sivas, Cilt 2, s. 367-376.
- Balık, S., Ustaoglu, M.R., Özbek, M., Yıldız, S., Taşdemir, A. ve İlhan, A., 2006. Küçük Menderes Nehri'nin (Selçuk- İzmir) Aşağı Havzasındaki Kirliliğin Makro Bentik Omurgasızlar Kullanılarak Saptanması. Ege Üniversitesi Su Ürünleri Dergisi, 23(1-2), 61-65.
- Bulut, C., Atay, R. ve Uysal, K., 2009. Eğirdir Gölü'nde Fiziko-kimyasal Parametrelerin Mevsimsel Değişimi ve Limnolojik Açından Değerlendirilmesi. Anadolu Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi, 10(2), 447-454.
- Bulut, C., Atay, R., Uysal, K. ve Köse, E., 2012. Çivril Gölü Yüzey Suyu Kalitesinin Belirlenmesi. Anadolu Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi-C Yaşam Bilimleri ve Biyoteknoloji, 2(1), 1-8.
- Elmacı, A., Topaç, F.O., Teksoy, A., Özenin, N. ve Başkaya, H.S., 2010. Uluabat Gölü Fizikokimyasal Özelliklerinin Yönetmelikler Çerçevesinde Değerlendirilmesi. Uludağ Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi, 15(1), 149-157.
- Erdenirsilay, A. ve Tomar, A., 2011. Küçük Menderes Havzasında Su Kaynaklarının Geliştirilmesinin Kıyı Bölgesine Olan Etkileri. 7. Kıyı Mühendisliği Sempozyumu, 21-23 Kasım 2011, Trabzon, s. 37-44.
- Gündoğdu, V. ve Özkan, E.Y., 2006. Küçük Menderes Nehri Ölçüm Ağı Tasarımı ve Su Kalite Değişkenlerinin İrdelenmesi Çalışması. Ege Üniversitesi Su Ürünleri Dergisi, 23(3- 4), 361-369.
- Hatcher, J.T. ve Wilcox, L.V., 1950. Colorimetric determination of boron using. Analytical Chemistry, 22(4), 567-569.
- İleri, S., Karaer, F., Kâtip, A. ve Onur, S., 2014. Sığ Göllerde Su Kalitesi Değerlendirmesi, Uluabat Gölü Örneği. Uludağ Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi, 19(1), 47-57.
- Kâtip, A. ve Karaer, F., 2011. Uluabat Gölü su kalitesinin Türk Mevzuatına ve Uluslararası Kriterlere Göre Değerlendirilmesi. Uludağ Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi, 16 (2), 25-34.
- Kaymakçı Başaran, A., 2011. Investigation of Water Quality and Heavy Metal Levels in Sediment in Küçük Menderes River Deltaic Zone (Selçuk,

- İzmir, Turkey). *Journal of Animal and Veterinary Advances*, 10(24), 3274 – 3280.
- Küçükylmaz, M., Uslu, G., Birici, N., Örnekeçi, N.G., Yıldız, N. ve Şeker, T., 2017. Karakaya Baraj Gölü Su Kalitesinin İncelenmesi. *Yunus Araştırma Bülteni*, 2, 145-155.
- Minareci, O., Öztürk, M., Kalyoncu, F. ve Minareci, E., 2010. Manisa İli Baraj Göllerinde Deterjan Kirliliği ve Mikrobiyolojik Kirliliğin Araştırılması. *Celal Bayar Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projesi Kesin Raporu*, Manisa, 38 s.
- Minareci, O. ve Öztürk, M., 2012. Manisa İli Baraj Göllerinde Bor Kirliliğinin Araştırılması. *Biyoloji Bilimleri Araştırma Dergisi*, 5(1), 25-29.
- Mutlu, E., Yanık, T. ve Demir, T., 2013a. Karagöl (Hafik-Sivas) 'ün Su Kalitesinin İncelenmesi. *Alinteri Ziraat Bilimler Dergisi*, 24(B), 35-45.
- Mutlu, E., Demir, T., Kutlu, B. ve Yanık, T., 2013b. Sivas-Kurugöl Su Kalite Parametrelerinin Belirlenmesi. *Türk Tarım – Gıda Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 1(1), 37-43.
- Özbek, M., 1997. İzmir İli ve Civarı Tatlısu Malacostraca (Crustacea-Arthropoda) Faunası. Yüksek Lisans Tezi, Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir, 92 s.
- Özbek, M. ve Ustaoglu, M.R., 1998. İzmir İli ve Civarı İçsularının Amphipoda (Crustacea-Arthropoda) Faunası. *Ege Üniversitesi Su Ürünleri Dergisi*, 15(3-4), 211-231.
- Parsons, T.R., Maitia, Y. ve Lalli, C.M., 1984. A manual of chemical and biological methods for sea water analysis: New York, Pergamon Press, 173 p.
- Resmi Gazete, 1991. Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği Teknik Usuller Tebliği, Tarih 07.01.1991, Sayı 20748.
- Resmi Gazete, 2004. Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği, Tarih 31.12.2004, Sayı 25687.
- Resmi Gazete, 2012. Yerüstü Su Kalitesi Yönetmeliği, Tarih 30.11.2012, Sayı 28483.
- Strickland, J.D.H. ve Parsons, T.R., 1972. *A Practical Handbook of Seawater Analysis: Second Edition: Canada, Fisheries Research Board of Ottawa, Bulletin No: 167, 310 p.*
- Türk Standardı 266 (TS 266)., 2005. Sular-İnsani Tüketim Amaçlı Sular. Türk Standardları Enstitüsü, Ankara.
- Ustaoglu, M.R. ve Balık, S., 1987. Akgöl'ün Rotifer Faunası. VIII. Ulusal Biyoloji Kongresi, Zooloji, Hidrobiyoloji, Temel ve Endüstriyel Mikrobiyoloji Tebliğleri, 3-5 Eylül 1986, İzmir, Cilt 2, s. 614-626.
- Ustaoglu, M.R. ve Balık, S., 1990. Zooplankton of Lake Gebekirse (İzmir-Turkey). *Rapp. Comm. Int. Mer. Medit.*, 32(1), 74.
- Ustaoglu, M.R., Balık, S. ve Özbek, M., 2000. Akgöl ve Gebekirse Gölü'nün (Selçuk-İzmir) Malacostraca Faunası. XV. Ulusal Biyoloji Kongresi, 5 - 9 Eylül 2000, Ankara Üniversitesi, Fen Fakültesi, Biyoloji Bölümü, Ankara, s. 217-222.
- Ustaoglu, M.R., Balık, S., Aygen, C. ve Özdemir Mis, D., 2006. Akgöl'ün (Selçuk, İzmir) Kladoser ve Kopepodları. *Ege Üniversitesi Su Ürünleri Dergisi*, 23(1/1), 169-172.
- Ünlü, A., Çoban, F. ve Tunç, M.S., 2008. Hazar Gölü Su Kalitesinin Fiziksel ve İnorganik Kimyasal Parametreler Açısından İncelenmesi. *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 23(1), 119-127.
- Yarar, M. ve Magnin, G., 1997. Türkiye'nin Önemli Kuş Alanları. İstanbul: Doğal Hayatı Koruma Derneği Yayınları, 313 s.
- Yıldız, S., Ustaoglu, M.R. ve Balık, S., 2009. Akgöl ve Gebekirse Gölü'nün (Selçuk-İzmir) Oligochaeta Faunası (Annelida). *Review of Hydrobiology*, 2, 173-186.
- Yıldız, S., Özbek, M., Taşdemir, A. ve Balık, S., 2010. Identification of Predominant Environmental Factors Structuring Benthic Macro Invertebrate Communities: A Case Study in the Küçük Menderes Coastal Wetland (Turkey). *Fresenius Environmental Bulletin*, 19(1), 30-36.

Optical and Surface Properties of Nanostructured ZnO Semiconductor Thin Films Synthesized by RF Magnetron Sputtering

RF Magnetron Sıçratma ile Sentezlenen Nano Yapılı ZnO Yarıiletken İnce Filmlerin Optik ve Yüzey Özellikleri

Volkan ŞENAY*

Department of Opticianry, Bayburt University, 69000, Turkey

• Geliş tarihi / Received: 13.03.2019

• Düzeltilek geliş tarihi / Received in revised form: 16.08.2019

• Kabul tarihi / Accepted: 23.08.2019

Abstract

In this research, ZnO thin films were deposited on glass microscope slides in three separate experiments with RF input powers of 50 W, 100 W and 125 W by means of RF magnetron sputtering technique. Each deposition process was conducted for 30 minutes. Spectroscopic reflectometer, UV-VIS spectrophotometer and atomic force microscope (AFM) were used to examine the effect of sputtering power on the optical and surface properties of the produced thin films. The level of reflectivity and transparency, refractive index and band gap energy values as well as surface homogeneity and roughness were observed to rely on the RF input power. The optical band gap energy values were about 3.83-3.87 eV. The produced highly transparent ZnO thin films can be used in various optoelectronic devices and future transparent conductive electrode implementations.

Anahtar kelimeler: RF magnetron sputtering, Surface properties, Optical properties, ZnO thin films

Öz

Bu araştırmada, RF magnetron sıçratma tekniği ile 50 W, 100 W ve 125 W RF güçleri ile üç ayrı deneyde ZnO ince filmler cam mikroskop lamalarının üzerine biriktirilmiştir. Her biriktirme işlemi 30 dakika sürdürülmüştür. Spektroskopik reflektometre, UV-VIS spektrofotometre ve atomik kuvvet mikroskobu (AFM), üretilen ince filmlerin optik ve yüzey özellikleri üzerine sıçratma gücünün etkisini incelemek için kullanılmıştır. Yansıtma ve geçirgenlik düzeyi, kırılma indisi ve yasak enerji aralığı değerleri ile yüzey homojenliği ve pürüzlülüğün RF gücüne bağlı olduğu bulunmuştur. Yasak enerji aralığı yaklaşık 3.83-3.87 eV civarındadır. Üretilen son derece şeffaf ZnO ince filmler, çeşitli optoelektronik cihazlar ve gelecekteki şeffaf iletken elektrot uygulamalarında kullanılabilir.

Keywords: RF magnetron sputtering, Yüzey özellikleri, Optik özellikler, ZnO ince filmler

*Volkan ŞENAY, vsenay@bayburt.edu.tr, ORCID: 0000-0002-6579-2737

1. Introduction

Transparent conducting oxides (TCOs) have been an attractive research topic in recent years since they are being used in the production of optoelectronic devices (e.g. touch screens, LCDs, solar cells and LEDs) (Lee et al., 2003; Muchuweni et al., 2016a,b). TCOs are required to show both high electrical conductivity along with high optical transparency in the visible region (Muchuweni et al., 2017). Nowadays, indium tin oxide (ITO) is the most common one among TCO materials (Sathiaraj, 2008; Srivastava and Kumar, 2013). Nevertheless, ITO has a number of drawbacks such as high cost, scarcity and toxicity; thus, there has been an effort to develop alternatives for ITO (Srivastava and Kumar, 2013). Moreover, when exposed to a hydrogen plasma environment, the optical and electrical properties of ITO are negatively affected (Lee et al., 2003). In this respect, it has been revealed that II-VI compound semiconductor zinc oxide (ZnO) may be an alternative material for ITO as it has unique optical and electrical properties, high chemical and mechanical stability, absence of toxicity, abundance in nature of Zn (Bedia et al., 2015; Muchuweni et al., 2016c; Sahal et al., 2008; Zahirullah et al., 2018). ZnO exhibits n-type conductivity. It has a direct wide band gap energy of 3.37 eV and large exciton binding energy of 60 meV at room temperature (Bedia et al., 2015; Panda and Jacob, 2012; Shinde et al., 2012; Zahirullah et al., 2018). As this semiconductor has a direct wide band gap, it is optically transparent for a large wavelength range in the solar spectrum (Bedia et al., 2015; Panda and Jacob, 2012). Depending on the growth conditions, the band gap energy of ZnO can be adjusted. By doing so, ZnO turns into a more usable material for optoelectronic applications (Güney and Ertarğın, 2015). Efficient emission at room temperature can be ensured due to its high exciton binding energy (Zahedi et al., 2014).

Although there are several studies on ZnO, it still holds its popularity among researchers (Özgür et al., 2019). The results show that thin films of ZnO can be used in varistors (Ezhilvalavan and Kutty, 1997), gas sensors (Xu et al., 2000), solar cell transparent contact fabrication (Bhatt et al., 1997), ultraviolet light-emitting devices (Deng et al., 2013), ultraviolet photodetectors (Soylu and Yakuphanoglu, 2016), piezoelectric transducers and surface acoustic wave (SAW) devices (Nagayasamy et al., 2013), etc. Regarding its synthesis, ZnO thin films have been produced by several thin film manufacturing techniques

including PLD (Sans et al., 2004), RF magnetron sputtering (Yang et al., 2008), CVD (Kashiwaba et al., 2000), spray pyrolysis (Paraguay et al., 1999), electrodeposition (Cembrero et al., 2004), sol-gel process (Kamalasanan and Chandra, 1996), etc. Among these fabrication processes, the RF magnetron sputtering has emerged as a method which is one of the most promising processing routes since it is especially provides economical production of thin, transparent and homogeneous oxide films on various substrates. It enables the adjustment of the refractive index and thickness of the film by changing deposition parameters. In this study, ZnO thin films were manufactured by RF magnetron sputtering method and considered the impact of RF sputtering power on optical and surface properties.

2. Experimental details

In the present study, three ZnO thin films were deposited on 75 mm × 25 mm × 1 mm glass microscope slides in three separate experiments with different RF powers of 50 W, 100 W and 125 W by means of RF magnetron sputtering technique at room temperature. There are many studies in literature where RF input power value is between 50 W and 300 W. The values chosen within them can be arbitrary. In order not to cause high heating of the target and to have more stable conditions during deposition, maximum 125 W RF power was applied to the target in this study. A ZnO target was used as source material for all deposition processes. The diameter of the target was 50 mm while its thickness was 3 mm. The target was powered through a RF power supply operating at a frequency of 13.56 MHz. The substrate was directly fixed on a substrate holder positioned at 40 mm away from the target in all cases. For all depositions, sputtering chamber was evacuated down to 1×10^{-2} Torr by using a mechanical pump and then filled with 99.99% purity Ar gas. Chamber pressure was sustained to be 6×10^{-2} Torr during deposition process. Each deposition process was carried out for 30 min. Only top surfaces of the substrates were coated with ZnO. After being deposited, the samples were taken out for characterization. Deposition parameters are summarized in Table 1. The ZnO thin films deposited at the RF powers of 50, 100, and 125 W were labeled as ZNO50, ZNO100 and ZNO125, respectively.

The crystalline structure of the produced ZnO thin films was examined in the 2θ range of 20° - 80° by using an X-ray diffractometer (PANalytical Empyrean) with monochromated $\text{CuK}\alpha$ radiation ($\lambda=1.54056 \text{ \AA}$).

Table 1. Sputtering parameters of ZnO thin films

RF power (W)	Substrate to target distance (mm)	Working pressure (Torr)	Time (min)
50, 100, 125	40	6×10^{-2}	30

The reflectance spectra were obtained in the wavelength range of 400-1000 nm by a spectroscopic reflectometer (Filmetrics F20 Thin Film Analyzer). The film thickness (t) and spectral distribution of refractive index (n) were extracted through the spectral analysis of reflectance. The optical transmittance and absorbance spectra were recorded at normal incidence of light with a double beam UV-VIS spectrophotometer (UNICO 4802). The spectral region observed was 300-1100 nm. The optical energy band gap values were then derived from the absorbance spectra data via Tauc’s method. In order to illustrate the surface topography, three-dimensional images were taken over a scale of $4 \mu\text{m} \times 4 \mu\text{m}$ in non-contact mode by using an AFM

(Ambios Q-Scope). The root mean square (RMS) roughness (Rq) parameter was acquired over the entire images.

3. Results and discussion

Figure 1 shows the XRD patterns of the produced ZnO thin films. X-ray diffraction study confirms that the synthesized material is ZnO with hexagonal wurtzite crystal structure and the entire diffraction peaks are in agreement with the standard JCPDS data (card No. 36-1451). No other undesired peaks were observed due to secondary phases or impurity phases within the detection limit of the X-ray diffractometer.

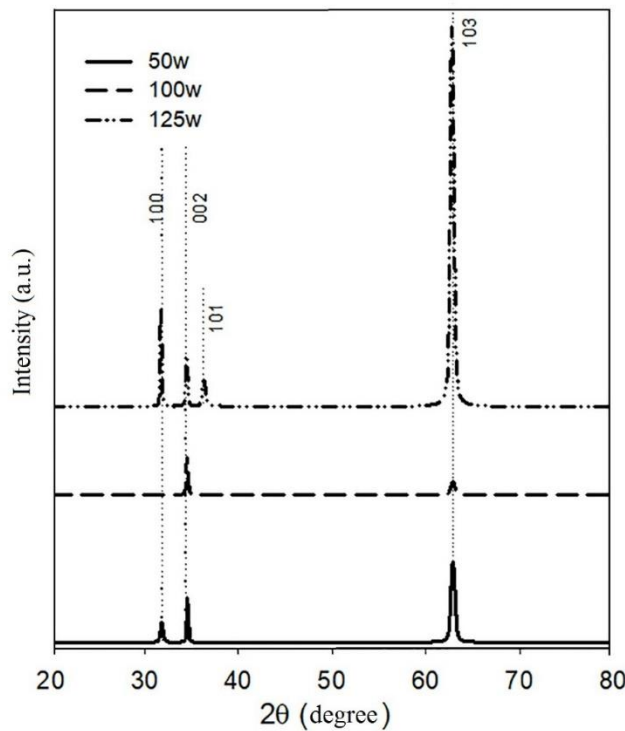


Figure 1. XRD patterns of the produced ZnO thin films

The reflectance spectra of the produced ZnO thin films are presented in Figure 2. The intensity of the reflected light varies with wavelength which depends on the film thickness and the optical constants (n and k) of the film. The experimentally obtained reflectance spectrum is compared with a theoretical reflection spectrum derived from the database of optical constants, and the thickness and optical constants are

optimized until the best fit between the curves is achieved. The software gives the value of thickness and spectral distribution of optical constants of the film together with a goodness of fit (GOF) value. The film thickness values obtained from the spectroscopic reflectometry measurements are 30, 39 and 67 nm for the corresponding RF powers 50 W, 100 W and 125 W, respectively. The RF power applied to the

target and the obtained film thickness may not be directly proportional (Aznilinda et al., 2012). With the increase in RF power, the kinetic energy of the sputtered particles also increases, which then leads to the increase of the sputtering yield. In other words, at the higher RF power, the bombarding ions have higher kinetic energy due to momentum transfer, so that more atoms will be sputtered (Hwang et al., 2003). The sputtered

atoms get higher energy at higher RF power and results the higher ZnO molecules arriving at substrate compare at lower RF power deposition and it contributes to the film growth (Yu et al., 2005). This situation is more prominent here after 100 W. It is also found that produced relatively thicker ZnO films exhibit higher reflectance than thinner ZnO films in the observed wavelength range.

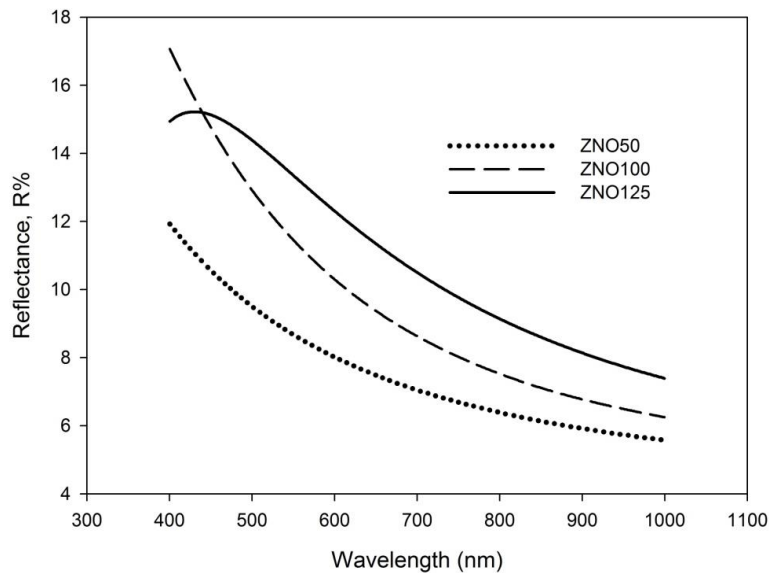


Figure 2. The reflectance spectra of the produced ZnO thin films

The spectral distributions of refractive index of the produced ZnO thin films are presented in Figure 3. The result is in good agreement with relevant literature (Gümüş et al., 2006; Çağlar et al., 2009). Refractive index measurements were realized using Cauchy model. Cauchy equation for the refractive index is given by:

$$n(\lambda) = A_n + B_n / \lambda^2 + C_n / \lambda^4 \text{ and } k(\lambda) = 0 \quad (1)$$

where A_n , B_n and C_n are the fitting parameters used in Cauchy model. As shown in the figure, the refractive index strongly depends on the RF power. The increment of deposition rate with the increasing RF power first levels the refractive index value due to an increase of film packing density. Further rise of RF power brings about a strong decrease of refractive index and density.

The transmittance and absorbance spectra of the produced ZnO thin films are presented in Fig. 4. Optical transmittance spectrum shows that the films have high transmission in the visible region. This observation is in line with relevant literature (Golovynskyi et al., 2018). The absence of optical interference fringes in the spectrum indicates that

the ZnO films are thin (Cruz et al., 2018). High transmittance in the visible region is typical of transparent conductive oxides. However, the transmittance decreased with the increasing film thickness. In relatively thicker films, more states are available for the photons to be absorbed. This observation also confirms relevant literature (Shariffudin et al., 2012). In transparent metal oxides, ratio of metal to oxygen also determines the level of transparency. A metal rich film often shows less transparency (Çağlar et al., 2006). It is found out that the absorbance of the ZnO films is high at short wavelengths ($\lambda < 380$ nm) and low at longer wavelengths. Hence the films have potential application in fabrication of solar cells (Ezenwa, 2012). As the RF power increases absorption decreases because of inverse relation between transmission and absorption. It can be also seen that the absorption edge moves towards a higher wavelength with the increasing RF power.

The optical band gap energy of the produced ZnO thin films can be obtained from the relationship between the optical absorption coefficient and the absorbance.

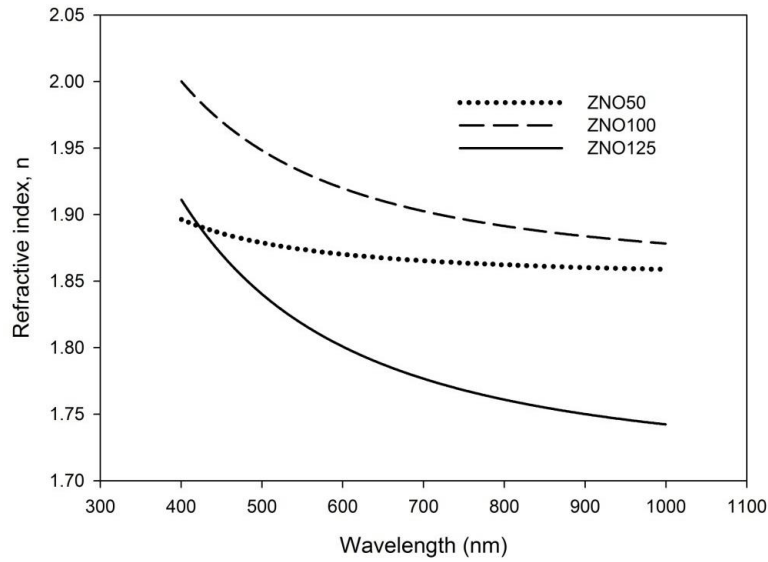


Figure 3. The spectral distributions of refractive index of the produced ZnO thin films

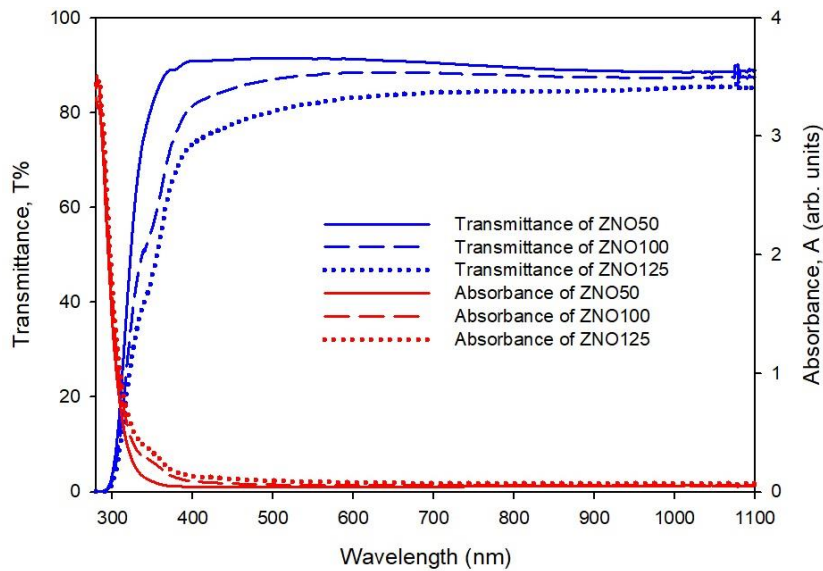


Figure 4. The transmittance and absorbance spectra of the produced ZnO thin films

The absorption coefficient α near the absorption edge is given by $\alpha = 2.303A/t$ where t is film thickness. For a semiconductor with a direct band gap, the optical band gap can be expressed by the Tauc method (Tauc et al., 1966):

$$(\alpha h\nu)^2 = A(h\nu - E_g) \tag{2}$$

where A is a proportional constant, $h\nu$ is the photon energy of the incident photon, and E_g is the optical band gap energy. The optical band gap energy is obtained by extrapolating the tangential line to the photon energy axis in the plot of $(\alpha h\nu)^2$ versus $h\nu$, as shown in Figure 5. The optical band gap values obtained via the Tauc method are 3.87, 3.84 and 3.83 eV for the corresponding RF powers 50 W, 100 W and 125

W, respectively. These values are in parallel with related literature (Mursal et al., 2018).

The 3D AFM images of the produced ZnO thin films are presented in Figure 6. The produced ZnO film surfaces show mount-like structures. ZNO50 has the most homogenous surface without pores and the smallest grains. When RF power increases from 50 W to 100 W, grains become larger in both lateral and vertical directions. ZNO125 has a more homogenous surface than ZNO100. The grain size of ZNO125 is lower than that of ZNO100. The RMS (R_q) values obtained from the AFM measurements are 1.08, 9.04 and 4.11 nm for the corresponding RF powers 50 W, 100 W and 125 W, respectively.

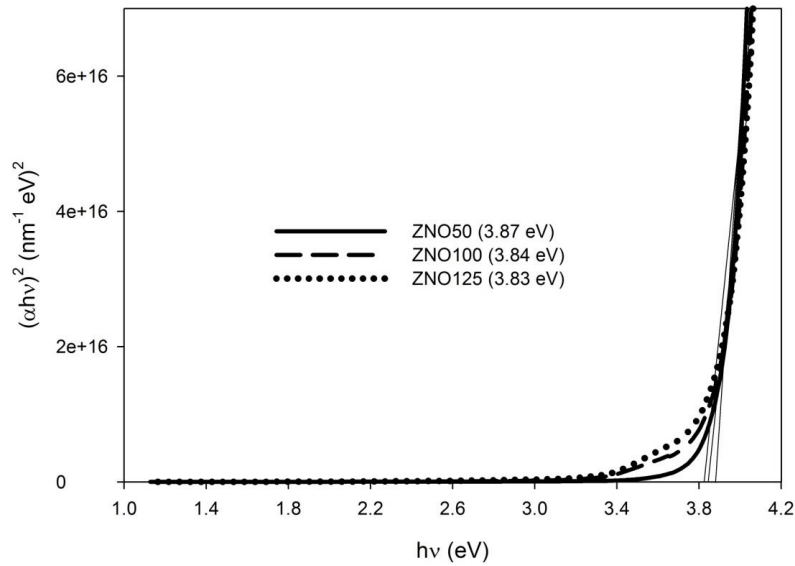


Figure 5. Plots of $(\alpha hv)^2$ vs. $h\nu$ to estimate the E_g values of the produced ZnO thin films

The surface roughness can affect optical properties of thin films and depends not only on grain size but also on the number, shape and orientation of grains. As a result, the RMS roughness of the produced thin films increases

with the decreasing surface homogeneity due to a textured surface formation with larger pyramidal structures. This result is partly similar to the observation reported in the relevant literature (Silva et al., 2014).

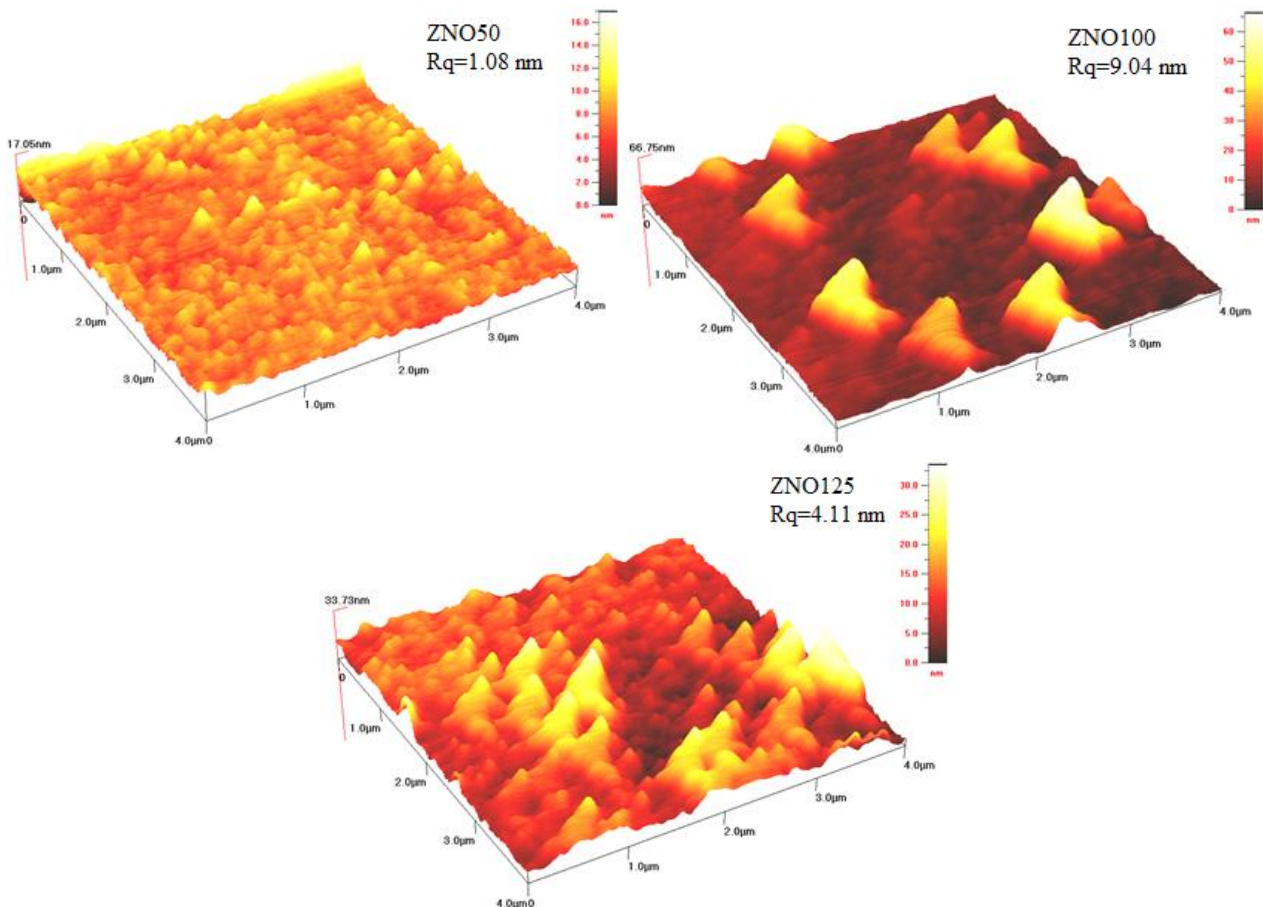


Figure 6. 3D AFM images of the produced ZnO thin films.

4. Conclusion

In conclusion, ZnO thin films having different thickness values were produced on glass substrates in three separate experiments with RF powers of 50 W, 100 W and 125 W by means of RF magnetron sputtering technique. The produced ZnO thin films were investigated by several instrumentation techniques. According to the current results, deposition rate increases with the increasing RF power. The produced films are highly transparent in the visible region. Relatively thicker ZnO films exhibit higher absorption and reflection. The high UV absorption of ZnO can be used in various areas such as cosmetics, paints, and varnishes. The refractive index values show normal dispersion and decrease with the increasing wavelength. It is observed that the refractive index value of ZnO films can be tuned by changing RF power. The optical band gap energy values are about 3.83-3.87 eV. A ZnO thin film having a smooth and homogenous surface can be obtained with a relatively low RF power such as 50 W.

References

- Aznilinda, Z., Herman, S. H., and Rusop, M., 2012. Physical characteristic of room-temperature deposited TiO₂ thin films by RF magnetron sputtering at different RF power. IEEE Symposium on Humanities, Science and Engineering Research, June 2012, pp. 685-689.
- Bedia, A., Bedia, F.Z., Aillerie, M., Maloufi, N. and Benyoucef, B., 2015. Morphological and optical properties of ZnO thin films prepared by spray pyrolysis on glass substrates at various temperatures for integration in solar cell. Energy Procedia, 74, 529-538.
- Bhatt, R., Sankaranarayanan, H., Ferekides, C. and Morel, D., 1997. The dependence of reactively sputtered ZnO electronic properties on growth parameters for use as buffer layers in CuIn/sub x/Ga/sub 1-x/Se/sub 2/solar cells. Photovoltaic Special lists Conference, 1997.
- Cembrero, J., Elmanouni, A., Hartiti, B., Mollar, M. and Marí, B., 2004. Nanocolumnar ZnO films for photovoltaic applications. Thin Solid Films, 451-452, 198-202.
- Cruz, M.R.A., Ceballos-Sanchez, O., Luévano-Hipólito, E. and Torres-Martínez, L.M., 2018. ZnO thin films deposited by RF magnetron sputtering: Effects of the annealing and atmosphere conditions on the photocatalytic hydrogen production. International Journal of Hydrogen Energy, 43(22), 10301-10310.
- Çaglar, M., Caglar, Y. and Ilican, S., 2006. The determination of the thickness and optical constants of the ZnO crystalline thin film by using envelope method. Journal of Optoelectronics and Advanced Materials, 8(4), 1410-1413.
- Deng, R., Yao, B., Li, Y.F., Xu, Y., Li, J.C, Li, B.H., Zhang, Z.Z., Zhang, L.G., Zhao, H.F. and Shen, D.Z., 2013. Ultraviolet electroluminescence from n-ZnO/p-NiO heterojunction light-emitting diode. Journal of Luminescence, 134, 240-243.
- Ezenwa, I.A., 2012. Synthesis and optical characterization of zinc oxide thin film. Research Journal of Chemical Sciences, 2(3), 26-30.
- Ezhilvalavan, S., and Kutty, T.R.N., 1997. Effect of antimony oxide stoichiometry on the nonlinearity of zinc oxide varistor ceramics. Materials Chemistry and Physics, 49(3), 258-269.
- Gümüş, C., Özkendir, O.M., Kavak, H., and Ufuktepe, Y., 2006. Structural and optical properties of zinc oxide thin films prepared by spray pyrolysis method. Journal of Optoelectronics and Advanced Materials, 8(1), 299-303.
- Güney, H. and Ertarğın, M.E., 2015. Effective annealing of ZnO thin films grown by three different SILAR processes. Eastern Anatolian Journal of Science, 1(1), 20-24.
- Golovynskyi, S., Ievtushenko, A., Mamykin, S., Dusheiko, M., Golovynska, I., Bykov, O., Olifan, O., Myroniuk, D., Tkach, S. and Qu, J., 2018. High transparent and conductive undoped ZnO thin films deposited by reactive ion-beam sputtering. Vacuum, 153, 204-210.
- Hwang, D.K., Bang, K.H., Jeong, M.C., and Myoung, J.M., 2003. Effects of RF power variation on properties of ZnO thin films and electrical properties of p-n homojunction. Journal of Crystal Growth, 254(3-4), 449-455.
- Kamalasanan, M.N. and Chandra, S., 1996. Sol-gel synthesis of ZnO thin films. Thin Solid Films, 288(1-2), 112-115.
- Kashiwaba, Y., Katahira, F., Haga, K., Sekiguchi, T. and Watanabe, H., 2000. Hetero-epitaxial growth of ZnO thin films by atmospheric pressure CVD method. Journal of Crystal Growth, 221(1-4), 431-434.
- Lee, J.H., Ko, K.H. and Park, B.O., 2003. Electrical and optical properties of ZnO transparent conducting films by the sol-gel method. Journal of Crystal Growth, 247(1-2), 119-125.

- Muchuwani, E., Sathiaraj, T. and Nyakoty, H., 2016a. Effect of gallium doping on the structural, optical and electrical properties of zinc oxide thin films prepared by spray pyrolysis. *Ceramics International*, 42(8), 10066-10070.
- Muchuwani, E., Sathiaraj, T. and Nyakoty, H., 2016b. Low temperature synthesis of radio frequency magnetron sputtered gallium and aluminium co-doped zinc oxide thin films for transparent electrode fabrication. *Applied Surface Science*, 390, 570-577.
- Muchuwani, E., Sathiaraj, T. and Nyakoty, H. 2016c., Physical properties of gallium and aluminium co-doped zinc oxide thin films deposited at different radio frequency magnetron sputtering power. *Ceramics International*, 42(15), 17706-17710.
- Muchuwani, E., Sathiaraj, T. and Nyakoty, H., 2017. Synthesis and characterization of zinc oxide thin films for Optoelectronic Applications. *Heliyon*, 3(4), e00285.
- Mursal, Irhamni, Bukhari, and Jalil, Z., 2018. Structural and optical properties of zinc oxide (ZnO) based thin films deposited by sol-gel spin coating method. *Journal of Physics: Conference Series*, December 2018, p.1-7.
- Nagayasamy, N., Gandhimathination, S. and Veerasamy, V., 2013. The Effect of ZnO Thin Film and Its Structural and Optical Properties Prepared by Sol-Gel Spin Coating Method. *Open Journal of Metal*, 3(02), 8-11.
- Özgür, M., Pat, S., Mohammadigharehbagh, R., Musaoğlu, C., Demirkol, U., Elmas, S., Özen, S. and Korkmaz, Ş., 2019. Sn doped ZnO thin film deposition using thermionic vacuum arc technique. *Journal of Alloys and Compounds*, 774, 1017-1023.
- Panda, S.K. and Jacob, C. 2012., Preparation of transparent ZnO thin films and their application in UV sensor devices. *Solid-State Electronics*, 73, 44-50.
- Paraguay, F.D, Estrada, W.L., Acosta, D.R.N., Andrade, E. and Miki-Yoshida, M., 1999. Growth, structure and optical characterization of high quality ZnO thin films obtained by spray pyrolysis. *Thin Solid Films*, 350(1-2), 192-202.
- Sahal, M., Hartiti, B., Ridah, A., Mollar, M. and Mari, B., 2008. Structural, electrical and optical properties of ZnO thin films deposited by sol-gel method. *Microelectronics Journal*, 39(12), 1425-1428.
- Sans, J.A., Segura, A., Mollar, M. and Marí, B., 2004. Optical properties of thin films of ZnO prepared by pulsed laser deposition. *Thin Solid Films*, 453-454, 251-255.
- Sathiaraj, T.S., 2008. Effect of annealing on the structural, optical and electrical properties of ITO films by RF sputtering under low vacuum level. *Microelectronics Journal*, 39(12), 1444-1451.
- Shinde, S.S., Shinde, P.S., Oh, Y.W., Haranath, D., Bhosale, C.H. and Rajpure, K.Y., 2012. Structural, optoelectronic, luminescence and thermal properties of Ga-doped zinc oxide thin films. *Applied Surface Science*, 258(24), 9969-9976.
- Silva, É.P.D., Chaves, M., Durrant, S.F., Lisboa-Filho, P.N. and Bortoleto, J.R.R., 2014. Morphological and electrical evolution of ZnO:Al thin films deposited by RF magnetron sputtering onto glass substrates. *Materials Research*, 17(6), 1384-1390.
- Shariffudin, S.S., Salina, M., Herman, S.H. and Rusop, M., 2012. Effect of film thickness on structural, electrical, and optical properties of sol-gel deposited layer-by-layer ZnO nanoparticles. *Transactions on Electrical and Electronic Materials*, 13(2), 102-105.
- Soylu, M. and Yakuphanoglu, F., 2016. Fabrication and characterization of light-sensing device based on transparent ZnO thin film prepared by sol-gel. *Optik*, 127(20), 8479-8486.
- Srivastava, A.K. and Kumar, J., 2013. Effect of zinc addition and vacuum annealing time on the properties of spin-coated low-cost transparent conducting 1 at% Ga-ZnO thin films. *Science and Technology of Advanced Materials*, 14(6), 065002.
- Tauc, J., Grigorovici, R. and Vancu, A., 1966. Optical properties and electronic structure of amorphous germanium. *Physica Status Solidi (b)*, 15(2), 627-637.
- Xu, J., Pan, Q., Shun, Y. and Tian, Z., 2000. Grain size control and gas sensing properties of ZnO gas sensor. *Sensors and Actuators B: Chemical*, 66(1-3), 277-279.
- Yang, P.F., Wen, H.C., Jian, S.R., Lai, Y.S., Wu, S. and Chen, R.S., 2008. Characteristics of ZnO thin films prepared by radio frequency magnetron sputtering. *Microelectronics Reliability*, 48(3), 389-394.
- Yu, X., Ma, J., Ji, F., Wang, Y., Zhang, X., Cheng, C., and Ma, H., 2005. Effects of sputtering power on the properties of ZnO: Ga films deposited by r.f. magnetron-sputtering at low temperature. *Journal of Crystal Growth*, 274(3-4), 474-479.

Zahedi, F., Dariani, R.S. and Rozati, S.M, 2014. Structural, optical and electrical properties of ZnO thin films prepared by spray pyrolysis: effect of precursor concentration. *Bulletin of Materials Science*, 37(3), 433-439.

Zahirullah, S.S., Immanuel, P., Pravinraj, S., Inbaraj, P.F.H. and Prince, J.J., 2018. Synthesis and characterization of Bi doped ZnO thin films using SILAR method for ethanol sensor. *Materials Letters*, 230, 1-4.

Meyve ve Sebze Kabuklarının Fitokimyasal ve Antioksidan Özelliklerinin İncelenmesi

Investigation of Phytochemical and Antioxidant Properties of Fruit and Vegetable Peels

Melih GÜZEL^{*1,a}, Özlem AKPINAR^{2,b}

¹Gümüşhane Üniversitesi, Şiran Mustafa Beyaz Meslek Yüksekokulu, Otel Lokanta ve İkrâm Hizmetleri Bölümü, 29700, Gümüşhane

²Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, 60000, Tokat

• Geliş tarihi / Received: 20.03.2019 • Düzeltilerek geliş tarihi / Received in revised form: 29.07.2019 • Kabul tarihi / Accepted: 26.08.2019

Öz

Bitkiler, sağlık açısından olumlu etkileri olan fitokimyasallar bakımından zengindir. Bu çalışmada, Türkiye’de önemli miktarda tarımı yapılan kivi (*Actinidia deliciosa*), kavun (*Cucumis melo*), domates (*Solanum lycopersicum*), elma (*Malus domestica*), ayva (*Cydonia oblonga*) ve nar (*Punica granatum*) kabuklarının fitokimyasal bileşikleri belirlenmiştir. Çalışma kapsamında kabukların nem, kül, yağ, askorbik asit, β karoten içerikleri belirlenmiş, kabuklar %0, %25, %50 ve %75’lik etanol çözeltilerinde ekstrakte edilmiş ve toplam fenolik, toplam flavonoid ve toplam monomerik antosiyanin içerikleri ve antioksidan kapasiteleri (FRAP, TEAC ve DPPH) incelenmiştir. Fenolik bileşikleri ekstrakte etmek için %25 ve %50 etanol konsantrasyonlarının, diğer konsantrasyonlara kıyasla daha başarılı olduğu sonucuna varılmıştır. Nar kabuğunun toplam monomerik antosiyanin, flavonoid, fenolik madde içerikleri ve antioksidan kapasiteleri açısından diğer kabuklara kıyasla oldukça yüksek olduğu saptanmıştır. İncelenen kabuklar arasında kavun kabuğunun diğer kabuklardan daha fazla miktarda β -karoten içerdiği, en yüksek askorbik asit içeriğine ise ayva kabuğunun sahip olduğu belirlenmiştir.

Anahtar kelimeler: Atık, Fenolik Bileşenler, Fitokimyasal, Kabuk, Meyve, Sebze

Abstract

Plants are rich in phytochemicals which have positive effects on health. In this study, the phytochemical components of the some fruit and vegetable peels, produced in the significant amounts in Turkey, including kiwi (*Actinidia deliciosa*), melon (*Cucumis melo*), tomato (*Solanum lycopersicum*), apple (*Malus domestica*), quince (*Cydonia oblonga*) and pomegranate (*Punica granatum*) were determined. The moisture, ash, fat, ascorbic acid and β carotene contents of the peels were determined. Peels were extracted in 0%, 25%, 50% and 75% ethanol solutions and total phenolic, total flavonoids and total monomeric anthocyanin contents and antioxidant capacities of the extracts were investigated. It was concluded that the concentrations of 25% and 50% ethanol were more successful than other concentrations to extract the phenolic compounds. Total monomeric anthocyanin, flavonoid, phenolic contents and antioxidant capacity of the pomegranate peel were found to be significantly higher than the other peels. It was determined that the melon rind contained more β -carotene and quince peel contained more ascorbic acid content than the other peels.

Keywords: Antioxidant, Fruit, Phenolic, Phytochemicals, Vegetable, Waste

*^aMelih Güzel, melihguzel010@hotmail.com, Tel: (456)2331000-3608, <https://orcid.org/0000-0001-5374-8838>

^b<https://orcid.org/0000-0001-6593-8495>

1. Giriş

Bitkilerin kendine has rengi, kokusu ve tatlarının oluşumunda rol oynayan (Balch ve Balch, 1997), ikincil metabolit olarak ortaya çıkan ve besin maddesi olarak tüketildiklerinde sağlık açısından yararlı etkileri olan (Visioli vd., 2000), biyoaktif bileşiklere fitokimyasallar denilmektedir. Fitokimyasallar çoğunlukla kuvvetli antioksidan aktiviteye sahip olup (Schiassi vd., 2018), bağırsak florasını, safra asitlerini ve pH'yı düzenlemekte, hücre içi matris yapısının korunmasını sağlayarak hücreyi dış etkenlere karşı korumaktadır. Bunun dışında antikarsinojenik enzim aktivitelerini arttırmakta, tümör ve kanser oluşumunda etkili olan maddelerin oluşumunu önleyici etkiye de sahiptir (Güney vd., 2003). Fitokimyasallar ve bu bileşenlerin beslenmedeki önemi, bilim ve teknoloji alanlarındaki gelişim, sağlık giderlerindeki yüksek maliyetler, insanların beslenme-sağlık ilişkisinde bilinçlenmesi, hayvansal gıdaların fazla tüketiminin sağlık üzerindeki olumsuz etkilerinden dolayı giderek artmaktadır (Kırışoğlu ve Velioğlu, 2001). En bilinen fitokimyasal bileşikler; tanenler, fenolik bileşikler (polifenoller), karotenoidler, saponinler, kumarinler, tokoferoller, terpenler, izotiyosiyanatlar, sülfidler, sülforafanlar, terpenoidler, alkaloidler, flavonoidler, fitosteroller, fitoestrogenler, indoller şeklinde sıralanabilir (Dündar, 2001).

Fitokimyasalların en büyük grubunu fenolik bileşikler oluşturmaktadır (Haslam, 1998). Fenolikler, antioksidan özelliklerinin yanında; antialerjen, antimitojen, antikanserojen, antiglisemik, antikolesterol, anti-inflamatuar, antimikrobiyal ve sakinleştirici özelliklere de sahip olup, kozmetik, ilaç ve gıda endüstrisinde ise katkı maddesi olarak kullanılmaktadır (Friedman ve Levin, 2009). Son yıllarda gıda işleme sonucunda oluşan atık kütleler, fenolik bileşiklerin ucuz ve güvenli kaynakları olarak ilgi çekmektedir (Cam ve Aaby, 2010). Fenolik maddeler yapılarına göre flavonoidler (antosiyandinler, flavonlar, flavonoller, flavanonlar, proantosiyandinler, kateşinler ve löykoantosiyandinler), fenolik asitler, lignanlar ve stilbenler olarak ayrılmaktadır (Fernandez vd., 2008). Flavonoid bileşiklerinin antioksidan (Larson, 1988), antimikrobiyal (Pratt ve Hudson, 1990), antiviral, antiülser, hipolidemik, hepatoprotektif (Wagner vd., 1991), antienflamatuar (Moroney vd., 1988), antimitojen ve antikanserojen (Deschner vd., 1991) gibi aktivite gösterdikleri anlaşılmıştır.

Antosiyandinlerin şekerler ile glikozit yaparak oluşturduğu antosiyanın flavonidi, meyve ve sebzelerde pembeden, kırmızı ve mor tonları gibi çeşitli renklerden sorumlu, suda çözünebilen pigmentler olduğundan (Nizamhoğlu ve Nas, 2010), gıdaların renklendirilmesinde doğal boya olarak sentetik boyalara karşı alternatif olarak da kabul edilmektedir. Bugüne kadar 4000'den fazla izole edilmiş flavonoid bileşiklerin (gıda, tekstil, deri, metalürji, tıp, ziraat gibi alanlarda kullanılabilme potansiyelinden dolayı son yıllarda bunlarla ilgili çalışma sayısı giderek artmaktadır (İnanır vd., 2019).

Doğada yaygın olarak bulunan doğal renk pigmentleri olan karotenoidlerin yaklaşık %90'ını α - ve β -karoten oluşturmakta ve özellikle provitamin A aktivitesinden dolayı önemli bir fitokimyasal grubunu temsil etmektedir (Larson, 1997). Bitkilerde yaygın olarak bulunan önemli bir diğer fitokimyasal ise askorbik asit olup, vitamin aktivitesinin yanında kalp-damar hastalıkları, sinirsel hastalıklar ve bazı kanser türlerine karşı risk azaltıcı ve radikallerin oluşturduğu DNA hasarlarını önleyici etkileri vardır. Sahip oldukları antioksidan özellikleri sayesinde, lipid oksidasyonunu serbest radikal ve oksijen bağlayıcı olarak indirgen özellik göstererek, daha az reaktif olan türlerine dönüştürmekte, radikalleri etkisiz hale getirmekte ve bazı antioksidanları yenilemektedir (Koca ve Karadeniz, 2005). Bazı meyvelerde örneğin portakalda, meyve kabuğunun, meyve suyundan çok daha fazla miktarda askorbik asit içerdiği belirtilmektedir (URL-1, 2014).

Dünya meyve ve sebze üretiminde lider ülkeler arasında bulunan Türkiye, Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü 2017 verilerine göre ayva üretiminde dünyada birinci, kavun üretiminde ikinci, elma ve domates üretiminde üçüncü, kivi ve nar üretiminde ise sekizinci sırada bulunmaktadır (FAO, 2017). Türkiye İstatistik Kurumu verilerine göre 2018 yılında Türkiye'de üretilen kivi, kavun, domates, elma ayva ve nar üretim miktarları sırasıyla 61,920 ton, 1,753,942 ton, 12,150,000 ton, 3,625,960 ton, 176,479 ton ve 537,847 tondur (TÜİK, 2018). Dolayısıyla bu ürünlerin tüketilmesi veya işlenmesi sırasında önemli miktarda hem evsel hem de endüstriyel boyutta atık ortaya çıkmaktadır.

Atıkların değerlendirilmesi amacıyla dünya genelinde yoğun çalışmalar yapılmaktadır (Wolfe vd., 2003; Lim vd., 2006; Ghasemi vd., 2009). Gıda endüstrisi atıklarının sadece bir kısmı kompost edilerek ya da kurutulularak yem veya

gübre olarak kullanılmakta olup, bu atıklardan ekonomik değeri daha yüksek olan fitokimyasal maddeler elde edilmesi için sürdürülebilir kaynak olarak kullanılması, atık yönetimi açısından daha doğru bir yaklaşımdır (Poli vd., 2011). Yapılan çalışmalarda, meyve-sebze kabuklarının önemli düzeyde fitokimyasalları içerdiği belirlenmiştir (Fidrianny vd., 2014; Canan vd., 2016). Pek çok çalışmada meyve-sebze kabuk ve çekirdeklerinin fitokimyasal içeriğinin, yenilebilir dokuya kıyasla daha fazla olduğu (Shrikhande, 2000; Gorinstein vd., 2004; Someya vd., 2002; George vd., 2004) ve bu maddelerin kozmetik, ilaç ve gıda sanayinde yüksek değerli ürünlerin elde edilmesinde kullanılabileceği (Ashoush ve Gadallah, 2011) belirtilmiştir.

2. Amaç

Bu çalışmanın amacı, Türkiye’de önemli düzeyde tarımı yapılan kivi, kavun, domates, elma, ayva ve nar meyve-sebzelerin kabuklarında bulunan fitokimyasal bileşikleri ve antioksidan özelliklerini belirlemek ve elde edilen sonuçları karşılaştırarak, meyve-sebzelerin birbirlerine karşı üstünlüklerini araştırmaktır. Bu amaç doğrultusunda kivi, kavun, domates, elma, ayva ve nar kabuklarının kül, β -karoten, askorbik asit içerikleri belirlenmiş, içerdikleri fenolik bileşiklerin yüksek oranda ekstraksiyonu için uygun etanol konsantrasyonu araştırılmış ve antoksidan aktiviteleri belirlenmiştir. Ayrıca yine sağlık açısından öneme sahip tanen, kinon, kardiyak glikozit, terpenoid, kumarin gibi fitokimyasal bileşiklerin varlığı da kalitatif olarak araştırılmıştır.

3. Gereç ve Yöntem

3.1. Materyal

Çalışma kapsamında kabukların elde edilmesi için gerekli meyve-sebzeler; kivi (*Actinidia deliciosa*), kavun (*Cucumis melo*), domates (*Solanum lycopersicum*), elma (*Malus domestica*), ayva (*Cydonia oblonga*) ve nar (*Punica granatum*), kültivar farkı gözetmeksizin yerel marketlerden temin edilmiştir. Taze meyve-sebzelerin kabukları, kabuk soyucu (Tefal Talent K07906 Peeler) ile 2-3 mm kalınlığında ayrılmış, doğrayıcı ile parçalanmış, 50°C’de etüvde kurutulmuş, öğütülmüş ve 4°C’de cam kavanozlarda depolanmıştır. Kullanılan tüm standart ve kimyasallar (ABTS, TPTZ, DPPH, Trolox, Quercetin, β -karoten, askorbik asit ve butilhidroksitoluen (BHT), 3,4,5-trihidroksibenzoik asit (gallik asit), Folin-

Ciocalteu reaktifi, demir (III) klorit heksahidrat, potasyum persülfat, furfural ve diğer kimyasallar) Sigma (MO, ABD) ve Merck (Darmstadt, Almanya)’den tedarik edilmiştir.

3.2. Yöntem

3.2.1. Kurumadde, Kül ve Yağ

Örneklerin yağ miktarı yağ ekstraksiyon cihazında (Ankom XT10), kurumadde ve kül oranları ise gravimetrik olarak belirlenmiştir (AOAC, 1989).

3.2.2. β -karoten ve Askorbik Asit

Öğütülmüş meyve-sebze kabuklarından β -karoten ekstraksiyonu için, 0.6 g kabuk, 6 mL %0.1 etanolik BHT (bütil hidroksi tolüen) ile karıştırılmış ve önce 85°C’deki su banyosunda 5 dakika bekletilmiş, daha sonra %80 KOH (0.5 mL) ilave edilmiştir. Örnekler tekrar karıştırılarak 85°C’de su banyosunda bekletilmiş (10 dakika) ve 5 dakika karıştırıldıktan sonra, buz içerisine soğutulmuş ve üzerine 3 mL soğuk deiyonize su ilave edilmiştir. Soğutulmuş örneğe, 3 mL hekzan ilave edilmiş, üstteki karotenoitçe zengin tabaka ayrılmış ve bu kısmın absorbansı 450 nm’de hekzana karşı okunmuştur. Örneklerin β -karoten miktarı, β -karoten (Sigma-Aldrich (St. Louis, ABD)) standardı kullanarak hesaplanmıştır (Sanusi ve Adebisi, 2009).

Kabukların toplam askorbik asit içerikleri spektrofotometrik yöntemle belirlenmiştir (Hışıl, 2004). 10 g kabuk, 90 g stabilizan çözeltisi (%0.4’lük okzalik asit) ile karıştırılarak filtre edilmiş, 1 mL filtrat 9 mL boya çözeltisi ile (2.6-dichloroindophenol, Na tuzu) karıştırılmış ve 518 nm’de absorbansı ölçülmüştür. Örneklerin askorbik asit içerikleri farklı konsantrasyonlarda L-askorbik asit (Sigma-Aldrich (St. Louis, ABD)) standardı kullanarak hesaplanmıştır.

3.2.3. Örneklerin Ekstraksiyonunun Hazırlanması

Meyve-sebze kabuklarının fenolik bileşikleri farklı konsantrasyonlarda etanol ile ekstraksiyonuna tabi tutulmuştur. 0.5 g öğütülmüş meyve-sebze kabuklarına 20 mL %, %25, %50 ve %75’lik etil alkol ilave edilerek çalkalamalı su banyosunda 60°C’de 30 dakika boyunca ekstraksiyona tabii tutulmuş ve ekstraksiyon sonunda filtre edilmiştir. Elde edilen ekstraktlar bir sonraki analizler için kullanılmaya kadar -18°C’de depolanmıştır.

3.2.3.1. Suda Çözünür Kuru Madde

Ekstraktların suda çözünür kuru maddesi Abbe refraktometresi (Centro de Enseñanza Técnica Industrial (Ceti), Meksika) ile tayin edilmiştir. Ölçümler oda sıcaklığında (25°C) yapılmış ve sonuçlar % (°Briks) olarak ifade edilmiştir (Cemeroglu, 2010).

3.2.3.2. Kalitatif Analizler

Meyve-sebze kabuk ekstraktlarının içerdiği diğer fitokimyasal bileşikler hakkında fikir edinilmesi için tanen, saponin, kinon, kardiyak glikozit, terpenoid ve kumarin içerikleri kalitatif olarak incelenmiştir. Tanen analizi için ekstraktlardan 0.25 mL alınıp üzerine 0.5 mL %52'lik FeCl₃ eklenmiş, yeşil renk oluşumu gözlenenlerde tanen varlığı pozitif olarak değerlendirilmiştir. Saponin analizi için ekstraktlarından 0.5 mL alınıp üzerine 0.5 mL distile su eklenerek çalkalanmış, 15 dakika beklenmiş, yaklaşık 0.25 cm köpük oluşumu gözlenenlerde saponin bulunduğu belirtilmiştir. Kinon analizi için ekstraktlardan 0.25 mL alınıp üzerine 0.25 mL H₂SO₄ eklenmiş, kırmızı renk oluşumu gözlenenlerde kinon varlığı gözlenmiştir. Kardiyak glikozit analizinde 0.25 mL ekstrakta 1 mL asetik asit, birkaç damla %5'lik FeCl₃ ve 0.5 mL H₂SO₄ eklenmiş, kahverengi renk oluşumu gözlenenlerde, kardiyak glikozit varlığı belirlenmiştir. Terpenoid analizinde 0.25 mL ekstrakta 1 mL kloroform ve birkaç damla H₂SO₄ eklenmiş, kırmızı renk oluşumu gözlenenlerde terpenoid, kumarin analizi için ise ekstraktlardan 0.25 mL alınıp üzerine 0.25 mL %10'luk NaOH eklenmiş, sarı renk oluşumu gözlenenlerde kumarin varlıkları pozitif olarak değerlendirilmiştir (Janarthanan vd., 2012).

3.2.3.3 Toplam Fenolik Madde

Meyve-sebze ekstraktlarının toplam fenolik madde miktarları Singleton vd. (1965)'nin tanımladığı yöntemin modifikasyonu ile belirlenmiştir. Bu amaçla 100 µL Folin-Ciocalteu

(2 N), 100 µL meyve-sebze kabuk ekstraktı ile 2.3 mL distile su ve 1 mL sodyum karbonat çözeltisi (%7) ile karıştırılmış ve 2 saat oda sıcaklığında bekletilmiştir. Çözeltilerin absorbansları ise 750 nm'de ölçülmüş ve sonuçlar gallik asit eşdeğeri (GAE) olarak hesaplanmıştır.

3.2.3.4 Toplam Flavonoid

Ekstraktların toplam flavonoid miktarları, Li vd. (2015) tarafından belirtilen yöntemle belirlenmiştir. 0.5 mL meyve-sebze ekstraktlarına 2 mL distile su ve 0.15 mL NaNO₂ (%5) ilave edilerek karıştırılmış, 5'er dakika ara ile önce 0.15 mL AlCl₃ (%10), sonra 1 mL NaOH (1 M) ilave edilmiş ve 15 dakika boyunca reaksiyona girmesi için beklenmiş ve 415 nm'de absorbansları ölçülmüştür. Standart olarak etanolde hazırlanmış 200 mg/L stok kuarsetin (Sigma-Aldrich (St. Louis, ABD)) çözeltisi kullanılmış ve sonuçlar kuarsetin eşdeğeri (KE) olarak ifade edilmiştir.

3.2.3.5. Toplam Monomerik Antosiyanin

Ekstraktların toplam monomerik antosiyanin miktarının belirlenmesi için Fuleki ve Francis (1968) tarafından belirtilen pH diferansiyel yöntemi uygulanmıştır. Bunun için 10 mL meyve-sebze ekstraktlarının pH'ları, HCl (0.1 N) ve NaOH (0.1 N) çözeltileri ile 1.00 ve 4.50'ye ayarlanmıştır. pH'ları ayarlanmış ekstraktların hacimleri 50 mL'ye distile su ile tamamlanarak 4°C'de 2 saat bekletildikten sonra örneklerin absorbansları 516 nm ve 700 nm'de ölçülmüştür. Ekstraktlarının toplam antosiyanin içerikleri denklem (1) ve (2)'ye göre hesaplanmıştır.

Bu bağlamda A absorbans değerini, A₅₁₆ ve A₇₀₀ sırasıyla 516 ve 700 nm'de absorbans değerlerini, DF seyreltme faktörünü, ε siyanidin-3-glikozitin molar absorpsivitesini (29.600), L küvet optik yolunu (1 cm) ve MW ise siyanidin-3-glikozitin molekül ağırlığını (445.2) ifade etmektedir.

$$A = (A_{516} - A_{700})pH1.0 - (A_{516} - A_{700})pH4.5 \quad (1)$$

$$\text{Toplam Antosiyanin(mg/l)} = [(A) \times (103) \times (MW) \times (DF)] / [(\epsilon) \times (L)] \quad (2)$$

3.2.3.6 Antioksidan Aktivite

Meyve-sebze kabuk ekstraktlarının antioksidan tayinleri, Demir (III) İndirgeme Antioksidan Gücü (FRAP) (Benzie ve Strain, 1996), Trolox Eşdeğeri Antioksidan Kapasitesi (TEAC) (Re vd.,

1999) ve Radikal Süpürme Aktivitesi (DPPH) (Brand-Williams vd., 1995) yöntemlerine göre gerçekleştirilmiştir. FRAP yönteminde 30 mM sodyum asetat tampon çözeltisi (pH 3.6), sulu demir (III) klorür çözeltisi (20 mM) ve sulu 2,4,6-tripiridil-S-triazin (TPTZ) çözeltisi (10 mM)

10/1/1 oranında karıştırılarak FRAP çalışma çözeltisi hazırlandı. Bu çözelti (2.9 mL) ve meyve-sebze ekstraktları (100 µl) veya troloks standart çözeltileri (100 µl) karıştırılarak, oda sıcaklığında 30 dakika bekletildikten sonra absorbansları (593 nm) belirlenmiştir. TEAC yönteminde sulu 2,2'-azino-bis (3-etilbenzotiyazolin-6-sülfonik asit) (ABTS) çözeltisi (7 mM) ve sulu potasyum persülfat çözeltisi (2.45 mM) karışımı (1/1, v/v) oda sıcaklığında karanlık bir ortamda reaksiyona bırakılarak (16 saat) ABTS radikal katyonu (ABTS⁺) stok çözeltisi elde edilmiştir. Bu çözelti sodyum asetat (pH 4.5, 20 mM) ile seyreltilerek 734 nm dalga boyunda absorbansı 0.7'ye ayarlanarak elde edilen ABTS⁺ çalışma çözeltisi (2.9 mL) ve ekstraktlar (0.1 mL) veya troloks standart çözeltileri karıştırıldıktan sonra, oda sıcaklığında 30 dakika bekletilerek, 734 nm dalga boyunda absorbans değerleri ölçülmüştür. DPPH yönteminde 2,2 difenil-1- pikrilhidrazil (DPPH) çalışma çözeltisi (1.95 mL) ve ekstraktlar (50 µl) veya troloks standart çözeltileri (50 µl) karıştırılarak oda sıcaklığında 10 dk inkübe edildikten sonra 517 nm'de absorbansları ölçülerek hesaplanmıştır. Ekstraktların antioksidan kapasite değerleri troloks eşdeğeri (TE) olarak hesaplanmıştır.

3.3. İstatistiksel Analiz

Sonuçlar üç tekrar ortalaması \pm standart sapma olarak verilmiştir. İstatistiksel bilgisayar programı sonuçlarının analizi için SPSS kullanılmış (IBM SPSS Statistics 22, Inc., Chicago, IL, USA), sonuçların varyans analizleri yapılmış (ANOVA) ve sonuçlar arasındaki farklılıklar ise Duncan çoklu karşılaştırma testi ile istatistiksel olarak %95 güven aralığında değerlendirilmiştir.

4. Bulgular ve Tartışma

Nem miktarı gıdalardaki su içeriğinin, kül miktarı ise mineral madde ve diğer inorganik madde içeriğinin bir göstergesidir (Acquistucci vd., 1991). Bu çalışmada kurutulmuş meyve-sebze kabuklarında önce nem, ardından da kül tayini yapılmıştır. Kurutma işlemi tüm kabuklar için aynı koşullarda olmasına rağmen, domates kabuklarının nem içeriğinin, diğer kabuklara kıyasla daha fazla olduğu belirlenmiştir (Tablo 1). Domates, kavun ve kivi kabuklarının kül oranlarının diğer kabuklara kıyasla yüksek olduğu saptanmıştır (Tablo 1). Daha önceki çalışmalarda kavun kabuğunun (%9.7) (Morais vd., 2017) ve nar kabuğunun (%6.07) (Romelle vd., 2016) kül içeriklerinin çalışmamızda elde edilen

sonuçlardan daha yüksek olduğu, elma kabuğunun (%1.39) (Romelle vd., 2016) ise daha düşük olduğu belirlenmiştir.

İncelenen meyve-sebze kabuklarının yağ içeriklerinin %1.62-3.61 arasında değiştiği gözlenmiştir (Tablo 1). En yüksek yağ içeriğine sahip kabuk, ayva olup bunu elma takip etmektedir. Daha önceki çalışmalarda nar ve elma kabuklarının (%3.36, %9.96) (Romelle vd., 2016) çalışmamızda bulunan değerlerden daha yüksek olduğu saptanmıştır. Literatür çalışmalarında bildirilen kül ve yağ içerikleri ile çalışmamızdaki meyve-sebze kabuklarının içerikleri arasındaki farkların, iklim koşulları, toprak bileşimi gibi meyve-sebze yetiştirilme şartlarından, tür ve cins farklılıklarından, hasat sürelerinden ve kabuk soyma yöntemleri gibi çeşitli koşullardan kaynaklanabileceği düşünülmektedir.

İncelenen meyve-sebze kabuklarının, provitamin A özelliği gösteren karotenoidlerin önemli bir grubunu temsil eden β -karoten (Garcia ve Baret, 2005) içerikleri karşılaştırıldığında, kabuklarının 2.15-93.29 ppm arasında β -karoten içerdiği, kavun kabuğunda ise en fazla olduğu, bunu sırasıyla, domates ve kivi kabuğunun izlediği, en düşük içeriğe ise sırasıyla elma, ayva ve nar kabuğunun sahip olduğu bulunmuştur (Tablo 1). Daha önceki çalışmalarda, crenshaw kavununun 450 µg/100g, kantalu kavununun 1595 µg/100g, domatesin 393 µg/100g (Holden vd., 1999), elmanın 72 µg/100g (Setiawan vd., 2001), taze salatalığın 280 ve domatesin 1610 µg/100 g (Ahamad vd. 2007) β -karoten içerdiği bildirilmiştir. Sonuçlar karşılaştırıldığında Ahamad vd. (2007) tarafından domates için belirtilen β -karoten içeriği hariç diğer sonuçlarda belirtilen değerlerin çalışmamıza göre daha düşük olduğu sonucu görülmektedir.

Tablo 1 incelendiğinde en yüksek askorbik asit içeriğine 100.00 mg/100g kabuk ile ayva kabuğunun sahip olduğu, bunu sırasıyla nar, domates ve elma kabuğunun takip ettiği, kavun, domates ve elma kabuklarının askorbik asit içerikleri arasında istatistiki olarak fark bulunmadığı, en düşük içeriğe ise 22.90 mg/100 g ile kivi kabuğunun sahip olduğu görülmektedir. Daha önceki çalışmalarda, domates kabuğunun 16.9 (Toor ve Savage, 2005), ayva kabuğunun 18.74 (Silva vd., 2004), salatalığın 1.49, kavunun 2.32 ve domatesin 12.16 (Melo vd., 2006), elmanın 12.72, salatalığın 12.00, kavunun 26.42 ve domatesin 27.70 mg/100 g (Okiei vd., 2009) askorbik asit içerdiği belirtilmiştir. Sonuçlar karşılaştırıldığında çalışmamızda elde edilen değerin daha yüksek olduğu görülmektedir.

Tablo 1. Meyve-sebze kabuklarının bazı bileşenleri

	Nem (%)	Kül (%)	Yağ (%)	β -karoten ($\mu\text{g/g}$)	Askorbik Asit (mg/100g)
Kivi	8.45 \pm 0.16 ^b	6.96 \pm 0.00 ^c	2.21 \pm 0.01 ^c	5.19 \pm 0.18 ^c	22.90 \pm 1.60 ^d
Kavun	7.40 \pm 0.20 ^d	8.69 \pm 0.09 ^b	1.84 \pm 0.02 ^e	43.54 \pm 0.18 ^a	51.25 \pm 3.21 ^c
Domates	10.26 \pm 0.31 ^a	10.56 \pm 0.02 ^a	2.19 \pm 0.02 ^c	13.20 \pm 0.184 ^b	52.39 \pm 1.60 ^c
Elma	3.64 \pm 0.11 ^f	2.14 \pm 0.01 ^f	3.49 \pm 0.0 ^b	2.15 \pm 0.09 ^f	52.38 \pm 1.60 ^c
Ayva	5.07 \pm 0.05 ^e	2.28 \pm 0.01 ^e	3.61 \pm 0.01 ^a	2.62 \pm 0.13 ^e	100.00 \pm 1.60 ^a
Nar	7.92 \pm 0.23 ^c	4.24 \pm 0.01 ^d	1.92 \pm 0.02 ^d	2.99 \pm 0.13 ^d	72.79 \pm 1.60 ^b

Duncan testine göre aynı sütundaki farklı harflerle (^{a, b, c, d, e, f}) belirtilmiş ortalamalar birbirinden farklı olup ($p < 0.05$), değerler 3 paralelin ortalaması ve standart sapma olarak ifade edilmiştir.

Bitkisel materyallerden fenolik bileşiklerin ekstraksiyon verimini artırmak amacıyla farklı polaritelere sahip solventler kullanılmaktadır (Paula vd., 2014; Waszkowiak ve Swiglo, 2016). Meyve-sebze kabukları, farklı konsantrasyonlarda düşük toksisiteye sahip etil alkol ile ekstrakte edilmiş ve ekstraktların suda çözünür kurumadde (SÇKM) miktarları Tablo 2’de verilmiştir. Artan etanol konsantrasyonunun ekstraktların SÇKM içeriklerini önemli ölçüde ($P < 0.05$) arttırdığı gözlenmiştir. Örneğin %0 etanol (su)

konsantrasyonunda ekstraktların suda çözünür kuru madde içeriği %0.97-1.37 arasında iken %75 etanol konsantrasyonunda ise %20.10-21.00 aralığında olduğu belirlenmiştir. Buna karşın aynı etanol konsantrasyonlarında ekstrakte edilen ekstraktlar arasında fark olmadığı ($P < 0.05$) gözlenmiştir. Ekstraktlar arasında en yüksek SÇKM içeriğine %75 etanol konsantrasyonunda elde edilen elma ekstraktı, aynı konsantrasyonda en düşük içeriğe ise domates kabuk ekstraktı sahiptir.

Tablo 2. Ekstraktların suda çözünür kuru madde miktarları (%)

	%0	%25	%50	%75
Kivi	1.00 \pm 0.00 ^{cd}	10.02 \pm 0.03 ^{dc}	17.02 \pm 0.03 ^{cb}	20.42 \pm 0.03 ^{ba}
Kavun	1.37 \pm 0.03 ^{ad}	10.02 \pm 0.03 ^{dc}	17.02 \pm 0.03 ^{cb}	20.30 \pm 0.00 ^{ca}
Domates	1.00 \pm 0.00 ^{cd}	10.02 \pm 0.03 ^{dc}	16.92 \pm 0.03 ^{db}	20.10 \pm 0.00 ^{ea}
Elma	0.97 \pm 0.03 ^{cd}	10.42 \pm 0.03 ^{ac}	17.82 \pm 0.03 ^{ab}	21.00 \pm 0.00 ^{aa}
Ayva	1.20 \pm 0.00 ^{bd}	10.32 \pm 0.03 ^{bc}	17.42 \pm 0.03 ^{bb}	20.25 \pm 0.03 ^{da}
Nar	1.20 \pm 0.00 ^{bd}	10.07 \pm 0.03 ^{cc}	17.02 \pm 0.03 ^{cb}	20.42 \pm 0.03 ^{ba}

Duncan testine göre aynı sütunda farklı harflerle (^{a, b, c, d, e, f}) ve aynı satırda farklı harflerle (^{A, B, C, D}) belirtilmiş ortalamalar birbirinden farklı ($p < 0.05$) olup, değerler 3 paralelin ortalaması ve standart sapma olarak ifade edilmiştir.

Meyve-sebze kabuk ekstraktlarının toplam fenolik madde içerikleri Tablo 3’te sunulmuştur. Kabuk ekstraktları arasında, en yüksek fenolik madde içeriğine narın sahip olduğu belirlenmiş olup, bunu elma ve ayvanın takip ettiği, en düşük değere ise domates kabuğunun sahip olduğu saptanmıştır. Optimum fenolik madde ekstraksiyonunun gerçekleştiği etanol konsantrasyonunun, farklı meyve ve sebze kabukları için değiştiği örneğin kivi, kavun ve nar kabukları için bu oran %25 iken, domates, elma ve ayva kabukları için ise %50 etanol konsantrasyonu olduğu belirlenmiştir. Daha önce literatürde yapılan çalışmalar incelendiğinde, Henríquez vd. (2010) tarafından elma kabuklarının pulp ve tüm meyveye kıyasla meyve türüne bağlı olarak sırasıyla 4.6-8.1 ve 3.5-4.9 kat daha fazla fenolik madde içerdiği ve kabuğun

fenolik madde içeriğinin elma türüne bağlı olarak yaklaşık 6-12 mg GAE/g olduğu bildirilmiştir. Diğer çalışmalarda elma (kırmızı), elma (yeşil), domates, kivi ve kavun kabuklarının sırasıyla 3.89, 4.37, 3.07, 4.26 ve 5.10 mg GAE/g (Deng vd., 2012), elma ve kivi kabuklarının sırasıyla 11.48 ve 5.89 mg GAE/g (Afsharnezhad vd. (2017), ayva kabuğunun 7.09 mg GAE/g fenolik madde içerdiği ve ayva kabuğunun pulp ve çekirdeğe kıyasla sırasıyla 4.7 ve 25.9 kat daha fazla fenolik madde içerdiği (Silva vd., 2004) belirtilmiştir. Sonuçlar karşılaştırıldığında, bu çalışmadaki sonuçların, literatür sonuçlarından daha yüksek olduğu ve özellikle %25 ve %50 etil alkol konsantrasyonun fenolik bileşiklerin ekstraksiyonunda oldukça etkili olduğu sonucuna varılmıştır.

Tablo 3. Ekstraktların toplam fenolik madde miktarları (mg GAE/g)

	%0	%25	%50	%75
Kivi	38.27±1.04 ^{bD}	79.01±2.98 ^{cA}	72.17±1.04 ^{dB}	60.69±0.00 ^{cC}
Kavun	43.54±0.45 ^{bAB}	52.48±0.89 ^{cdA}	48.48±3.28 ^{eAB}	41.33±5.36 ^{dB}
Domates	39.33±0.15 ^{bB}	39.96±1.34 ^{dB}	49.22±0.74 ^{eA}	34.91±0.74 ^{dC}
Elma	80.59±3.13 ^{bD}	121.85±1.64 ^{bB}	138.38±2.98 ^{bA}	110.17±0.89 ^{bC}
Ayva	74.48±1.04 ^{bC}	120.17±1.64 ^{bB}	128.69±1.79 ^{cA}	118.17±2.98 ^{bB}
Nar	1374.32±46.15 ^{aC}	1630.11±29.77 ^{aA}	1551.16±4.47 ^{aB}	1539.58±8.93 ^{aB}

Duncan testine göre aynı sütunda farklı harflerle (^{a, b, c, d, e, f}) ve aynı satırda farklı harflerle (^{A, B, C, D}) belirtilmiş ortalamalar birbirinden farklı (p<0.05) olup, değerler 3 paralelin ortalaması ve standart sapma olarak ifade edilmiştir.

Kavun ve domates kabuk ekstraktlarının flavonoid içeriği artan etanol konsantrasyonu ile artmış, elma, ayva ve nar kabuğu ekstraktlarında en yüksek flavonoid içeriğine %50 etanol konsantrasyonunda kivi kabuğu ekstraktında ise %25 etanol konsantrasyonunda ulaşılmıştır. İncelenen kabuklar arasında en yüksek flavonoid içeriğine, fenolik madde içeriğine benzer olarak nar kabuğunun sahip olduğu, bunu ayva ve elma kabuklarının takip ettiği, en düşük flavonoid içeriğine ise fenolik madde içeriğine benzer olarak domates kabuğunun sahip olduğu gözlenmiştir

(Tablo 4). Literatür çalışmaları incelendiğinde, nar kabuğunun flavonoid içeriği 51.52 mg rutin/g (Elfalleh vd., 2012) ve 18.61-36.40 mg catechin/g (Ardekani vd., 2011), elma ve kivi kabuklarının sırasıyla 10.15 ve 4.13 mg quercetin/g (Afsharnezhad vd., 2017), domates kabuğunun ise 0.204 mg rutin/g (Toor ve Savage, 2005) olarak bildirilmiştir. Sonuçlar karşılaştırıldığında, bu çalışmada bulunan elma, kivi, domates ve nar sonuçları literatür çalışmalarından daha yüksek bulunmuştur.

Tablo 4. Ekstraktların flavonoid içerikleri (mg KE/g)

	%0	%25	%50	%75
Kivi	3.03±0.08 ^{dC}	6.11±0.10 ^{cA}	5.89±0.02 ^{cA}	4.91±0.12 ^{dB}
Kavun	4.62±0.04 ^{cC}	5.11±0.08 ^{dB}	5.14±0.01 ^{dB}	6.07±0.08 ^{cA}
Domates	2.16±0.01 ^{dD}	2.61±0.00 ^{eC}	3.74±0.10 ^{eB}	5.08±0.03 ^{dA}
Elma	6.56±0.15 ^{bC}	11.07±0.17 ^{bB}	13.31±0.14 ^{bA}	11.00±0.10 ^{bB}
Ayva	6.35±0.09 ^{bC}	11.35±0.06 ^{bB}	13.38±0.17 ^{bA}	11.14±0.18 ^{bB}
Nar	70.33±0.88 ^{aC}	76.74±0.20 ^{aA}	77.47±0.15 ^{aA}	73.50±0.10 ^{aB}

Duncan testine göre aynı sütunda farklı harflerle (^{a, b, c, d, e, f}) ve aynı satırda farklı harflerle (^{A, B, C, D}) belirtilmiş ortalamalar birbirinden farklı (p<0.05) olup, değerler 3 paralelin ortalaması ve standart sapma olarak ifade edilmiştir.

Tablo 5'te ekstraktların toplam monomerik antosiyanin içerikleri verilmiş olup, etanol konsantrasyonunun artmasının, monomerik antosiyanin ekstraksiyonunu olumsuz etkilediği, etanol konsantrasyonları arasında kivi (%25) ve nar (%25) haricinde diğer kabuklar için optimum etanol konsantrasyonun %0 olduğu görülmektedir. Kabuklar arasında fenolik ve flavonoid içeriğine benzer şekilde en yüksek monomerik antosiyanin içeriğine nar kabuğunun sahip olduğu, bunu sırasıyla kavun ve elmanın takip ettiği belirlenmiştir. Daha önce literatürde yapılan çalışmalar incelendiğinde, dört farklı elma kabuğunun toplam monomerik antosiyanin içerikleri 21-268 µg/g (Wolfe vd., 2003), başka bir çalışmada ise 430 µg/g (Afsharnezhad vd., 2017), 10 farklı nar türünün kabuklarında 3.95-

29.53 mg/g (Khanavi vd., 2013), kivi kabuklarında 0.116 mg/g (Afsharnezhad vd., 2017) olarak bildirilmiştir. Sonuçlar karşılaştırıldığında, elma ve kivi kabuklarının toplam monomerik antosiyanin içerikleri çalışmamızda %0 etanol konsantrasyonunda bulunan sonuçtan daha düşük olduğu, nar kabuklarının ise daha yüksek olduğu görülmektedir.

Meyve-sebze kabuk ekstraktlarının içerdikleri diğer fitokimyasallar bileşikler kalitatif olarak taranmış ve sonuçlar Tablo 6'da sunulmuştur. İncelenen ekstraktlar arasında nar kabuğu ekstraktının tanen içerdiği, diğer kabuk ekstraktlarının ise içermediği bulunmuştur.

Tablo 5. Ekstraktların toplam monomerik antosiyanin içerikleri ($\mu\text{g/g}$)

	%0	%25	%50	%75
Kivi	165.05 \pm 2.81 ^{fB}	214.77 \pm 5.62 ^{cA}	61.65 \pm 2.81 ^{bC}	23.86 \pm 0.00 ^{dD}
Kavun	652.25 \pm 5.62 ^{bA}	385.78 \pm 11.25 ^{bB}	33.81 \pm 2.81 ^{cC}	7.95 \pm 0.00 ^{eD}
Domates	284.36 \pm 8.44 ^{eA}	41.76 \pm 2.81 ^{cC}	27.84 \pm 0.00 ^{cC}	95.45 \pm 5.62 ^{bB}
Elma	610.49 \pm 2.81 ^{cA}	69.60 \pm 2.81 ^{dB}	31.82 \pm 0.00 ^{cC}	15.91 \pm 0.00 ^{deD}
Ayva	548.84 \pm 0.00 ^{dA}	51.70 \pm 0.00 ^{eB}	29.83 \pm 2.81 ^{dD}	43.75 \pm 5.62 ^{cC}
Nar	942.58 \pm 5.62 ^{aD}	1499.38 \pm 5.62 ^{aA}	1181.21 \pm 5.62 ^{aB}	970.42 \pm 5.60 ^{aC}

Duncan testine göre aynı sütunda farklı harflerle (^{a, b, c, d, e, f}) ve aynı satırda farklı harflerle (^{A, B, C, D}) belirtilmiş ortalamalar birbirinden farklı ($p < 0.05$) olup, değerler 3 paralelin ortalaması ve standart sapma olarak ifade edilmiştir.

Antikanser, antiviral, antifungal, antibakteriyel, antitümör ve sitotoksik aktiviteye sahip kinon bileşiklerinin (Dongmo vd., 2015) tüm meyve-sebze ekstraktlarında bulunduğu, kinon ve türevleri organik çözücülerde suya oranla daha iyi çözüldüğünden (Tanaka ve Toda, 2000), artan etanol konsantrasyonunun kinon ekstraksiyonunu arttırdığı gözlemlenmiştir. Artan etanol konsantrasyonunun kardiyak glikozit

ekstraksiyonunu da arttırdığı ve en yüksek içeriğe %75 etanol konsantrasyonunda nar, elma ve ayva kabuğu ekstraktlarında gözlemlenmiştir. Domates ve kavun kabuğu ekstraktlarında ise diğer ekstraktlara kıyasla daha az olduğu görülmektedir. Nar ekstraktlarında terpenoid, meyve-sebze ekstraktlarının tamamında ise kumarin varlığı tespit edilmiştir.

Tablo 6. Ekstraktların kalitatif analiz sonuçları

	Ekstrakt	Tanen	Kinon	K.Glikozit	Terpenoid	Kumarin	Saponin
Kivi	0%	-	+	-	-	-	-
	25%	-	+++++	-	-	+	-
	50%	-	+++++	+	-	+	-
	75%	-	+++++	++	-	+	-
Kavun	0%	-	+	-	-	+	-
	25%	-	++	-	-	++	-
	50%	-	++++	-	-	++	-
	75%	-	+++++	+	-	++	-
Domates	0%	-	++	-	-	+	-
	25%	-	+++	-	-	++	-
	50%	-	++++	-	-	++	-
	75%	-	+++++	+	-	++	-
Elma	0%	-	+++	+	-	++	-
	25%	-	+++++	++	-	++	-
	50%	-	+++++	+++	-	++	-
	75%	-	+++++	+++	-	++	-
Ayva	0%	-	++++	+	-	+	-
	25%	-	+++++	++	-	++	-
	50%	-	+++++	+++	-	++	-
	75%	-	+++++	+++	-	++	-
Nar	0%	+	++++	++	+	++	-
	25%	+	+++++	+++	+	++	-
	50%	+	+++++	+++	+	++	-
	75%	+	+++++	+++	+	++	-

-: içermiyor, +: içeriyor (+ sayısının artışı, incelenen madde miktarının kalitatif olarak daha fazla olduğunu ifade etmektedir)

Gıdaların antioksidan kapasitelerinin değerlendirilmesi amacıyla birden fazla yöntem kullanılmaktadır (Song vd., 2010). Kabuk ekstraktlarının TEAC yöntemine göre belirlenen antioksidan kapasitesi karşılaştırıldığında; bir dereceye kadar artan etanol konsantrasyonunun antioksidan maddelerin ekstraksiyonunu arttırdığı, bu dereceden sonra azaldığı gözlenmiştir (Tablo 7). Tüm ekstraksiyon koşullarında nar kabuk ekstraktlarının diğer ekstraktlara kıyasla oldukça yüksek antioksidan kapasiteye, en düşük değere ise sırasıyla kavun ve domates kabuk ekstraktlarının sahip olduğu belirlenmiştir. Ekstraktların FRAP ve DPPH yöntemine göre belirlenen antioksidan kapasiteleri TEAC yöntemi ile bulunan sonuçlara benzer şekilde en yüksek nar, en düşük ise domates ve kavun kabuk ekstraktlarının olduğu saptanmıştır (Tablo 7). İncelenen meyve-sebze kabukları arasında nar kabuğunun antioksidan aktivitesini, ayva ve elma kabuklarının izlediği saptanmıştır. Etanol konsantrasyonları karşılaştırıldığında ise, %25 ve %50 etanol konsantrasyonlarının antioksidan maddeleri ekstrakte etmek için daha iyi olduğu görülmüştür. Kabukların fenolik madde ve flavonoid madde ekstraksiyonlarının da benzer şekilde %25 ve %50 etanol konsantrasyonunda daha yüksek olması, kabukların fenolik ve flavonoid içerikleri ile antioksidan kapasitesi

arasındaki ilişkiyi de göstermektedir. Daha önceki çalışmalar incelendiğinde nar kabuğunun antioksidan kapasitesinin [(351.36-595.71 $\mu\text{mol TE/g-DPPH}$), (871.73-1056.34 $\mu\text{mol TE/g-TEAC}$) (Marchi vd., 2015), (21.24-29.80 mmol TE/100g-FRAP) (Elfalleh vd., 2012) ve (3.80-7.50 mmol/100g-TEAC) (Elfalleh vd., 2012)] sonuçların çalışmamızda bulunan değerlerden daha düşük olduğu belirlenmiştir. Deng vd. (2012) tarafından kırmızı ve yeşil elma, domates, kivi ve kavun kabuklarının FRAP yöntemine göre belirlenen antioksidan kapasitesi sırasıyla 10.46, 11.33, 5.06, 15.90 ve 13.05 $\mu\text{mol Fe(II)/g}$ (FRAP) ve 14.89, 15.49, 6.35, 20.63 ve 7.01 $\mu\text{mol TE/g}$ (TEAC) olarak bildirilmiş olup, antioksidan kapasitelerin bu çalışmada bulunandan daha düşük olduğu belirlenmiştir. Literatür çalışmalarında, antioksidan madde ekstraksiyonu için kullanılan en uygun etanol konsantrasyonlarının ise meyve-sebze çeşitlerine göre farklılık gösterdiği saptanmıştır. Örneğin bu oran limon kabukları (Diankov vd., 2011) için %50, rambutan kabukları (Samuagam vd., 2013) için %40, mangostan ve langsat kabukları (Samuagam vd., 2013) için %80 ve çarkıfelek meyvesi (Wang vd., 2014) ile boğadikeni (Hijazi vd., 2015) için ise %40 etanol konsantrasyonu olarak bildirilmiştir.

Tablo 7. Ekstraktların antioksidan kapasiteleri ($\mu\text{mol TE/g}$)

	%0	%25	%50	%75
TEAC				
Kivi	31.25±0.17 ^{bcD}	67.52±1.48 ^{cA}	58.27±0.63 ^{cdB}	53.19±0.63 ^{cC}
Kavun	17.56±0.13 ^{cdC}	25.21±0.30 ^{dB}	28.10±0.08 ^{eA}	24.88±0.34 ^{dB}
Domates	13.59±0.00 ^{dC}	20.37±0.21 ^{dB}	33.16±1.01 ^{deA}	21.74±0.38 ^{dB}
Elma	60.66±1.90 ^{bD}	125.43±1.90 ^{bB}	146.78±1.69 ^{bA}	101.85±0.21 ^{bC}
Ayva	49.91±1.06 ^{bcD}	119.16±1.06 ^{bB}	140.96±1.06 ^{cbA}	83.34±0.21 ^{bC}
Nar	1822.39±36.94 ^{aC}	2020.15±31.66 ^{aB}	2355.97±31.66 ^{aA}	1527.61±21.11 ^{aD}
FRAP				
Kivi	23.23±0.66 ^{cC}	42.35±1.26 ^{cA}	37.59±0.30 ^{dB}	23.53±0.48 ^{cC}
Kavun	26.33±0.12 ^{cb}	29.90±0.12 ^{cdA}	27.14±0.54 ^{eb}	22.59±1.20 ^{cC}
Domates	19.28±1.32 ^{cb}	22.68±0.96 ^{dA}	23.74±0.66 ^{fa}	15.92±0.18 ^{cC}
Elma	43.28±1.74 ^{bC}	82.62±2.70 ^{bA}	83.98±1.50 ^{cA}	63.42±0.18 ^{bB}
Ayva	49.10±1.20 ^{bC}	84.96±2.40 ^{bA}	88.19±0.84 ^{bA}	65.84±1.08 ^{bB}
Nar	1024.71±7.5 ^{aA}	1019.40±18.02 ^{aA}	963.10±1.50 ^{aB}	855.83±15.02 ^{aC}
DPPH				
Kivi	13.12±0.10 ^{cd}	25.62±0.68 ^{dB}	31.01±0.26 ^{cA}	18.84±0.26 ^{cC}
Kavun	9.36±0.10 ^{cd}	11.43±0.21 ^{eC}	14.60±0.63 ^{dA}	12.68±0.10 ^{cb}
Domates	6.82±0.26 ^{cC}	10.10±0.21 ^{eb}	13.75±0.26 ^{dA}	12.61±1.77 ^{ab}
Elma	40.19±0.30 ^{bD}	77.06±1.36 ^{cb}	87.39±0.31 ^{bA}	63.27±1.25 ^{bC}
Ayva	39.12±0.47 ^{bD}	83.78±0.83 ^{bB}	96.61±0.63 ^{bA}	71.02±1.77 ^{bC}
Nar	1250.03±18.25 ^{aB}	1306.27±3.91 ^{aA}	1233.43±13.0 ^{aB}	1127.40±14.34 ^{aC}

Duncan testine göre aynı sütunda farklı harflerle (^{a, b, c, d, e, f}) ve aynı satırda farklı harflerle (^{A, B, C, D}) belirtilmiş ortalamalar birbirinden farklı ($p < 0.05$) olup, değerler 3 paralelin ortalaması ve standart sapma olarak ifade edilmiştir.

5. Sonuç

Bu çalışmada, önemli bir ekonomik değeri olmayan kabuk gibi meyve-sebze atıklarının, gıda ve diğer endüstri kollarında kullanılabilecek, katma değeri yüksek fitokimyasal bileşikler için önemli bir kaynak olduğu gösterilmiştir. Kabuklar arasında, nar kabuğunun antosiyanin, flavonoid, fenolik madde içeriği ve antioksidan kapasitesi açısından diğer kabuklara kıyasla oldukça yüksek olduğu, bunu ayva ve elma kabuğunun takip ettiği saptanmıştır. Fenolik maddelerin ekstraksiyonunu için %25 ve %50 etanol konsantrasyonlarının, diğer konsantrasyonlara göre daha başarılı olduğu bulunmuştur. Bu çalışma sonucunda ekonomik değeri düşük olan çeşitli meyve-sebze kabuklarının, hem de gıda ve diğer sanayi kollarında değerlendirilebilir forma dönüştürülerek ekonomik fayda sağlanabileceği sonucuna ulaşılmıştır. Çalışmanın sonuçları endüstriyel boyuta taşındığında, atıkların daha uygun bir şekilde ortadan kaldırılması, çevresel problemlerin önüne geçilmesi ve farklı alanlarda istihdam ve kalkınmaya destek sağlanabilmesi gibi ülke ekonomisine de katkısı olabilecektir.

Kaynaklar

- Acquistucci, R., Bucci, R., Magri, A.D. ve Magri, A.R., 1991. Evaluation of the moisture and ash contents in wheat mills by multistep programmed thermogravimetry. *Thermochimica Acta*, 188(1), 51-62.
- Afsharnezhad, M., Shahangian, S.S., Panahi, E. ve Sariri, R., 2017. Evaluation of the antioxidant activity of extracts from some fruit peels. *Caspian Journal of Environmental Sciences*, 15(3), 213-222.
- Ahamad, M.N., Saleemullah, M., Shah, H.U., Khalil, I.A. ve Saljoqi, A.U.R., 2007. Determination of beta carotene content in fresh vegetables using high performance liquid chromatography. *Sarhad Journal of Agriculture*, 23(3), 767-770.
- Ardekani, M.R.S., Hajimahmoodi, M., Oveisi, M.R., Sadeghi, N., Jannat, B., Ranjbar, A.M., Gholam, N. ve Moridi, T., 2011. Comparative antioxidant activity and total flavonoid content of persian pomegranate (*Punica granatum* L.) Cultivars. *Iranian Journal of Pharmaceutical Research*, 10, 519-524.
- AOAC, 1989. *Official Methods of Analysis*. 15th Edition, Washington DC, the USA.
- Ashoush, I.S. ve Gadallah, M.G.E., 2011. Utilization of mango peels and seed kernels powders as sources of phytochemicals in biscuit. *World Journal of Dairy & Food Sciences*, 6 (1), 35-42.
- Balch, J.F. ve Balch, P.A., 1997. *Prescription for nutritional healing*. 2nd Edition, Avery Publishing Group, Garden City Park, New York.
- Benzie, I.F.F. ve Strain, J.J., 1996. The ferric reducing ability of plasma (FRAP) as a measure of "antioxidant power": The FRAP assay. *Analytical Biochemistry*, 239, 70-76.
- Brand-Williams, W., Cuvelier, M. ve Berset, C., 1995. Use of free radical method to evaluate antioxidant activity. *Food Science and Technology*, 28, 25-30.
- Cam, M. ve Aaby, K., 2010. Optimization of extraction of apple pomace phenolics with water by response surface methodology, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 58, 9101-9111.
- Canan, İ., Gündoğdu, M., Seday, U., Oluk, C.A., Karaşahin, Z., Eroğlu, Ç.E., Yazıcı, E. ve Ünlü, M., 2016. Determination of antioxidant, total phenolic, total carotenoid, lycopene, ascorbic acid and sugar contents of Citrus species and mandarin hybrids. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 40, 894-899.
- Cemeroğlu, B., 2010. *Gıda Analizleri*. Gıda Teknolojisi Derneği Yayınları, No:34, 480 s., Ankara.
- Deng, G.F., Shen, C., Xu, X.R., Kuang, R.D., Guo, Y.J., Zeng, L.S., Gao, L.L., Lin, X., Xie, J.F., Xia, E.Q., Li, S., Wu, S., Chen, F., Ling, W.H. ve Li, H. B., 2012. Potential of fruit wastes as natural resources of bioactive compounds. *International Journal of Molecular Sciences*, 13(7), 8308-8323.
- Deschner, E.E., Ruperto, J., Wong, G. ve Newmark, H.L., 1991. Quercetin and rutin as inhibitors of azoxymethanol-induced colonic neoplasia. *Carcinogenesis*, 7, 1193-1198.
- Diankov, S., Karsheva, M. ve Hinkov, I., 2011. Extraction of natural antioxidants from lemon peels. Kinetics and antioxidant capacity. *Journal of the University of Chemical Technology and Metallurgy*, 46(3), 315-319.
- Dongmo, S., Witt, J. ve Wittstock, G., 2015. Electropolymerization of quinone-polymers onto grafted quinone monolayers: a route towards non-passivating, catalytically active film. *Electrochimica Acta*, 155, 474-482.
- Dündar, Y., 2001. Fitokimyasallar ve sağlıklı yaşam. *Kocatepe Tıp Dergisi*. 2, 131-138.
- Elfalleh, W., Hannachi, H., Tlili, N., Yahia, Y., Nasri, N. ve Ferchichi, A., 2012. Total phenolic contents and antioxidant activities of

- pomegranate peel, seed, leaf and flower. *Journal of Medicinal Plants Research*, 6, 4724-4730.
- FAO, 2017. The Food and Agriculture Organization. http://www.fao.org/faostat/en/#rankings/countries_by_commodity (12.12. 2018).
- Fernandez-Panchon, M.S., Villano, D., Troncoso, A.M. ve Garcia-Parrilla, M.C., 2008. Antioxidant activity of phenolic compounds: From in vitro results to in vivo evidence. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 48, 649- 671.
- Fidrianny, I., Harnovi, M. ve Insanu, M., 2014. Evaluation of antioxidant activities from various extracts of sweet orange peels using dpph, frap assays and correlation with phenolic, flavonoid, carotenoid content. *Asian Journal of Pharmaceutical and Clinical Research*, 7(3),186-190.
- Friedman, M. ve Levin, C., 2009. Analysis and biological activities of potato glycoalkaloids, calystegine alkaloids, phenolic compounds and anthocyanins. In J. Singh, & L. Kaur (Eds.) *Advances in Potato Chemistry and Technology*, pp. 127-161.
- Fuleki, T. ve Francis, F., 1968. Quantitative methods for anthocyanins. *Journal of Food Science*, 33, 72-77.
- Garcia, E.M. ve Barret, D., 2005. Assessing lycopene content in California processing tomatoes. *Journal of Food Processing and Preservation*, 30, 56-70.
- George, B., Kaur, C., Khurdiya, D.S. ve Kapoor, H.C., 2004. Antioxidants in tomato (*Lycopersium esculentum*) as a function of genotype. *Food Chemistry*, 84, 45–51.
- Ghasemi, K., Ghasemi, Y. ve Ebrahimzadeh, M.A., 2009. Antioxidant activity, phenol and flavonoid contents of 13 citrus species peels and tissues. *Pakistan Journal of Pharmaceutical Sciences*, 22(3), 277-281.
- Gorinstein, S., Zachwieja, Z., Katrich, E., Pawelzik, E., Haruenkit, R., Trakhtenberg, S. ve Martin-Belloso, O., 2004. Comparison of the contents of the main antioxidant compounds and the antioxidant activity of white grapefruit and his new hybrid. *LWT- Food Science and Technology*, 37, 337-343.
- Güney, O., Canbilen, A., Konak, A. ve Acar, O., 2003. The effects of folic acid in the prevention of neural tube development defects caused by phenytoin in early chick embryos. *Spine*, 28(5), 442-445.
- Haslam, E., 1998. Practical polyphenolics from structure to molecular recognition and physiological action. Cambridge University Press, Cambridge, UK.
- Henríquez, C., Almonacid, S., Chiffelle, I., Valenzuela, T., Araya, M., Cabezas, L. ve Speisky, H., 2010. Determination of antioxidant capacity, total phenolic content and mineral composition of different fruit tissue of five apple cultivars grown in Chile. *Chilean Journal of Agricultural Research*, 70(4), 523-536.
- Hışıl, 2004. Enstrümental gıda analizleri-laboratuar deneyleri. Ege Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Ders Kitapları Yayın no:45, Bornova, İzmir.
- Hijazi, A., Al Masri, D.S., Farhan, H., Nasser, M., Rammal, H. ve Annan, H., 2015. *Journal of Pharmaceutical, Chemical and Biological Sciences*, 3(2), 262-271.
- Holden, J.M., Eldridge, A.L., Beecher, G.R., Buzzard, I.M., Bhagwat, S., Davis, C.S., Douglass, L.W., Gebhardt, S., Haytowitz, D. ve Schakel, S., 1999. Carotenoid content of US foods: an update of the database. *Journal of Food Composition and Analysis*, 12, 169-196.
- İnanır, C., Albayrak, S. ve Ekici, L., 2019. Karabuğdayın fitokimyası, farmakolojisi ve biyofonksiyonel özellikleri. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 16, 713-722.
- Janarthanan, U.K., Varadharajan, V. ve Krishnamurthy, V., 2012. Physicochemical evaluation, phytochemical screening and chromatographic fingerprint profile of *Aegle marmelos* (L.) leaf extracts. *World Journal of Pharmaceutical Research*, 1(3), 813-837.
- Khanavi, M., Moghaddam, G., Oveisi, M. R., Sadeghi, N., Jannat, B., Rostami, M., Saadat, M. A. ve Hajimahmoodi, M., 2013. Hyperoside and anthocyanin content of ten different pomegranate cultivars. *Pakistan Journal of Biological Sciences*, 16(13), 636-641.
- Kırıçoğlu, S. ve Veliöğlu, S., 2001. Hiper besleyici gıdalar. *Bilim Teknik Dergisi*, 4, 56-57.
- Koca, N. ve Karadeniz, F., 2005. Gıdalardaki doğal antioksidan bileşikler. *Gıda*, 30(4), 229-236.
- Larson, R. A., 1988. The antioxidants of higher plants. *Phytochemistry*, 27(4), 969-978.
- Larson, R.A., 1997. *Naturally Occurring Antioxidants*. Boca Raton, Lewis Publishers, 202p., Newyork.
- Li, Y., Ma, D., Sun, D., Wang, C., Zhang, J., Xie, Y. ve Guo, T., 2015. Total phenolic, flavonoid content, and antioxidant activity of flour, noodles, and steamed bread made from different

- colored wheat grains by three milling methods. *The Crop Journal*, 3, 328-334.
- Lim, Y.Y., Lim, T.T. ve Tee, J.J., 2006. Antioxidant properties of guava fruit: comparison with some local fruits. *Sunway Academic Journal*, 3, 9-20.
- Marchi, L.B., Monteiro, A.R., Mikcha, J., Santos, A., Chinelatto, M., Marques, D., Dacome, A.S. ve Costa, S.C., 2015. Evaluation of antioxidant and antimicrobial capacity of pomegranate peel extract (*Punica granatum* L.) Under different drying temperatures. *Chemical Engineering Transactions*, 44, 121-126.
- Melo, E.A., De Lima, V.L.A.G., Maciel, M.I.S., Caetano, A.C.S. ve Leal, F.L.L., 2006. Polyphenol, ascorbic acid and total carotenoid contents in common fruits and vegetables. *Brazilian Journal of Food Technology*, 9(2), 89-94.
- Morais, D.R., Rotta, E.M., Sargi, S.C., Bonafe, E.G., Suzuki, R.M., Souza, N.E., Matsushita, M. ve Visentainer, J.V., 2017. Proximate composition, mineral contents and fatty acid composition of the different parts and dried peels of tropical fruits cultivated in Brazil. *Journal of the Brazilian Chemical Society*, 28(2), 308-318.
- Moroney, M. A., Alcanaz, M. J., Forder, R. A., Carey, F. ve Hout, J.R.S., 1988. Selectivity of neutrophil 5-lipoxygenase and cyclo-oxygenase inhibition by an antiinflammatory flavonoid glycoside and related aglycone flavonoids. *Journal of Pharmacy and Pharmacology*, 40, 787-791.
- Nizamloğlu, M.N. ve Nas, S., 2010. Meyve ve sebzelerde bulunan fenolik bileşikler yapıları ve önemleri. *Gıda Teknolojileri Elektronik Dergisi*, 1(5), 20-35.
- Okiei, W., Ogunles, M., Azeez, L., Obakachi, V., Osunsami, M. ve Nkenchor, G., 2009. The voltammetric and titrimetric determination of ascorbic acid levels in tropical fruit samples. *International Journal of Electrochemical Science*, 4, 276-287.
- Paula, J.T., Paviani, L.C., Foglio, M.A., Sousa, I.M.O., Duarte, G.H.B., Jorge, M.P., Eberlin, M.N. ve Cabral, F.A., 2014. Extraction of anthocyanins and luteolin from *Arrabidaea chica* by sequential extraction in fixed bed using supercritical CO₂, ethanol and water as solvents. *The Journal of Supercritical Fluids*, 86, 100-107.
- Poli, A., Anzelmo, G., Fiorentino, G., Nicolaus, B., Tommonaro, G. ve Di Donato P., 2011. Polysaccharides from wastes of vegetable industrial processing: New opportunities for their eco-friendly re-use. *Biotechnology of Biopolymers*, 33-56.
- Pratt, D.E. ve Hundson, B.J.F., 1990. Natural antioxidants not exploited commercially. *Food Antioxidants*, 171-191.
- Re, R., Pellegrini, N., Proteggente, A., Pannala, A., Yang, M. ve Rice-Evans, C., 1999. Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. *Free Radical Biology and Medicine*, 26, 1231-1237.
- Romelle, F.D, Rani, P.A. ve Manohar, R.S., 2016. Chemical composition of some selected fruit peels. *European Journal of Food Science and Technology*, 4(4), 12-21.
- Samuagam, L., Sia, C.M., Akowuah, G.A., Okechukwu, P.N. ve Yim, H.S., 2013. The effect of extraction conditions on total phenolic content and free radical scavenging capacity of selected tropical fruits' peel. *Health and the Environment Journal*, 4(2), 80-102.
- Sanusi, R.A. ve Adebisi, A.E., 2009. Beta Carotene Content of Commonly Consumed Foods and Soups in Nigeria. *Pakistan Journal of Nutrition*, 8(9), 1512-1516.
- Schiassi, M.C.E.V., de Souza, V.R., Lago, A.M.T., Campos, L.G. ve Queiroz, F., 2018. Fruits from the Brazilian Cerrado region: Physico-chemical characterization, bioactive compounds, antioxidant activities, and sensory evaluation. *Food Chemistry*, 245, 305-311.
- Setiawan, B., Sulaeman, A., Giraud, D.W. ve Driskell, J.A., 2001. Carotenoid content of selected Indonesian fruits. *Journal of Food Composition and Analysis*, 14, 169-176.
- Shrikhande, A.J., 2000. Wine by products with health benefits. *Food Research International*, 33, 469-474.
- Silva, B.M., Andrade, P.B., Valentão, P., Ferreres, F., Seabra, R.M. ve Ferreira, M.A., 2004. Quince (*Cydonia oblonga* Miller) fruit (pulp, peel, and seed) and jam: antioxidant activity. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 52, 4405-4712.
- Singh, S. ve Immanuel, G., 2014. Extraction of antioxidants from fruit peels and its utilization in paneer. *J Food Processing Technology*, 5, 349.
- Singleton, V.L. ve Rossi, J.A., 1965. Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents. *American Journal of Enology and Viticulture*, 16, 144-158.

- Someya, S., Yoshiki, Y. ve Okubo, K., 2002. Antioxidant compounds from bananas (*Musa cavendish*). *Journal of Food Chemistry*, 79, 351-354.
- Song, F., Parekh, S., Hooper, L., Loke, Y.K., Ryder, J.J., Sutton, A.J., Hing, C., Kwok, C.S., Pang, C. ve Harvey, I., 2010. Dissemination and publication of research findings: an updated review of related biases. *Health Technology Assessment*, 14,8.
- Souza, V.R., Pereira, P.A.P., Silva, T.L.T., Lima, L.C.O., Pio, R. ve Queiroz F., 2014. Determination of the bioactive compounds, antioxidant activity and chemical composition of Brazilian blackberry, red raspberry, strawberry, blueberry and sweet cherry fruits. *Food Chemistry*, 156, 362–368.
- Tanaka, K. ve Toda, F., 2000. Solvent-free organic synthesis. *Chemical Reviews*, 100, 1025-1074.
- TÜİK, 2018. Bitkisel Üretim İstatistikleri. http://www.tuik.gov.tr/VeriBilgi.do?alt_id=1001 (12.03.2019).
- Toor, R.K. ve Savage, G.P., 2005. Antioxidant activity in different fractions of tomatoes. *Food Research International* 38, 487-494.
- URL-1, 2014. Fruit peel nutrition facts. <http://www.nutrition-and-you.com/fruit-peel.html> (19.10.2014).
- Visioli, F., Borsani, L. ve Gali, C., 2000. Diet and prevention of coronary heart disease: the potential role of phytochemicals. *Cardiovascular Research*, 47, 149-425.
- Wagner, H., Elbi, G., Lotter, H. ve Guinea, N., 1991. Evaluation of natural products as inhibitors of angiotensin converting enzyme (ACE). *Pharmaceutical and Pharmacological Letters*, 1, 15-18.
- Wang, Y.C., Chuang, Y.C. ve Hsu, H.W., 2008. The flavonoid, carotenoid and pectin content in peels of citrus cultivated in Taiwan. *Food Chemistry*, 106, 277–284.
- Waszkowiak, K. ve Swięto, A.G., 2016. Binary ethanol–water solvents affect phenolic profile and antioxidant capacity of flaxseed extracts. *European Food Research and Technology*, 242, 777-786.
- Wolfe, K., Wu, X. ve Liu, R.H., 2003. Antioxidant activity of apple peels. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 51, 609-614.

Beklentile Dayalı Riske Maruz Değer Kriterli Gazete Satıcısı Modeli

Newsvendor Model with Expectile-based Value at Risk Criterion

Hande GÜNAY AKDEMİR*

Giresun Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Matematik Bölümü, 28800, Giresun

• Geliş tarihi / Received: 03.07.2019 • Düzeltilerek geliş tarihi / Received in revised form: 03.09.2019 • Kabul tarihi / Accepted: 09.09.2019

Öz

Bu çalışmada, riski göz önüne alan gazete satıcısı çözümlerini belirlemek üzere Beklentile dayalı Riske Maruz Değer (EVaR) metriği amaç fonksiyonu olarak kullanılmaktadır. Optimal sipariş miktarı, gazete satıcısı risk odaklı davranışla karar verdiğinde klasik beklenen kâr maksimizasyonu ile belirlenen miktardan sapmaktadır. EVaR minimizasyon modelimiz, klasik gazete satıcısı modelini tek parametrelili bir risk metriği yardımıyla genişletmekte ve rezervde tutulması gereken sermaye ile beklenen kâr arasındaki ödünleşime imkân sağlamaktadır. Önerilen modeli açıklamak üzere üç farklı talep dağılımı için, farklı riskten kaçınma ve riski sevme seviyelerine dayanan optimal çözümler hesaplanmaktadır.

Anahtar kelimeler: Beklentile dayalı riske maruz değer, Gazete satıcısı modeli, Risk metrikleri, Risk tercihleri

Abstract

In this paper, we use Expectile-based Value at Risk (EVaR) measure as an objective function to determine newsvendor solutions with risk considerations. When the newsvendor makes a decision with risk-driven behavior, the optimal order quantity deviates from the classical expected profit-maximizing quantity. Our EVaR minimization model extends the classical newsvendor model through a one-parameter risk measure and facilitates trade-off analysis between the capital to be held in reserve and the expected profit. To illustrate the proposed model, we present optimal solutions based on different levels of risk aversion and risk-taking for three different demand distributions.

Keywords: Expectile-based value at risk, Newsvendor model, Risk measures, Risk preferences.

*Hande GÜNAY AKDEMİR; hande.akdemir@giresun.edu.tr; Tel: (0454) 310 14 00; orcid.org/0000-0003-3241-1560

1. Giriş

Riske nötr bir karar vericinin (KV), talep gerçekleşmeden önce optimal sipariş miktarını belirlediği tek periyotlu stokastik envanter kontrol problemine gazete satıcısı problemi adı verilir. Bu modelde, talebin altında ya da üstünde sipariş vermekten kaçınmak ve ikisi arasında denge kurmak üzere, elde bulundurma ve elde bulundurmama maliyetleri söz konusudur. KV'lerin riske karşı farklı tutumları olması nedeniyle gerçek hayatta elde edilen optimal sipariş miktarları, beklenen kârı maksimize etmeye çalışan, ya da eşdeğer olarak beklenen maliyeti veya kaybı minimize etmeye çalışan riske nötr KV'lerin optimal sipariş miktarlarından daha az veya daha fazla olabilir. Örnek olarak, hem amaç fonksiyonunun değişkenliğinin en az olmasını hem de beklenen kârın maksimum olmasını isteyen, riskten kaçınan bir KV büyük kayıplara karşı daha ihtiyatlı davranır (Zhang vd., 2009). Doğru risk yönetimi süreçleri için, kâr ya da kayıp fonksiyonlarının beklenen değerlerinden sapmalarını kontrol altında tutan en uygun risk metriklerini seçmek gerekir. Bu seçimi yaparken göz önünde bulundurulması gereken, metriğin davranışsal özellikleri başta olmak üzere birçok unsur vardır. Toplamsallık, monotonluk, homojenlik ve konveks olma gibi risk metriklerinin davranışsal özellikleri ve "tutarlılık" (coherency) kavramı için okuyucu (Artzner vd., 1999; Bellini, 2012; Föllmer ve Weber, 2015; Gneiting, 2011; Sarykalin vd., 2008) kaynaklarına başvurabilir.

Bu çalışmada, dağılım fonksiyonlarını içeren ve finansal riski ölçen üç temel risk metriğine odaklanılmaktadır: Riske Maruz Değer (VaR), Koşullu Riske Maruz Değer (CVaR) ve EVaR (Kuan vd., 2009; Newey ve Powell, 1987). Çok küçük olasılıkla da olsa büyük kayıpların söz

konusu olduğu durumlarda duyarlı olmayan VaR metriğinin aksine, tutarlı metrikler olan CVaR ve EVaR ideal davranışsal özelliklere sahiptir.

Risk tercihlerini göz önüne alan ve beklenen değer operatörüne alternatif olarak tutarlı metrikleri kullanan modelleri tarayan ilgili literatür için okuyucu (Akdemir, 2018) çalışmasına başvurabilir. Akdemir (2018), farklı seviyedeki riskten kaçınma durumları için, birim satış fiyatı ve sipariş miktarının karar değişkenleri olduğu fiyat belirleyici gazetece satıcısı problemini ele almıştır. Bu çalışmada ise sadece sipariş miktarı karar değişkenidir, birim fiyat ise verilmektedir.

Bu çalışma şu şekilde organize edilmiştir. Bir sonraki bölümde, klasik gazete satıcısı modeli ve kullanılan notasyon yer almaktadır. Bölüm 3'te risk metriklerinin karakterizasyonları, Bölüm 4'te önerilen model ve Bölüm 5'te gamma, normal ve düzgün dağılımlı talepler için uygulama örnekleri verilmektedir. Çalışma, Bölüm 6 ile tamamlanmaktadır.

2. Klasik Gazete Satıcısı Modeli

$F_Y(\cdot)$ şeklinde bilinen bir dağılım fonksiyonuna sahip Y rastgele değişkeni, bir mala olan talebi gösterebilir. Bu malın birim satış fiyatı q iken, birim alış fiyatı ise c olsun. Tahmin edilen miktarın gerçekleşen talebin altında olması durumunda, karşılanmayan talep birim başına s fiyatından cezalandırılacaktır (elde bulundurmama maliyeti). Tersine, gerçekleşen talebin üstünde tahmin edilirse artan envanter ikincil bir pazarda indirimli r birim fiyatından satılacaktır. Karar değişkeni x sipariş miktarını göstermek üzere, kâr fonksiyonu aşağıdaki şekilde hesaplanır:

$$P(x, Y) = q \min\{x, Y\} - cx - s \max\{Y - x, 0\} + r \max\{x - Y, 0\}. \quad (1)$$

Beklenen kâr fonksiyonu:

$$E[P(x, Y)] = \int_0^x ((q - r)y + (r - c)x) dF_Y(y) + \int_x^\infty ((q - c + s)x - sy) dF_Y(y) \quad (2)$$

maksimize edilerek klasik gazete satıcısı probleminin optimal çözümü x^* şu şekilde elde edilir:

$$F_Y(x^*) = \frac{s + q - c}{s + q - r}. \quad (3)$$

Birim fırsat maliyeti $(s + q - c)$ ve fazladan sipariş verme birim maliyeti $(c - r)$ sırasıyla U ve V ile

gösterilsin. Burada, $r < c < q$ ve $s > 0$ olduğu kabul edilmiştir. Böylece, $U, V > 0$ olur ve (3) eşitliği aşağıdaki şekle indirgenir:

$$F_Y(x^*) = \frac{U}{U+V}. \quad (4)$$

Buradan, $(\cdot)^+ = \max\{\cdot, 0\}$ olmak üzere, (1) eşitliği ile verilen kâr fonksiyonu:

$$P(x, Y) = (q - c)Y - U(Y - x)^+ - V(x - Y)^+ \quad (5)$$

denkleminde eşdeğerdir. Rastgele kayıp fonksiyonu $L(x, Y) = U(Y - x)^+ + V(x - Y)^+$ şeklinde tanımlanırsa,

$$\max_x E[P(x, Y)] = (q - c)E[Y] - \min_x E[L(x, Y)] \quad (6)$$

ve

$$E[L(x, Y)] = \int_0^x V(x - y) dF_Y(y) + \int_x^\infty U(y - x) dF_Y(y) \geq 0 \quad (7)$$

elde edilir.

Klasik gazete satıcısı modelinde, KV'nin riske nötr olduğu ve beklenen değer optimizasyonu yoluyla sipariş verdiği kabul edilir. Modelde risk davranışını tanımlamak üzere, beklenen değer operatörü CVaR metriği ile beraber kullanılabilir. Bir sonraki bölümde, VaR, CVaR ve EVaR metriklerinin tanımları ve risk davranışları ilişkileri verilmiştir.

3. Bazı Risk Metrikleri ve Özellikleri

Mümkün kayıpları temsil eden ve parasal bir değer olan L finansal pozisyonu, bir rastgele değişkendir. Bu çalışmada, pozitif bir L , kayıp

olduğunu ifade eder, aksi halde kazanç söz konusudur. $\rho(L) > 0$ riski ise kabul edilebilir bir pozisyon için eklenmesi gereken kapital miktarıdır. Önceden belirlenmiş, nispeten yüksek bir $\alpha \in (0, 1)$ eşik değeri için, kayıp olasılığı $(1 - \alpha)$ değerini aşmasını deniliyorsa risk değeri $VaR_\alpha(L)$ olur. Başka bir deyişle, kayıp dağılımının α -kantili olarak düşünülen, yani $VaR_\alpha(L) = F_L^{-1}(\alpha)$ olacak şekilde, verilen yüksek bir α güven düzeyinde aşılmayan maksimum kayıp:

$$VaR_\alpha(L) = \inf\{l \in \mathbb{R} \mid P(L \leq l) \geq \alpha\} \quad (8)$$

olarak ifade edilir.

Başka bir risk metriği olan CVaR “En kötü $(1 - \alpha) \times 100\%$ kayıplar ele alındığında beklenen kayıp kaçtır?” sorusuna cevap verir, yani:

$$CVaR_\alpha(L) = E[L \mid L \geq VaR_\alpha(L)] = \frac{1}{1 - \alpha} \int_\alpha^1 F_L^{-1}(t) dt. \quad (9)$$

$\beta \in (0, 1)$ ve $\lambda \in [0, 1]$ risk parametreleri olmak üzere, risk davranışlarını göz önüne alan gazete satıcısı modellerinde amaç fonksiyonu olarak:

$$\frac{1 - \lambda}{1 - \beta} E[P(x, Y)] + \frac{\lambda - \beta}{1 - \beta} CVaR_{1 - \beta}(P(x, Y)) \quad (10)$$

konveks kombinasyonu kullanılır. (10)'da, $\lambda = \beta$ alınması durumu riske nötr kararı verir. $\lambda = 1$ için ise

CVaR kriterli model elde edilir. Dahası KV, $\beta < \lambda$ ($\beta > \lambda$) için riskten kaçınan (risk sever) bir davranış sergiler (Xu ve Li, 2010).

$$CVaR_\alpha(L(x,Y)) = \min_{\eta} \left(\eta + \frac{1}{1-\alpha} E[(L(x,Y) - \eta)^+] \right), \alpha \in (0,1) \quad (11)$$

fonksiyonu yardımı ile optimal sipariş miktarı:

$$x^* = F_Y^{-1}((1-\alpha) \frac{U}{U+V}) \quad (12)$$

olarak bulunur (Rockafellar ve Ursayev, 2000). Burada α arttıkça riskten kaçınma artar. $\alpha = 0$ için riske nötr model elde edilir. Ayrıca, riskten kaçınma düzeyi U ve V maliyetlerine de bağlıdır. Jammernegg ve Kischka (2007) çalışmasında olduğu gibi elde bulundurmama maliyetinin olmaması durumunda, riskten kaçınan

(risk sever) KV, riskten kaçınma seviyesiyle orantılı olarak daha düşük (yüksek) düzeyde mal depolar. Elde bulundurmama maliyetinin pozitif olması durumunda ise optimal sipariş miktarı riske nötr düzeyden daha yüksek olabilir (Katariya vd., 2014).

α -kantillere benzer bir yapıda olan ω -beklentil, $\omega \in (0,1)$, $(L-l)^- = \max\{l-L, 0\}$ olmak üzere, aşağıdaki simetrik olmayan, parçalı kuadratik hata değerini minimize eden değerdir, yani:

$$e_\omega(L) = \arg \min_l E[\omega((L-l)^+)^2 + (1-\omega)((L-l)^-)^2] \quad (13)$$

Birinci mertebe optimallik koşulundan:

$$\omega E[(L - e_\omega(L))^+] = (1-\omega) E[(L - e_\omega(L))^-] \quad (14)$$

elde edilir. $EVaR_\omega(L) = e_\omega(L)$ olarak tanımlanan risk değeri, önceden belirlenmiş, nispeten yüksek bir ω ihtiyat oranında $\frac{\omega}{1-\omega}$ kazanç-kayıp oranını elde etmek için gerekli kapital miktarıdır. $\omega > 0.5$ için daha ihtiyatlı olduğundan riskten kaçınma oranı yükselir. Hesaplamalarımızda (14) eşitliğine eşdeğer

$$e_\omega(L) = E[L] + \frac{2\omega-1}{1-\omega} \int_{e_\omega(L)}^\infty (l - e_\omega(L)) dF_L(l) \quad (15)$$

alternatif eşitliği kullanılmıştır.

4. EVaR Kriterli Gazete Satıcısı Modeli

$$\begin{aligned} I &= \int_{e_\omega(L)}^\infty (l - e_\omega(L)) dF_L(l) = \int_0^x [V(x-y) - e_\omega(L)]^+ dF_Y(y) + \int_x^\infty [U(y-x) - e_\omega(L)]^+ dF_Y(y) \\ &= \int_0^{x - e_\omega(L)/V} (V(x-y) - e_\omega(L)) dF_Y(y) + \int_{x + e_\omega(L)/U}^\infty (U(y-x) - e_\omega(L)) dF_Y(y) \end{aligned} \quad (16)$$

olmak üzere, beklentil (EVaR) minimizasyon modeli:

$$\begin{cases} \min e_\omega(L) \\ e_\omega(L) = E[L] + \frac{2\omega-1}{1-\omega} I, \\ x \geq 0 \end{cases} \quad (17)$$

şeklinde. Birim kâr $p = q - c$ olmak üzere,

$$I = \begin{cases} E[L] - e_{\omega}(L), & e_{\omega}(L) < -(q-c)x \\ \int_0^{(Vx - e_{\omega}(L))/(V+p)} (V(x-y) - py - e_{\omega}(L)) dF_Y(y) \\ + \int_{(Ux + e_{\omega}(L))/(U-p)}^{\infty} (U(y-x) - py - e_{\omega}(L)) dF_Y(y), & -(q-c)x \leq e_{\omega}(L) < (c-r)x \\ \int_{(Ux + e_{\omega}(L))/(U-p)}^{\infty} (U(y-x) - py - e_{\omega}(L)) dF_Y(y), & e_{\omega}(L) \geq (c-r)x \end{cases} \quad (18)$$

şeklinde elde edilir. Not edelim ki, $p = 0$ için $e_{\omega}(L), (x - e_{\omega}(L)/V) \geq 0$ kısıtları model (17)'ye eklenmelidir. Ayrıca burada kayıp fonksiyonu, kâr fonksiyonunun ters işaretlisi, yani $L = -P$ olarak alınmıştır.

5. Bulgular ve Tartışma

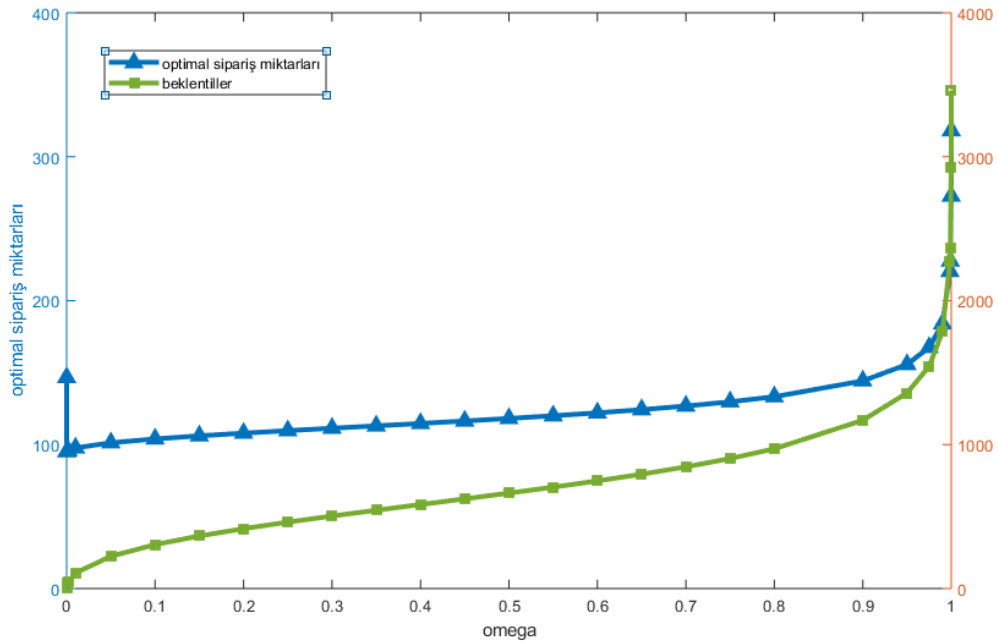
Bu bölümde üç farklı talep dağılımı (gamma, normal ve düzgün dağılım) için uygulama örnekleri verilmektedir. Rastgele değişkenleri üretmek için MATLAB fonksiyonu "random" kullanılmıştır. Daha sonra, bu sayılar EXCEL fonksiyonları yardımıyla yapılan hesaplamalarda kullanılmıştır. Sembolik integraller ve optimizasyon hesaplamaları yine MATLAB aracılığıyla gerçekleştirilmiştir. Bu bölümde elde edilen tüm değerler virgülden sonra iki basamak hassaslıkta verilmiştir.

5.1. Gamma Dağılımlı Talep

Arıkan ve Fichtinger (2017) çalışmasından alınan bu örnekte talep, ölçek parametresi $\theta = 25$ ve şekil parametresi $k = 4$ olan gamma dağılımına

uymaktadır. Birim fırsat maliyeti $U = 25$ ve fazladan sipariş birim maliyeti $V = 11$ olarak alınmıştır. Risk parametresi ω 'nın farklı değerleri için elde edilen optimal çözümler Şekil 1'de gösterilmiştir. Risk parametresi ω arttıkça riskten kaçınma seviyesi ve ilgili optimal sipariş miktarları artmaktadır. Sonuçlar, $p = 0$ durumu için Arıkan ve Fichtinger (2017)'de verilen Şekil 4(a)'daki sonuçlarla uyumludur.

Daha sonra, ilgili gamma dağılımına uyan 5000 talep değeri $\text{random}('Gamma', 4, 25, 5000, 1)$ ifadesi kullanılarak MATLAB ile üretilmiş, sonuçlar $p = 0$ durumu için Tablo 1'de $p = 10$ durumu için ise Tablo 2'de verilmiştir. Tablo 1'de verilen simülasyon da göstermiştir ki $p = 0$ durumu için riskten kaçınma arttıkça optimal sipariş miktarı da artmaktadır.



Şekil 1. Gamma dağılımlı talep için optimal sipariş miktarları ve ilgili beklentiller ($p = 0$)

Tablo 1. ω parametresinin farklı değerleri ve $p = 0$ durumu için kayıp fonksiyonunun değişkenliği (gamma dağılımlı talep)

ω	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9
$e_{\omega}(L)$	305.04	415.94	503.64	583.64	663.08	747.80	845.44	970.86	1169.28
x^*	103.95	107.95	111.37	114.69	118.16	122.06	126.79	133.25	144.28
$E[L]$	671.61	661.01	655.70	653.66	654.28	658.12	666.76	685.26	732.02
σ_L	740.47	708.68	682.31	657.56	632.90	606.94	578.25	544.14	500.41
Kazanç-Kayıp	0.25	0.35	0.43	0.51	0.59	0.68	0.80	0.93	1.22

Tablo 2. ω parametresinin farklı değerleri ve $p = 10$ durumu için kâr fonksiyonunun değişkenliği (gamma dağılımlı talep)

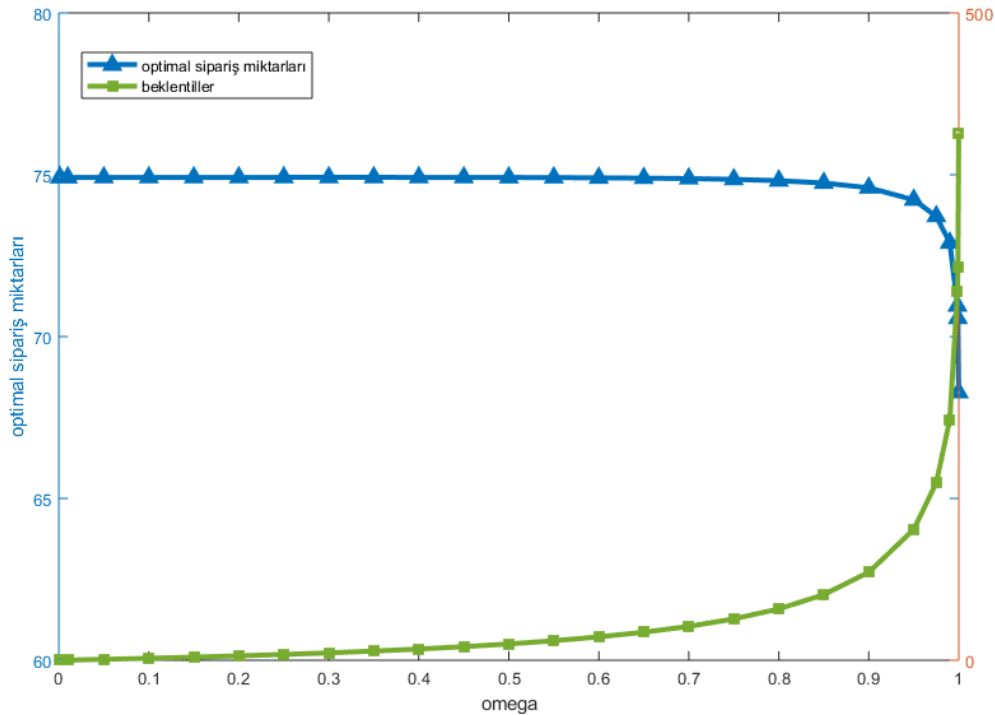
ω	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9
$e_{\omega}(L)$	-866.26	-666.89	-537.55	-432.66	-336.92	-241.46	-137.74	-11.86	175.07
x^*	153.84	137.26	128.34	122.46	118.16	114.85	112.24	110.30	109.52
$E[P]$	207.69	293.64	323.22	335.04	339.45	340.10	338.5	336.74	335.59
σ_P	731.40	648.16	604.56	578.28	561.39	549.87	541.95	536.59	534.56
Kazanç-Kayıp	0.36	0.48	0.59	0.88	1.04	1.24	1.51	2.05	2.63

5.2. Normal Dağılımlı Talep

Gotoh ve Takano (2007) çalışmasından alınan bu örnekte talep, $\mu = 80$ ortalamalı $\sigma = 10$ standart sapmalı normal dağılıma uyar. Birim fırsat maliyeti $U = 11$ ve fazladan sipariş birim maliyeti $V = 25$ olarak alınmıştır. Risk parametresi ω 'nın farklı değerleri ve $p = 0$ durumu için elde edilen optimal çözümler Şekil 2'de gösterilmiştir.

Riskten kaçınma seviyesi arttıkça ilgili optimal sipariş miktarları azalmaktadır. Sonuçlar, $U < V$ durumu için Gotoh ve Takano (2007)'de verilen Şekil 2(b)'deki sonuçlarla uyumludur.

Daha sonra, ilgili normal dağılıma uyan 5000 talep değeri $10 * \text{randn}(5000,1) + 80$ ifadesi kullanılarak MATLAB ile üretilmiş, sonuçlar $p = 0$ durumu için Tablo 3'de verilmiştir.

**Şekil 2.** Normal dağılımlı talep için optimal sipariş miktarları ve ilgili beklentiller ($p = 0$)

Tablo 3. ω parametresinin farklı değerleri ve $p = 0$ durumu için kayıp fonksiyonunun değışkenliği (normal dağımlı talep)

ω	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9
$e_\omega(L)$	1.54	3.41	5.73	8.70	12.62	18.07	26.17	39.69	67.96
x^*	74.92	74.92	74.92	74.92	74.92	74.91	74.88	74.82	74.60
$E[L]$	124.03	124.03	124.03	124.03	124.03	124.03	124.03	124.04	124.10
σ_L	95.63	95.63	95.64	95.64	95.62	95.59	95.50	95.26	94.49
Kazanç-Kayıp	0.01	0.01	0.02	0.04	0.05	0.08	0.12	0.18	0.33

5.3. Düzgün Dağımlı Talep

Bu örnekte talep, $Y \sim U(0,1)$ olacak şekilde düzgün dağımlıdır. Birim fırsat maliyeti $U = 11$ ve fazladan sipariş birim maliyeti $V = 2$ olarak alınmıştır. Risk parametresi ω 'nın farklı değerleri

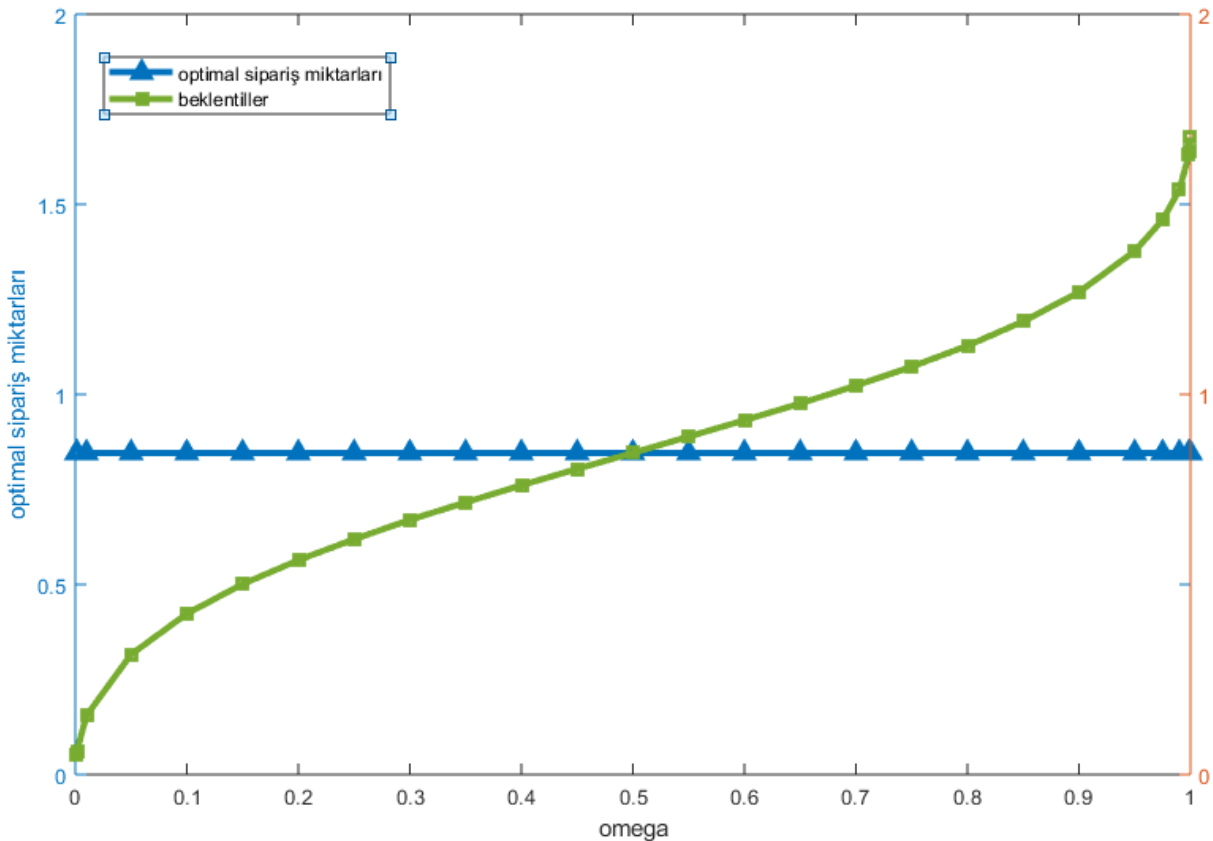
ve $p = 0$ durumu için elde edilen optimal çözümler Şekil 3'te gösterilmiştir. Optimal sipariş miktarları riske nötr durumdakilerle eşit çıkmıştır. Bu sonuç, Arıkan ve Fichtinger (2017)'de verilen sonuçlarla uyumludur.

İlgili model aşağıdaki gibidir:

$\min e_\omega(L)$

$$\left\{ \begin{array}{l} e_\omega(L) = \frac{Vx^2}{2} + \frac{U(x-1)^2}{2} + \frac{2\omega-1}{1-\omega} \left(\frac{(e_\omega(L)-Vx)^2}{2V} + \frac{(e_\omega(L)-U+Ux)^2}{2U} \right), \\ x \geq 0, e_\omega(L) \geq 0, x - e_\omega(L)/V \geq 0, x + e_\omega(L)/U \leq 1. \end{array} \right. \quad (19)$$

Daha sonra, ilgili düzgün dağımlı uyan 5000 talep değeri $\text{random}(\text{'Uniform'}, 0, 1, 5000, 1)$ ifadesi kullanılarak MATLAB ile üretilmiş, sonuçlar $p = 0$ durumu için Tablo 4'de verilmiştir.



Şekil 3. Düzgün dağımlı talep için optimal sipariş miktarları ve ilgili beklentiller ($p = 0$)

Tablo 4. ω parametresinin farklı değerleri ve $p = 0$ durumu için kayıp fonksiyonunun değişkenliği (düzgün dağılımlı talep)

ω	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9
$e_o(L)$	0.42	0.56	0.67	0.76	0.85	0.93	1.02	1.13	1.27
x^*	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85
$E[L]$	0.84	0.84	0.84	0.84	0.84	0.84	0.84	0.84	0.84
σ_L	0.49	0.49	0.49	0.49	0.49	0.49	0.49	0.49	0.49
Kazanç-Kayıp	0.34	0.51	0.65	0.81	1.00	1.21	1.52	2.03	3.02

6. Sonuç ve Öneriler

Bu çalışmada, rastgele bir taleple karşı karşıya olan, riskten kaçınan (veya risk sever) gazete satıcısının sipariş politikalarını belirlemek için, iyi bilinen gazete satıcısı modelinde amaç fonksiyonu olarak EVaR metriği kullanılmıştır. Beklentiler ilgi çekici risk ölçümü özelliklerine sahiptir. Negatif ve pozitif sapma değerlerinin karelerinin beklenen değerlerine farklı ağırlıklar atarlar. Dolayısıyla, karar kayıp dağılımının her iki kuyruğuna da bağlıdır. Modelde eğer karar verici $\omega > 0.9$ olarak seçerse teorik kazanç/kayıp oranı 9'dan büyük olur, ancak bu oranın elde edilmesi çok yüksek sermaye gereksinimi olan muhafazakar bir beklentile karşılık gelebilir. Bu model, KV'nin beklenen kârı ile riskli durumlar için bir sigorta olarak görebileceği sermaye arasında ödünleşim yapmasına ve riske bakış açısına göre kazanç/kayıp oranını ayarlamasına imkan sağlar. Riskten kaçınan KV'ler beklenen kâr fonksiyonunda yüksek volatilitate istemediklerinden ihtiyatlı davranarak yüksek miktarda sermaye ayırırlar.

Kaynaklar

- Akdemir, H. G., 2018. Pricing and ordering decisions of risk-averse newsvendors: Expectile-based value at risk (E-VaR) approach. *New Trends in Mathematical Sciences*, 6(2), 102-109.
- Arıkan, E. ve Fichtinger, J., 2017. The risk-averse newsvendor problem under spectral risk measures: A classification with extensions. *European Journal of Operational Research*, 256(1), 116-125.
- Artzner, P., Delbaen, F., Eber, J. M. ve Heath, D., 1999. Coherent measures of risk. *Mathematical finance*, 9(3), 203-228.
- Bellini, F., 2012. Isotonicity properties of generalized quantiles. *Statistics & Probability Letters*, 82(11), 2017-2024.
- Föllmer, H. ve Weber, S., 2015. The axiomatic approach to risk measures for capital

determination. *Annual Review of Financial Economics*, 7, 301-337.

- Gneiting, T., 2011. Making and evaluating point forecasts. *Journal of the American Statistical Association*, 106(494), 746-762.
- Gotoh, J. Y. ve Takano, Y., 2007. Newsvendor solutions via conditional value-at-risk minimization. *European Journal of Operational Research*, 179(1), 80-96.
- Jammerneegg, W. ve Kischka, P., 2007. Risk-averse and risk-taking newsvendors: a conditional expected value approach. *Review of Managerial Science*, 1(1), 93-110.
- Katariya, A. P., Cetinkaya, S. ve Tekin, E., 2014. On the comparison of risk-neutral and risk-averse newsvendor problems. *Journal of the Operational Research Society*, 65(7), 1090-1107.
- Kuan, C. M., Yeh, J. H. ve Hsu, Y. C., 2009. Assessing value at risk with care, the conditional autoregressive expectile models. *Journal of Econometrics*, 150(2), 261-270.
- Newey, W. K. ve Powell, J. L., 1987. Asymmetric least squares estimation and testing. *Econometrica: Journal of the Econometric Society*, 819-847.
- Rockafellar, R. T. ve Uryasev, S., 2000. Optimization of conditional value-at-risk. *Journal of risk*, 2, 21-42.
- Sarykalin, S., Serraino, G. ve Uryasev, S., 2008. Value-at-risk vs. conditional value-at-risk in risk management and optimization. *Tutorials in Operations Research. INFORMS*, Hanover, MD, 270-294.
- Xu, M. ve Li, J., 2010. Optimal decisions when balancing expected profit and conditional value-at-risk in newsvendor models. *Journal of Systems Science and Complexity*, 23(6), 1054-1070.
- Zhang, D., Xu, H. ve Wu, Y., 2009. Single and multi-period optimal inventory control models with risk-averse constraints. *European Journal of Operational Research*, 199(2), 420-434.

Yeraltı Kablosuz Algılayıcı Ağlar için Bulanık Mantık Tabanlı Toplayıcı İstasyon Karar Yaklaşımı

Fuzzy Logic Based Collector Station Decision Approach for Underground Wireless Sensor Networks

Muhammed Enes BAYRAKDAR*

Düzce Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, 81620, Düzce

• Geliş tarihi / Received: 02.04.2019

• Düzeltilerek geliş tarihi / Received in revised form: 28.08.2019

• Kabul tarihi / Accepted: 09.09.2019

Öz

Bu makale çalışmasında, yeraltı kablosuz algılayıcı ağlarında kayıpsız veri iletimi yapabilmesi için bulanık mantık tabanlı toplayıcı istasyon karar yaklaşımı önerilmiştir. Algılayıcı düğümlerin enerji tasarruflu kayıpsız veri iletimi yapabilmesi için, toplayıcı istasyon karar işlemleri bulanık mantık yardımıyla gerçekleştirilmiştir. Önerilen yeraltı kablosuz algılayıcı ağ yapısının benzetim modeli Riverbed yazılımı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Matlab yazılımı kullanılarak anlık olarak bulanık mantık tabanlı karar işlemi yapılmıştır. Bulanık mantık sisteminde; enerji, derinlik ve kullanım giriş parametreleri değerlendirilerek toplayıcı istasyon kararı çıkış değeri elde edilmektedir. Kablosuz algılayıcı ağlarda sıklıkla kullanılan iş çıkarma başarımı ve enerji tüketimi parametreleri incelenerek, önerilen yeraltı kablosuz algılayıcı ağ performansı değerlendirilmiştir. Önerilen algılayıcı ağ performansını değerlendirmek için sonuçlara bakıldığında, maksimum iş çıkarma başarım oranı ve ortalama enerji tüketimi ile yeraltı kablosuz algılayıcı ağlarda kayıpsız veri iletimi yapıldığı gözler önüne serilmiştir. Önerilen bulanık mantık sistemi sayesinde; kablosuz algılayıcı ağlar için en uygun toplayıcı istasyon seçimi yapılmakta ve enerji tüketimi mümkün olan en düşük seviyede tutulmaktadır.

Anahtar kelimeler: Bulanık mantık, kablosuz algılayıcı ağ, toplayıcı istasyon, yeraltı

Abstract

In this paper, fuzzy logic based collector station decision approach is proposed in order to provide lossless data transmission in underground wireless sensor networks. With the aim of allowing the sensor nodes to transmit energy-efficient lossless data, the decision of the collector station is performed with the help of fuzzy logic. The simulation model of the proposed underground wireless sensor network was performed using Riverbed software. Fuzzy logic-based decision processing was performed by using Matlab software. In the fuzzy logic system; collector station decision output value is obtained by evaluating energy, depth and usage input parameters. The proposed underground wireless sensor network performance is evaluated by examining the throughput and energy consumption parameters which are commonly used in wireless sensor networks. When the results are examined to evaluate the proposed sensor network performance, it is revealed that lossless data transmission is performed in underground wireless sensor networks with maximum throughput performance and average energy consumption. Thanks to the proposed fuzzy logic system; the most suitable collector station is selected for wireless sensor networks and energy consumption is kept at the lowest possible level.

Keywords: Fuzzy logic, wireless sensor network, collector station, underground

*Muhammed Enes BAYRAKDAR; muhammedbayrakdar@duzce.edu.tr; Tel: (0380) 542 11 33; orcid.org/ 0000-0001-9446-0988

1. Giriş

İletişim tekniklerindeki son gelişmelerin yanı sıra, yeraltı ortamdaki algılayıcı ağ uygulamaları da önemli ölçüde artmıştır. Kablosuz yeraltı algılayıcı ağlar, yeraltı kablosuz algılayıcılardan oluşan ve gelecek vaat eden bir çalışma alanıdır. Kablosuz olması sayesinde, kablolu yeraltı izleme teknikleriyle mümkün olmayan birçok farklı uygulamayı yapabilmemize olanak sağlamaktadır. Kablosuz yeraltı algılayıcı ağlar; toprak kayması tahmini, sınır devriyesi, güvenlik, altyapı izleme, toprak durumu izleme, deprem tahmini vb. konularını kapsamaktadır. Ancak; yeraltı iletişimin en zorlu kısmı, katı bir ortam olan yayılma ortamıdır. Bunun ana nedeni, yayılma ortamının hava olduğu karasal kablosuz algılayıcı ağların aksine yayılım ortamının katı bir ortam toprak vb. olmasıdır. Geleneksel karasal kablosuz algılayıcı ağ teknikleri yeraltı toprak ortamında iyi çalışmadığından, yeni yaklaşımlara ihtiyaç duyulmaktadır.

Literatürde kablosuz yeraltı algılayıcı ağları hakkında çeşitli çalışmalar bulunmaktadır. Son zamanlarda yapılan çalışmalar enerji verimliliği ve toplayıcı istasyon seçim teknikleri üzerine odaklanmaktadır. Ichihashi ve arkadaşları, park yerlerinde boşluk / doluluk oranını tespit etmek için ParkLotD adlı kamera tabanlı yeni bir sistem hakkında çalışma yapmışlardır (Ichihashi vd., 2009). Lokshina ve Insinga, yeraltı kömür madeni atmosferlerinin izlenmesi ve kontrol işlemleri sırasında alınan gazın dinamik görüntülerin yorumlanması üzerine bir çalışma yapmışlardır. Ayrıca görüntünün işlenmesi için uygulanan bulanık mantık yöntemlerine dayanan bir karar destek sistemi oluşturmuşlardır (Lokshina vd., 2003). Fischer ve arkadaşları, yeraltı elektrik kablolarında kaçak detektörünün uygulanması sırasında göz önünde bulundurulması gereken sorunlar hakkında genel bilgiler vermişlerdir (Fischer vd., 2004). Xianmin ve Lan, çoklu algılayıcı veri füzyon teorisine dayanan elektrikli kömür kırıcısı için yeni bir gerçek zamanlı kömür nakliye izleme sistemi önermişlerdir (Xianmin vd., 2014). Ichihashi ve arkadaşları, bulanık mantık kümelemesi, parçacık sürüsü optimizasyonu ve hiper parametre ayarına dayanan detektör performansı hakkında bir çalışma yapmışlardır (Ichihashi vd., 2010). Gauss ve Bay, bilinmeyen ortamlarda çalışan bir yeraltı konum keşif robotu için kesin olmayan algılayıcı veriler varlığında bile yörünge belirleyebilen denetimsiz bir bulanık mantık algoritması sunmuşlardır (Gauss ve Bay, 1998). Ahmad ve arkadaşları, tehlikeli operasyonlar sırasında

işçilere yönelik izleme işlemini sağlamak için bulanık mantık kullanan ajan tabanlı kişisel bir izleme sistemi önermişlerdir (Ahmad vd., 2011). Zyada ve arkadaşları, insani yardım için bulanık mantık ve algılayıcı ağ tabanlı kurallar sunmuşlardır (Zyada vd., 2006).

Algılayıcı düğümler çok sınırlı bir güce sahip olduklarından, herhangi bir kablosuz algılayıcı ağ türünde enerji tüketimini azaltmak önemlidir (Ma, 2012). Literatürde, bu konu ile ilgili olarak çok fazla araştırma yapılmaya devam etmektedir (Jaryani vd., 2015). Bununla birlikte; bu araştırmaların çoğu yayılma ortamının hava olduğu karasal kablosuz ağlar için yapılmaktadır (Sinha vd., 1999). Fakat yeraltı ortamı karasal ortamdaki tamamen farklıdır. Çünkü yayılma ortamı hava değil, katı bir ortam olan topraktır (Sinha vd., 2002). Zayıflama ve yol kaybı değerleri yeraltı ortamda, yerüstü ortama göre çok daha fazla yüksektir. Bu nedenle, yeraltı iletişimde enerji tüketimini azaltmanın yollarını araştırmak ve bulmak oldukça önemlidir. Bu şekilde, kablosuz yeraltı algılayıcı ağların ömrünü artırmak mümkün olacaktır. Ek olarak, verilerin güvenilirliği yeraltı iletişimde dikkat gerektiren başka bir önemli özelliktir. Çünkü bit hata oranı yerüstü iletişimden farklı olmaktadır. Günümüzde, kablosuz algılayıcı ağların güvenilirliğini artırmak için yeraltı hata kontrol kodunun kullanımını araştıran birçok çalışma bulunmaktadır (Gupta vd., 2013).

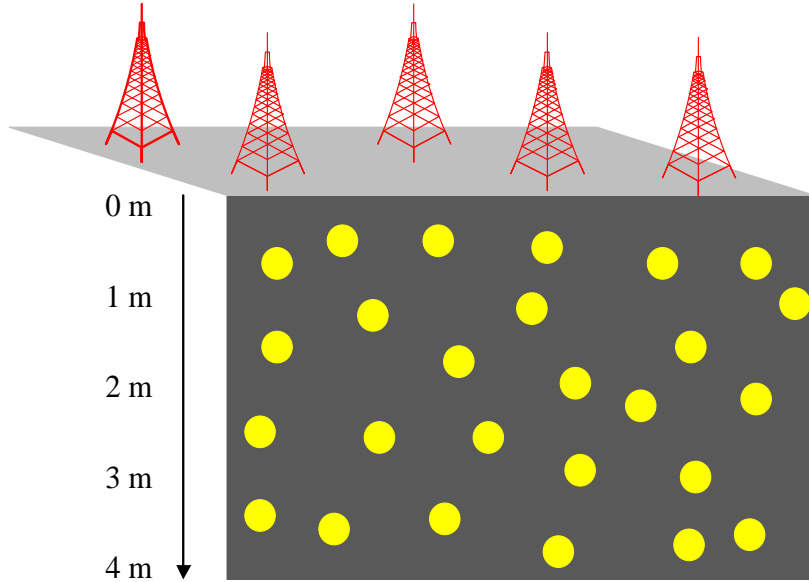
Bununla birlikte, kablosuz yeraltı algılayıcı ağların enerji tüketimini azaltmak için gerçekleştirilen sınırlı sayıda çalışma bulunmaktadır. Huang vd. kablosuz yeraltı algılayıcı ağlar için sınırlı enerji kaynağı ve topolojiye bağlı toleransı incelemişlerdir (Huang vd., 2018). Bunun yanında, enerji tasarruflu rastgele ölçeksiz bir topoloji modeli ve ayarlanabilir oran endeksli bir güç ağı topoloji yapısı önermişlerdir. Shahooei vd. yeraltı yük taşımacılığı için uygun bir sistem tasarlamayı hedeflemişlerdir (Shahooei vd., 2019). Ek olarak, yeraltı sisteminin enerji tüketimini en az seviyede tutmayı amaçlamışlardır. Alzoubi vd (2019) yeraltı madenleri için talep üzerine dondurma ilkesini deneysel ve matematiksel model yardımıyla elde etmişlerdir. Ayrıca, enerji tüketimini en az seviyede tutarak kayıpsız veri iletimi yapmayı hedeflemişlerdir. Literatürdeki yeraltı algılayıcı ağlar ile ilgili yapılan çalışmalar incelendiğinde, enerji tüketimini en aza indirmek için bulanık mantık kullanan makale bulunmadığı görülmektedir.

Bu makale çalışmasında, yeraltı algılayıcı ağlarda kayıpsız veri iletimi yapabilmesi için bulanık mantık tabanlı toplayıcı istasyon karar yaklaşımı önerilmiştir. Algılayıcı düğümlerin enerji tasarruflu kayıpsız veri iletimi yapabilmesi için, toplayıcı istasyon karar işlemleri bulanık mantık yardımıyla gerçekleştirilmiştir. Önerilen yeraltı kablosuz algılayıcı ağ yapısının benzetim modeli Riverbed yazılımı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Matlab yazılımı kullanılarak anlık olarak bulanık mantık tabanlı karar işlemi yapılmıştır.

2. Bulanık Mantık tabanlı Yeraltı Kablosuz Algılayıcı Ağ Yaklaşımı

Bu makale çalışmasında, yeraltındaki konumlarından dolayı yeniden enerji depolanması

mümkün olmayan yeraltı algılayıcı düğümler ele alınmıştır. Kablosuz yeraltı algılayıcı düğümlerin yeraltı-yeraltı haberleşme gerçekleştirebilmesi için kablosuz yeraltı algılayıcı ağ tasarımı ve benzetimi yapılmıştır. Kablosuz yeraltı algılayıcı düğümler, toplayıcı istasyona veri aktarmak için yeraltı-yerüstü haberleşme gerçekleştirmektedirler. Enerji verimliliği sağlamak için, yeraltı algılayıcı düğümler, verilerini kendilerine en yakın olan toplayıcı istasyona iletmektedirler. Sezilen verilerin doğrudan toplayıcı istasyona aktarılması mümkün değilse, veriler dolaylı bir şekilde diğer yeraltı algılayıcı düğümleri aracılığıyla da toplayıcı istasyona iletebilmektedir.



Şekil 1. Kablosuz yeraltı algılayıcı ağ ortamı

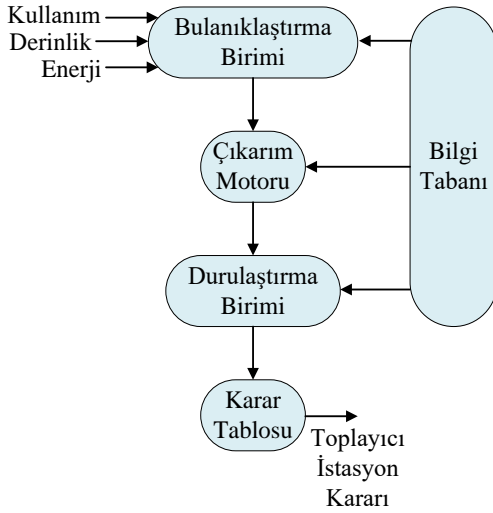
Şekil 1’de, önerilen kablosuz yeraltı algılayıcı ağdaki kablosuz yeraltı algılayıcı düğümler ve toplayıcı istasyonlar görülmektedir. Kablosuz yeraltı algılayıcı düğümlerinin görevi veri toplamaktır. Yüzeğe yakın olan yeraltı algılayıcı düğümler; veri toplama işlemine ek olarak, derin yeraltı algılayıcı düğümlerin toplayıcı istasyonlara veri iletmeye işlemine yardım etmektedirler. Toplayıcı istasyonların görevi, kendisine gelen sezilen verileri toplamaktır. Toplanan veriler herhangi bir çevrimiçi cihazdan izlenebilmektedir. Kablosuz yeraltı algılayıcı düğümler, herhangi bir veri sezme veya gönderme olmadığında boşta beklemektedirler. Bu durumda, kablosuz yeraltı algılayıcı düğümler uyku durumuna geçerek mümkün olan en düşük enerji tüketimini sağlamaktadırlar. Kablosuz yeraltı algılayıcı düğümler maksimum 4 metre derinliğe

yerleştirilmektedir (Gupta vd., 2013). Sağlıklı bir kablosuz haberleşme, 5 metre derinlikten sonra oldukça azaldığı için benzetim modelinde maksimum derinlik 4 metre olarak ele alınmıştır (Fischer vd., 2004).

Tablo 1. Algılayıcı ağ için kullanılan benzetim parametreleri

Parametre	Değer
Veri oranı	10 kbps
Modülasyon tekniği	Bpsk
Algılayıcı düğüm sayısı	26
Toplayıcı istasyon sayısı	5
Gönderme gücü	800 mw
Veri paketi boyutu	40 byte
İletim frekansı	350 MHz
Maksimum derinlik	4 m

Tablo 1’de, yeraltı algılayıcı ağıın benzetim parametreleri ve değerleri gösterilmektedir. Veri oranı 10 kbps ve modülasyon tekniği bpsk olarak ayarlanmıştır. Buna göre, kablosuz algılayıcı düğüm sayısı 26 ve toplayıcı istasyon sayısı 5 olarak seçilmiştir. Gönderme gücü, maksimum derinlikte olan algılayıcı düğüm dikkate alınarak seçildiği için 800 mw olarak belirlenmiştir. Sezilen veriler için kullanılan veri paketi boyutu 40 bayt olarak ele alınmıştır. İletim frekansı olarak, kablosuz yeraltı düğüm haberleşmesi için uygun olan 350 MHz ayarlanmıştır.



Şekil 2. Önerilen algılayıcı ağıın bulanık mantık blok diyagramı

Şekil 2’de, önerilen kablosuz yeraltı algılayıcı ağı için bulanık mantık sisteminin blok diyagramı verilmiştir. Önerilen bulanık mantık sisteminde, kablosuz haberleşme alanındaki çalışmalarda yaygın olarak tercih edilen Mamdani metodu kullanılmıştır (Muduli vd., 2018). Bulanık mantık sistemi; bulanıklaştırma birimi, çıkarım motoru ve durulaştırma birimlerinden oluşmaktadır. Bulanıklaştırma birimi kesin olan net bir girişi bulanık bir değere dönüştürürken, durulaştırma birimi çıkış değerleri setini kesin olan tek bir net değere dönüştürmektedir. Durulaştırma birimi temel olarak, kural tabanlı çıkarım mekanizmasından gelen bulanık ifadeleri sisteme uygulanabilecek sayısal ifadelere dönüştürmektedir. Bu üç birim sürekli olarak bilgi tabanı ile iletişim halinde olmaktadır. Bilgi tabanı, kural tabanı ve üyelik fonksiyonlarından oluşmaktadır. Bulanıklaştırma biriminde, belirli değerler bulanık veri kümelerine dönüştürülmektedir. Bu bulanık kümeler çıkarım motorunda işlendikten sonra, durulaştırma birimi bunları sayısal değerlere dönüştürmektedir. Durulaştırma biriminden sonra, son bir aşama olarak karar tablosu bulunmaktadır. Karar tablosu

biriminde, durulaştırma biriminden gelen sayısal değerlere göre toplayıcı istasyon kararı verilmektedir. Çıkış değeri olan toplayıcı istasyon kararı; kullanım, derinlik ve enerji giriş değerleri kullanılarak elde edilmektedir. Üyelik fonksiyonları için üç giriş parametresi ve bu üyelik fonksiyonları için üç farklı seviye bulunmaktadır.

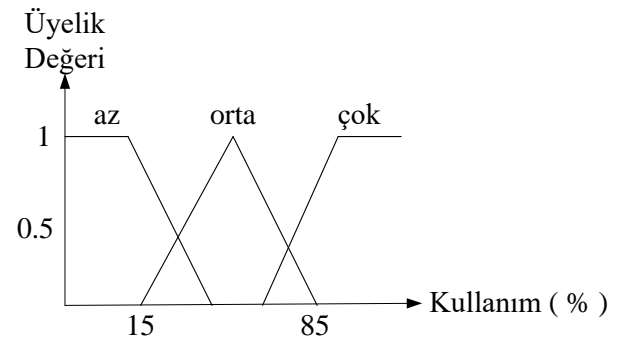
Şekil 3’te, bir yeraltı algılayıcı düğümün kullanımı için üyelik fonksiyonları gösterilmektedir. Algılayıcı kullanımı, bir düğümün sezdiği veri trafiği olarak tanımlanmaktadır. Düğümlerin kullanımı %0 ile %100 arasında değişmektedir. Az, orta ve çok olmak üzere 3 seviye bulunmaktadır.

Şekil 4’te bir yeraltı algılayıcı düğümün derinliği için üyelik fonksiyonları gösterilmektedir. Düğümlerin derinliği 0 metre ile 4 metre arasında değişmektedir. Az, orta ve çok olmak üzere 3 seviye bulunmaktadır. Derinlik, toplayıcı istasyonu kararı için en etkili parametredir.

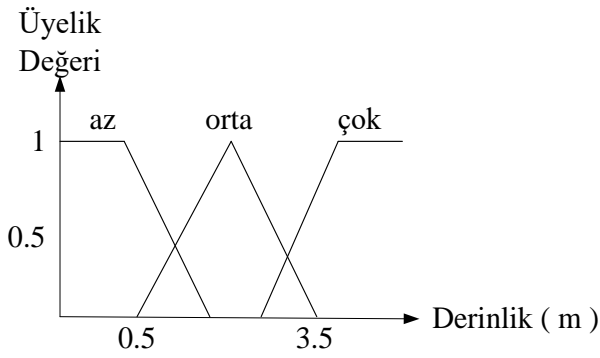
Şekil 5’te bir yeraltı algılayıcı düğümünün kalan enerjisi için üyelik fonksiyonları gösterilmektedir. Düğümlerinin kalan enerjisi, 0 joule ve 8 joule arasında değişmektedir. Düşük, orta ve yüksek olmak üzere 3 seviye bulunmaktadır.

Şekil 6’da toplayıcı istasyon kararı için üyelik fonksiyonları görülmektedir. Çıkış olarak, toplayıcı istasyonun çok yakın, yakın veya uzak olması gerektiği sonucuna ulaşılmaktadır. Toplayıcı istasyon kararının çok yakın olması düşük enerji tüketimi avantajı sağlamaktadır. Fakat tüm algılayıcı düğümlerin en yakın toplayıcı istasyon ile haberleşme yapmak istemesi sonucunda, veri trafiği yoğunluğundan dolayı çarpışmalar ve gecikmeler meydana gelebilmektedir.

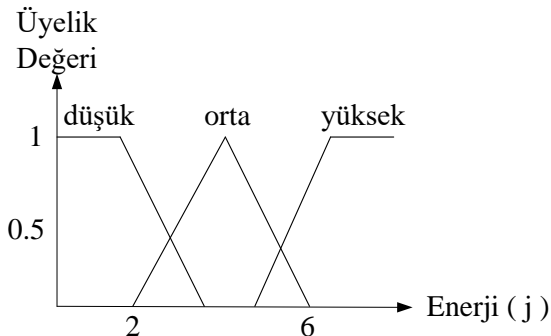
Tablo 2’de, toplamda 27 kuraldan oluşan kural tablosundaki tüm kurallar görülmektedir.



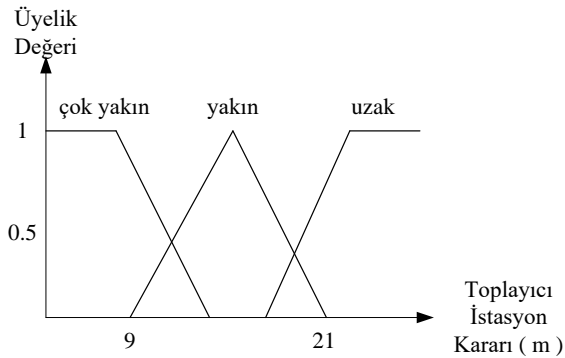
Şekil 3. Kullanım parametresinin üyelik fonksiyonları



Şekil 4. Derinlik parametresinin üyelik fonksiyonları



Şekil 5. Enerji parametresinin üyelik fonksiyonları



Şekil 6. Toplayıcı istasyon kararı üyelik fonksiyonları

Tablo 2. Bulanık mantık sisteminin kural tablosu

Kurallar
Eğer (kullanım orta ise) ve (derinlik çok ise) ve (enerji düşük ise) o zaman (toplayıcı istasyon kararı çok yakın) olur
Eğer (kullanım az ise) ve (derinlik az ise) ve (enerji düşük ise) o zaman (toplayıcı istasyon kararı yakın) olur
Eğer (kullanım çok ise) ve (derinlik çok ise) ve (enerji yüksek ise) o zaman (toplayıcı istasyon kararı çok yakın) olur
Eğer (kullanım orta ise) ve (derinlik çok ise) ve (enerji orta ise) o zaman (toplayıcı istasyon kararı uzak) olur

Tablo 2. devamı

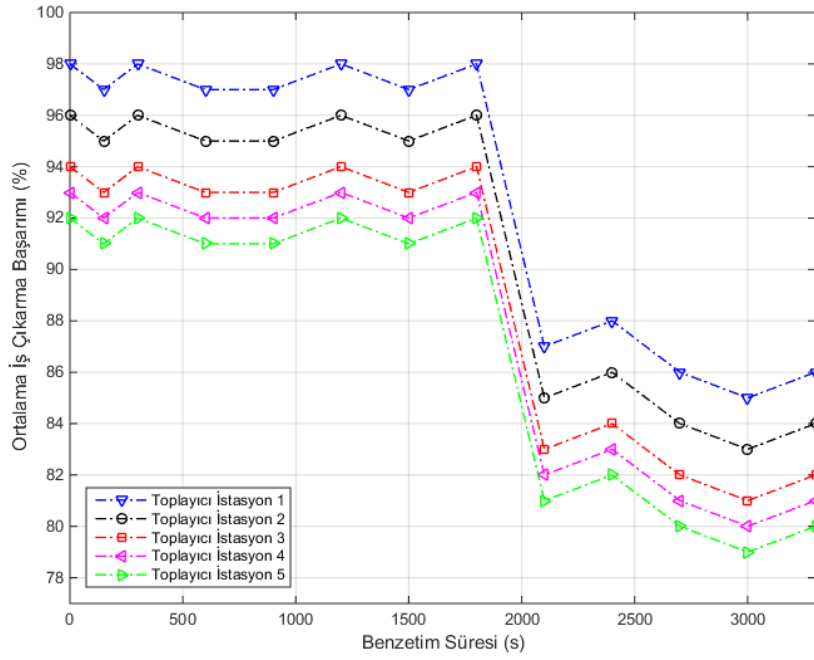
Kurallar
Eğer (kullanım orta ise) ve (derinlik çok ise) ve (enerji yüksek ise) o zaman (toplayıcı istasyon kararı çok yakın) olur
Eğer (kullanım orta ise) ve (derinlik orta ise) ve (enerji yüksek ise) o zaman (toplayıcı istasyon kararı çok yakın) olur
Eğer (kullanım orta ise) ve (derinlik orta ise) ve (enerji orta ise) o zaman (toplayıcı istasyon kararı yakın) olur
Eğer (kullanım orta ise) ve (derinlik orta ise) ve (enerji düşük ise) o zaman (toplayıcı istasyon kararı uzak) olur
Eğer (kullanım orta ise) ve (derinlik az ise) ve (enerji yüksek ise) o zaman (toplayıcı istasyon kararı çok yakın) olur
Eğer (kullanım orta ise) ve (derinlik az ise) ve (enerji orta ise) o zaman (toplayıcı istasyon kararı uzak) olur
Eğer (kullanım orta ise) ve (derinlik az ise) ve (enerji düşük ise) o zaman (toplayıcı istasyon kararı çok yakın) olur
Eğer (kullanım az ise) ve (derinlik çok ise) ve (enerji düşük ise) o zaman (toplayıcı istasyon kararı yakın) olur
Eğer (kullanım az ise) ve (derinlik çok ise) ve (enerji orta ise) o zaman (toplayıcı istasyon kararı yakın) olur
Eğer (kullanım az ise) ve (derinlik çok ise) ve (enerji yüksek ise) o zaman (toplayıcı istasyon kararı yakın) olur
Eğer (kullanım az ise) ve (derinlik orta ise) ve (enerji yüksek ise) o zaman (toplayıcı istasyon kararı uzak) olur
Eğer (kullanım az ise) ve (derinlik orta ise) ve (enerji orta ise) o zaman (toplayıcı istasyon kararı çok yakın) olur
Eğer (kullanım az ise) ve (derinlik orta ise) ve (enerji düşük ise) o zaman (toplayıcı istasyon kararı çok yakın) olur
Eğer (kullanım az ise) ve (derinlik az ise) ve (enerji yüksek ise) o zaman (toplayıcı istasyon kararı yakın) olur
Eğer (kullanım az ise) ve (derinlik az ise) ve (enerji orta ise) o zaman (toplayıcı istasyon kararı yakın) olur
Eğer (kullanım çok ise) ve (derinlik çok ise) ve (enerji orta ise) o zaman (toplayıcı istasyon kararı çok yakın) olur
Eğer (kullanım çok ise) ve (derinlik çok ise) ve (enerji düşük ise) o zaman (toplayıcı istasyon kararı çok yakın) olur
Eğer (kullanım çok ise) ve (derinlik orta ise) ve (enerji yüksek ise) o zaman (toplayıcı istasyon kararı uzak) olur
Eğer (kullanım çok ise) ve (derinlik orta ise) ve (enerji orta ise) o zaman (toplayıcı istasyon kararı yakın) olur
Eğer (kullanım çok ise) ve (derinlik orta ise) ve (enerji düşük ise) o zaman (toplayıcı istasyon kararı uzak) olur
Eğer (kullanım çok ise) ve (derinlik az ise) ve (enerji yüksek ise) o zaman (toplayıcı istasyon kararı çok yakın) olur
Eğer (kullanım çok ise) ve (derinlik az ise) ve (enerji orta ise) o zaman (toplayıcı istasyon kararı yakın) olur
Eğer (kullanım çok ise) ve (derinlik az ise) ve (enerji düşük ise) o zaman (toplayıcı istasyon kararı yakın) olur

3. Performans Analizi

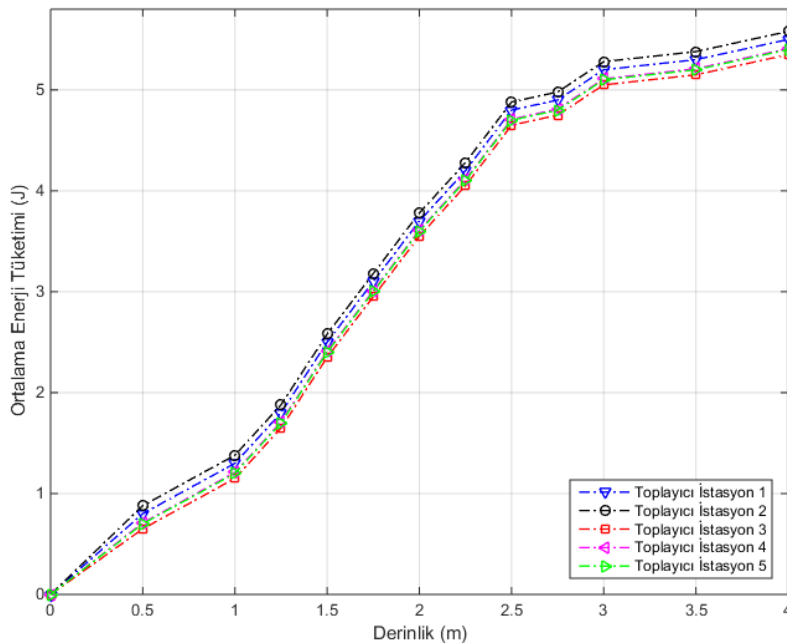
Şekil 7’de, toplayıcı istasyonların her biri için ortalama iş çıkarma başarımları sonuçları görülmektedir. Ortalama iş çıkarma başarımları %80 ile %98 arasında değişiklik göstermektedir. Ortalama iş çıkarma başarımları, 2000 saniye sonunda tüm toplayıcı istasyonlar için %10 oranında düşüş göstermektedir. Bunun nedeni, derinlikten dolayı enerjisi tükenen düğümlerin iletişimde kayıplara sebep olmasıdır. İletişimde yaşanan aksaklıklar veri paketlerinin teslim

edilememesine ve ortalama iş çıkarma başarımlarının düşmesine yol açmaktadır.

Şekil 8’de, toplayıcı istasyonların her biri için derinliğe göre ortalama enerji tüketimi sonuçları görülmektedir. Enerji tüketimi 0 ile 6 J arasında değişmektedir. Ortalama enerji tüketimi, tüm toplayıcı istasyonlar için derinlikle yaklaşık olarak doğru orantılı bir şekilde artmaktadır. Bunun sebebi, derinlik arttıkça iletişimin zorlaşması ve daha çok enerji tüketimi gerektirmesidir.



Şekil 7. Ortalama iş çıkarma başarımları



Şekil 8. Derinliğe göre ortalama enerji tüketimi

4. Bulgular ve Tartışma

Bu çalışmada, yeraltı kablosuz algılayıcı ağlarında kayıpsız veri iletimi yapılabilmesi için bulanık mantık tabanlı toplayıcı istasyon karar yaklaşımı önerilmiştir. Önerilen yeraltı kablosuz algılayıcı ağ yapısının benzetim modeli Riverbed yazılımı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Matlab yazılımı kullanılarak anlık olarak bulanık mantık tabanlı karar işlemi yapılmıştır. Yeraltı kablosuz algılayıcı ağ performansını değerlendirmek için iş çıkarma başarımı ve enerji tüketimi parametreleri incelenmiştir. Performans değerlendirme sonuçları incelendiğinde; ortalama enerji tüketimi ile maksimum iş çıkarma başarım oranının yeraltı kablosuz algılayıcı ağlarda elde edilebileceği gösterilmiştir. Bu koşullar altında; en uygun toplayıcı istasyon seçimi yapılarak enerji tüketiminin mümkün olan en az seviyede tutulması sağlanmıştır.

Önerilen bulanık mantık tabanlı toplayıcı istasyon karar yaklaşımı sayesinde, en uygun toplayıcı istasyon seçimi yapılmıştır. Bulanık mantık kullanılmadan tasarlanan algılayıcı ağlarda, toplayıcı istasyon seçimi gelişigüzel bir şekilde yapılmaktadır. Rastgele yapılan toplayıcı istasyon seçimleri de enerji tüketimini artırmakta ve veri kayıplarından dolayı iş çıkarma başarımını önemli ölçüde düşürmektedir. Bu sebeple, rastgele toplayıcı istasyon seçim işlemi tercih edilmemektedir. Önerilen bulanık mantık tabanlı sistemin %90 üzerinde ortalama iş çıkarma başarımı göstermesi, paket kayıplarının çok düşük oranda yaşandığını göstermektedir. Çok düşük paket kayıpları, önerilen algılayıcı ağ toplayıcı istasyon seçim yaklaşımının istikrarlı olduğunu ortaya koymaktadır.

Yeraltı kablosuz algılayıcı ağlar, gün geçtikçe kullanım alanı artan bir konu haline gelmiştir. Bu kapsamda; yeraltı maden ocaklarından, tarımsal uygulamalara kadar çok geniş bir yelpazede kolaylıklar sağlayabilecek algılayıcı düğümler bulunmaktadır. Örneğin; tarımsal alanda toprak altındaki nem, sıcaklık durumu, mineral tespiti vb. değerlerin sürekli olarak takip edilmesi elzemdir. Buna benzer alanlarda çalışmalar yaparak, enerji tüketimini verimli hale getirmek oldukça önemlidir.

Teşekkür

Değerli desteklerinden dolayı kıymetli Eşim Sümeyye ve kızım Asel'e çok teşekkür ederim.

Kaynaklar

- Ahmad A H, Jaafar J, Mahmood A K, Agent-based personal monitoring system simulation using type-2 fuzzy, National Postgraduate Conference, 2011, Kuala Lumpur, pp. 1-5.
- Alzoubi M A, Zueter A, Nie-Rouquette A, Sasmito A P, Freezing on demand: A new concept for mine safety and energy savings in wet underground mines. *Int J Min Sci Technol* 2019; 29(4): 621-627.
- Fischer D, Szabados B, Poehlman S, Combining neural networks, fuzzy logic, and Kalman filtering in an oil leak detector for underground electric power cables, *Proceedings of the 21st IEEE Instrumentation and Measurement Technology Conference (IEEE Cat. No.04CH37510)*, 2004, Como, pp. 2099-2104.
- Gauss V A, Bay J S, A fuzzy logic solution for navigation of an autonomous subsurface planetary exploration robot, *Proceedings of the 1998 IEEE International Symposium on Intelligent Control (ISIC) held jointly with IEEE International Symposium on Computational Intelligence in Robotics and Automation (CIRA) Intell*, 1998, Gaithersburg, MD, USA, pp. 559-564.
- Gupta S, Kumar P, Karmakar N C, Palei S K, Quantification of human error rate in underground coal mines - A fuzzy mapping and rough set based approach, *IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management*, 2013, Bangkok, pp. 140-144.
- Huang Y R, Chen Z P, Han T, Liu X T, One energy-efficient random-walk topology evolution method for underground wireless sensor networks. *Int J Distrib Sens N* 2018; 19(9): 1-9.
- Ichihashi H, Katada T, Fujiyoshi M, Notsu A, Honda K, Improvement in the performance of camera based vehicle detector for parking lot, *International Conference on Fuzzy Systems*, 2010, Barcelona, pp. 1-7.
- Ichihashi H, Notsu A, Honda K, Katada T, Fujiyoshi M, Vacant parking space detector for outdoor parking lot by using surveillance camera and FCM classifier, *IEEE International Conference on Fuzzy Systems*, 2009, Jeju Island, pp. 127-134.
- Jaryani S, Broumandnia A, Oghani M A, Improving routing in wireless sensor networks having mobile sinks through fuzzy algorithm, *2nd International Conference on Knowledge-Based Engineering and Innovation (KBEI)*, 2015, Tehran, pp. 497-503.

- Lokshina I V, Insinga R C, Decision support system of ventilation operator based on fuzzy methods applied to interpretation and processing of gas-dynamic images, SympoTIC'03, Joint 1st Workshop on Mobile Future and Symposium on Trends in Communications, 2003, Bratislava, Slovakia, pp. 84-89.
- Ma F, Sensor networks-based monitoring and fuzzy information fusion System for underground Gas disaster, 9th International Conference on Fuzzy Systems and Knowledge Discovery, 2012, Sichuan, pp. 596-600.
- Muduli L, Jana P K, Mishra D P, Wireless sensor network based fire monitoring in underground coal mines: A fuzzy logic approach. *Process Saf Environ* 2018; 113: 435-447.
- Shahooei S, Mattingly S P, Shahandashti M, Ardekani S, Propulsion system design and energy optimization for autonomous underground freight transportation systems. *Tunn Undergr Sp Tech* 2019; 89: 125-132.
- Sinha S K, Karray F, Classification of underground pipe scanned images using feature extraction and neuro-fuzzy algorithm. *IEEE Trans Neural Netw* 2002; 13(2): 393-401.
- Sinha S K, Karray F, Fieguth P W, Underground pipe cracks classification using image analysis and neuro-fuzzy algorithm, *Proceedings of the IEEE International Symposium on Intelligent Control Intelligent Systems and Semiotics (Cat. No.99CH37014)*, 1999, Cambridge, MA, USA, pp. 399-404.
- Xianmin M, Lan L, Monitoring System of Coal Electrical Haulage Shearer Based on Data Fusion Theory, *International Symposium on Computer, Consumer and Control*, 2014, Taichung, pp. 231-234.
- Zyada Z, Kawai Y, Matsuno T, Fukuda T, Sensor Fusion Based Fuzzy Rules Learning for Humanitarian Mine Detection, *SICE-ICASE International Joint Conference*, 2006, Busan, pp. 1860-1865.

Investigation of the Frictionless Contact Problem in A Rigidly Supported Homogeneous Layer by Using FEM

Rijit Olarak Mesnetlenmiş Homojen Tabakada Sürtünmesiz Temas Probleminin Sonlu Elemanlar Metodu ile İncelenmesi

Alper POLAT*

Munzur University, Faculty of Engineering, Civil Engineering Department, 62000, Tunceli

• Geliş tarihi / Received: 22.05.2019 • Düzeltilek geliş tarihi / Received in revised form: 07.08.2019 • Kabul tarihi / Accepted: 09.09.2019

Abstract

In this study, the continuous contact problem of a homogeneous layer of constant thickness perfectly bonded to a rigid support on its bottom surface and loaded a rigid stamp is investigated using the finite element method (FEM). It is assumed that the all contact surfaces are frictionless. The homogenous layer is loaded by rigid circular stamp with external load P . Two-dimensional finite element analysis of the problem is performed using ANSYS software. Also, normal stresses and shear stresses are investigated along the depth of the layer for different shear modulus ratios. Besides, contact length and contact stress between rigid block and homogenous layer are determined. The obtained results are compared to analytical solution and they are shown in graphs and tables.

Anahtar kelimeler: Contact problem, Finite element method, Homogenous layer, Rigid stamp

Öz

Bu çalışmada, alt yüzeyinden rijit olarak mesnetlenmiş ve rijit bir dairesel blok ile yüklenmiş sabit yükseklikli bir homojen tabakada sürekli temas problemi sonlu elemanlar yöntemi kullanılarak incelenmiştir. Bütün yüzeylerin sürtünmesiz olduğu kabul edilmiştir. Homojen tabaka, dış yükü P olan bir rijit dairesel blok vasıtasıyla yüklenmiştir. Problemin iki boyutlu sonlu elemanlar analizi ANSYS yazılımı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Ayrıca farklı yükleme durumları için tabakanın derinliği boyunca normal gerilmeler ve kayma gerilmeleri incelenmiştir. Bunun yanı sıra rijit blok ile homojen tabaka arasındaki temas mesafeleri ve temas gerilmeleri belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlar analitik sonuçlarla kıyaslanarak grafik ve tablo halinde gösterilmiştir.

Keywords: Temas problemi, Sonlu elemanlar yöntemi, Homojen tabaka, Rijit zumba

*Alper POLAT; apolat80@gmail.com; Tel: (+90507) 259 69 68; orcid.org/ 0000-0002-6368-5276

1. Introduction

Contact problems have found wide application areas in several engineering structures such as foundations, fuel oil tanks, airport runways, spherical balls. The subject of contact mechanics, came up in 1882 with an article titled, ‘Contact of Elastic Layers’ which was discussed by Hertz firstly. Many researchers have discussed the problems analytically such as crack problems, continuous and discontinuous contact, receding contact, and frictional contact until today. (Adiyaman et al. 2016) investigated the contact problem of elastic layer resting on two elastic quarter planes. The layer was loaded by rigid cylindrical stamp. (Ratwani and Erdoğan, 1973) examined the frictionless contact problem of the layer loaded with a rigid or elastic punch, resting on an elastic half-plane. (Civelek and Erdoğan, 1974) solved the axisymmetrical double contact problem for a frictionless elastic layer. (Giannakopoulos and Pallot, 2000) analyzed the frictionless contact problem for an elastic layer which was loaded through a rigid cylindrical block and lying on elastic half-plane. (Çömez, 2010), (Özşahin et al. 2007), (Bora, 2016) and (Polat et al. 2018) investigated continuous and discontinuous contact problems in the elastic layer loaded by rigid block. (Çömez, 2015) examined the frictional contact problem in a functionally graded layer loaded with a moving rigid cyclical block. (Elhaskawy, 1999) analyzed the stress distributions for different friction parameters when the half-plane covered by the two elastic layers was loaded with a rigid curvilinear punch.

The development of numerical calculation methods that produce approximate solutions with the help of computer programs, facilitates the solution of long-term engineering problems of the analytical solution. One of these methods is the Finite Element Method. Firstly, this method is developed a solution to the plane contact problem of elastic bodies by (Chan and Tuba, 1971).

(Bussetta et al. 2012), (Franke et al. 2010), (Birinci et al. 2015), (Kaya et al. 2018) discussed the comparison of contact algorithms in finite element analysis of contact problems. (Nikbakht et al. 2013) examined the frictionless elastic contact of a functionally graded vitrified low carbon steel plate and a rigid spherical punch. (Öner et al. 2015) investigated the continuous and discontinuous contact problem of layer under the pressure influence by using FEM. (Abhilash and Murty, 2014) considered indenters of different typical surface profiles and the problem is idealized as a two-dimensional plane strain problem considering only normal loads.

In this paper, frictionless and continuous contact problem is solved in an elastic layer which is rigidly supported by the top surface and loaded with rigid circular block by using FEM. Using the FEM, the continuous contact problem is solved for different shear modulus (μ) and different values of a material constant (κ). The contact distances and contact stresses between the rigid block and the elastic layer determined by using FEM are compared with (Kahya, 1997). As a finite element model is created, the layer is supported from the top surface and loaded from the upper surface by the rigid block, unlike the analytical solution. Since the mass forces are not considered, this is not affected to comparison with the analytical results.

2. Definition of The Problem

In this study, the frictionless contact problem between a rigid block and elastic layer supported by the top is solved by using the FEM. The concentrated load is transferred to the layer by means of a rigid block. All surfaces are considered to be frictionless. In addition, mass forces are neglected to solutions. The homogeneous layer extends between $(-\infty, +\infty)$. In addition, the rigid block is in contact with the homogeneous layer in the range $(-c, +c)$.

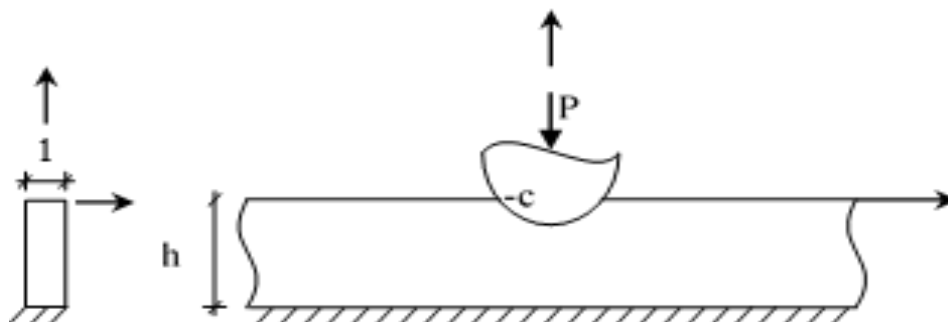


Figure 1. Geometry of the problem

Analytical solution of the problem is obtained using theory of elasticity and integral transform techniques. Equilibrium equations are written as follows:

$$\frac{\partial \sigma_x}{\partial x} + \frac{\partial \tau_{xy}}{\partial y} = 0 \tag{1}$$

$$\frac{\partial \tau_{yx}}{\partial x} + \frac{\partial \sigma_y}{\partial y} = 0 \tag{2}$$

Stress-strain expressions can be written as;

$$\sigma_x = \lambda e + 2\mu \left(\frac{\partial u}{\partial x} \right) \tag{3}$$

$$\sigma_y = \lambda e + 2\mu \left(\frac{\partial v}{\partial y} \right) \tag{4}$$

$$\tau_{xy} = \mu \left(\frac{\partial u}{\partial y} + \frac{\partial v}{\partial x} \right) \tag{5}$$

$$e = \left(\frac{\partial u_x}{\partial x} + \frac{\partial v_y}{\partial y} \right) \tag{6}$$

$$\lambda = \left(\frac{E\nu}{(1+\nu)(1-2\nu)} \right) \tag{7}$$

$$\mu = \left(\frac{E}{2(1+\nu)} \right) \tag{8}$$

$$u(x, y) = \frac{2}{\pi} \int_0^{+\infty} \phi(\alpha, y) \text{Sin}(\alpha x) d\alpha \tag{9}$$

$$v(x, y) = \frac{2}{\pi} \int_0^{+\infty} \psi(\alpha, y) \text{Cos}(\alpha x) d\alpha \tag{10}$$

Expressions are given in these equations;

μ , λ are Lamé Constant, E is Young Modulus and ν is Poisson's Ratio. $u(x,y)$ and $v(x,y)$ and x-component and y-component of the displacement vector. The layer is assumed isotropic and elastic. In the analyzes, geometry and material properties are taken as length of the layer in x direction (L=2m.), layer height (h=10 cm.), Young Modulus (E=50000 MPa), Poisson's Ratio ($\nu=0.20$).

3. Solution with Finite Element Method

Finite element method (FEM) is a numerical method used to obtain approximate solution which reducing complex problems to simple sub-problems. The basic principle of the FEM is to

subtract the equations containing the system properties of an element and to combine the element equations to represent the whole system and thus to obtain the linear equation set for the system. In this work, the finite element model and solution of the problem is carried out by using ANSYS (2016) package program. When modeling, the mass forces and the friction force under rigid block are neglected. Linear, elastic and isotropic materials are used in all parts of the model. Determining the element type is important in terms of getting correct results for solving the problem. Since this study is a static and 2-dimensional plane problem, PLANE183 with 8 nodes is used as the element type. In modeling, the surface-surface contact model is used because of the fact that they provided solutions even if the nodes are not overlapped. When the contact pair is formed, the target surface is defined by the TARGE169 element and the contact surface by the CONTA172 element. For surfaces in contact with each other, the surface having a modulus of elasticity is selected as the target. The elements of the TARGE169 and CONTA172 are elements comprising three nodes, these nodes overlapping the nodes on the surface of the PLANE183 element. In mesh process, all lines of the geometry are divided into 0.05 mesh spacing. Also all lines are divided to more smaller parts but the results did not changed and solution time increased. In the solution are used 91200 nodes and 46500 elements. Additionally, all geometry are meshed with free triangular meshing. ANSYS has various contact algorithms depending on the problem type. In this study, Augmented Lagrangian Method is preferred, which uses the total potential energy theorem as the contact algorithm and gives better and faster results than other algorithms. The ANSYS model of the problem is shown in Figure 2, and the FEM algorithm for solving the problem is shown in Figure 3:

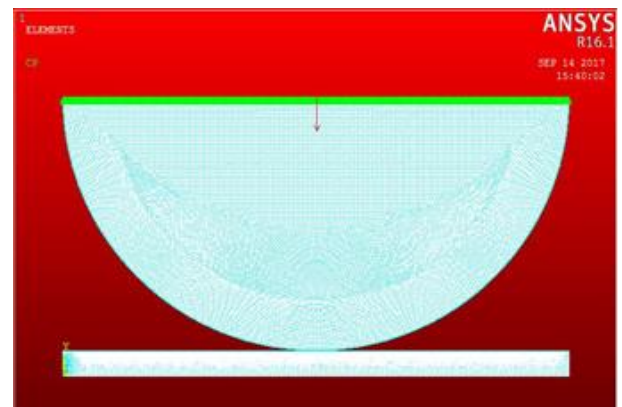


Figure 2. Finite element model of the problem

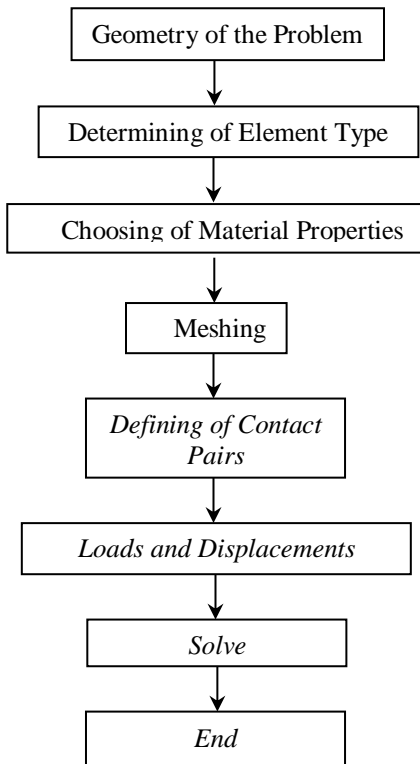


Figure 3. FEM algorithm of the problem

4. Results and Discussions

In this study, FEM analysis of a continuous contact problem is carried out. The thickness of the layer and the load are considered as constant, the results obtained by using the FEM of continuous contact problems, for different shear modulus and different Kolosov’s constants, are presented in Figures 4-6 and Tables 1-2. The Kolosov’s constant (κ) is a material constant based on the Poisson’s ratio, which decreases as

the Poisson’s ratio increases. The increase of the Poisson’s ratio means that the material is more rigid. As a result of the study, contact distances between the rigid block and the elastic layer are determined by using the FEM and compared with the analytical solution by (Kahya, 1997).

Figure 4 shows the contact stress distributions for different load factors. In the figure, the contact stresses under the rigid block are defined as dimensionless quantities depending on the shear modulus change. While the contact stresses are the largest value on $x=0$, they are zero at the point where the contact ends.

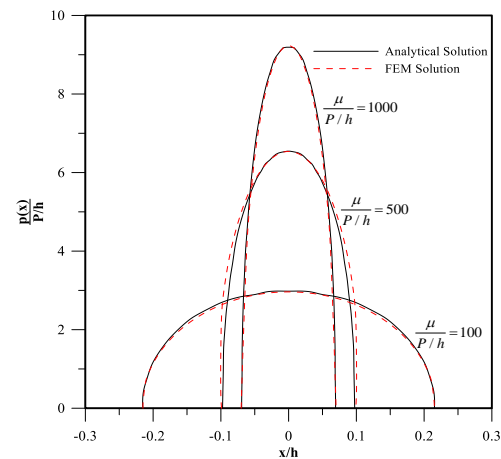


Figure 4. Distribution of contact stress for various shear modulus values ($R/h=10, \kappa=2$)

Table 1 shows the change of the contact area depending on Kolosov’s constant. As the Kolosov’s constant increases, the contact surface grows too.

Table 1. Change of contact surface depending on Kolosov’s constant ($R/h=10, \frac{\mu}{P/h} = 100$)

	c/h		
	Analytical Solution	FEM Solution	Error(%)
$\kappa=1.5$	0.196497	0.195	0.76
$\kappa=2$	0.215190	0.210	2.41
$\kappa=2.5$	0.232257	0.230	0.97

Table 2. Change of contact surface depending on shear modulus ($\kappa=2, R/h=10$)

$\frac{\mu}{P/h}$	c/h		
	Analytical Solution	FEM Solution	Error(%)
100	0.215190	0.21	2.41
200	0.153296	0.15	2.15
300	0.125488	0.12	4.37
400	0.108818	0.11	1.08
500	0.097407	0.10	2.66
600	0.088967	0.09	1.16
700	0.082399	0.08	2.91
800	0.077099	0.075	2.72
900	0.072706	0.07	3.72
1000	0.068987	0.07	1.46

In Table 2, the contact distances for the various shear modulus obtained by the analytically and FEM are given comparatively. As the shear

modulus values increase, the contact surface becomes smaller.

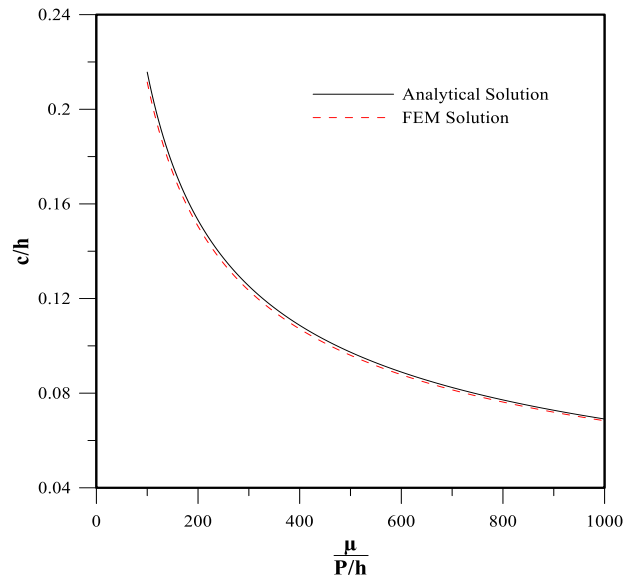


Figure 5. Change of contact surface depending on load factor ($R/h=10, \kappa=2$)

In Figure 5, when the block radius (R/h) is 10 units, the change of the contact surface with the shear modulus is compared with the analytical method and the FEM. There, increase of $\mu/P/h$ ratio which is a dimensionless quantity, means the increase of the shear modulus if the load and height are constant. When Figure 4-5 and Table 1-2 are examined, it is seen that the solution obtained by the FEM is very compatible with the analytical solution and the contact distance decreases as the shear modulus increasing. Figure 6 shows the analysis of the stress in relation to

the dimensionless load factor change along the depth of the homogeneous layer. When the figure is examined, stress values of the under the rigid block increased as the shear modulus values increased. Figure 7 (a-c) shows the along the depth of the layer dimensionless $\sigma_x(0,y)$ stress distribution obtained from the ANSYS solution. In this analysis, when the shear modulus increases along the depth of the layer, it is observed that the $\sigma_x(0,y)$ stress values on the top surface of the layer increased. The graphs are consistent with Figure 6.

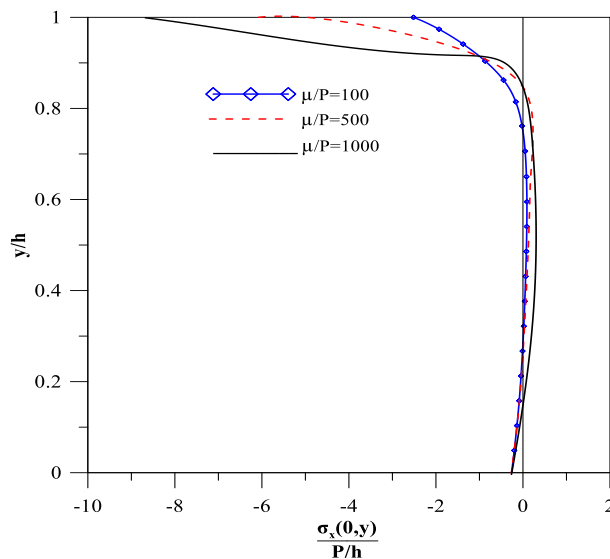


Figure 6. Analysis of $\sigma_x(0,y)/P/h$ stress in relation to the dimensionless load factor $\mu/P/h$ change along the depth of the homogeneous layer

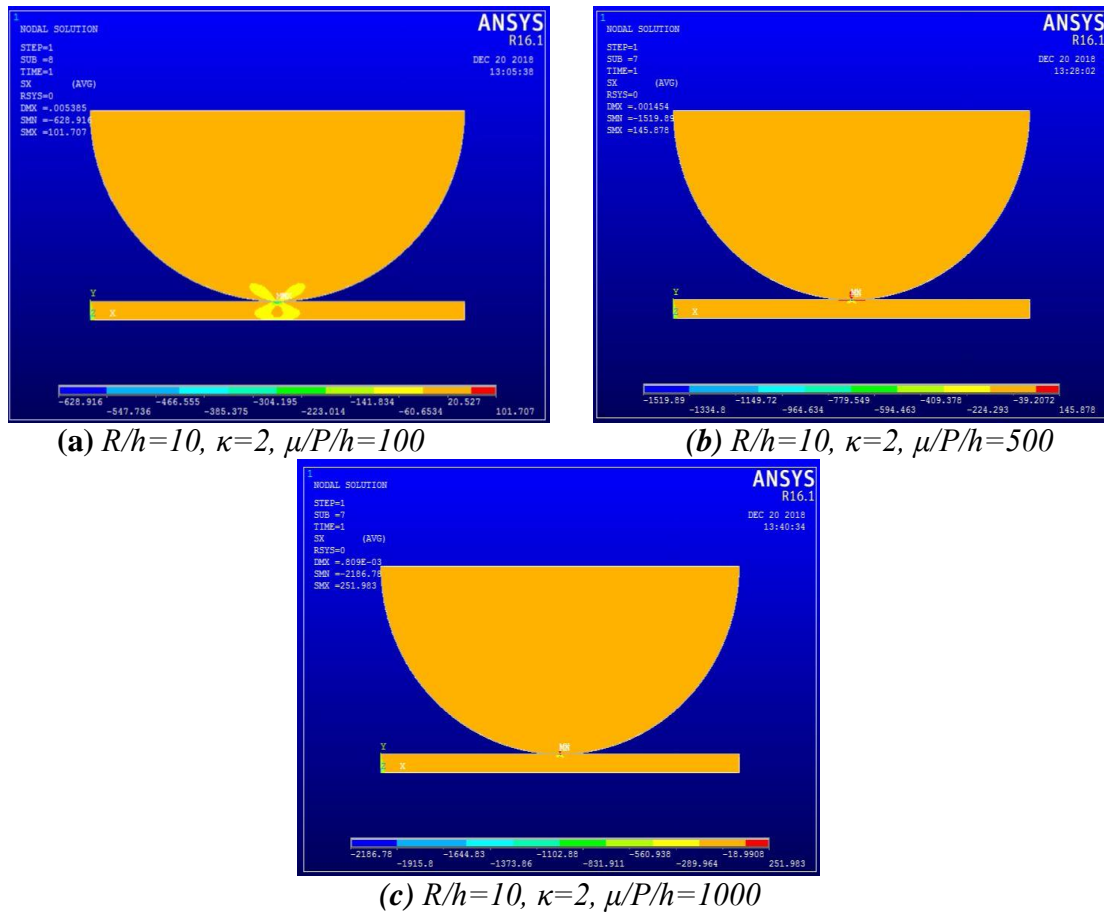


Figure 7 (a-c). $\sigma_x(0,y)/P/h$ stress distributions obtained by the FEM, depending on the change of the shear modulus

Figure 8 shows the analysis of the $\sigma_y(0,y)/P/h$ stress in relation to the shear modulus variation along the depth of the homogeneous layer. As the shear modulus values increased, the $\sigma_y(0,y)/P/h$ stress values increased under the rigid block. Figure 9(a-c) shows the dimensionless

$\sigma_y(0,y)/P/h$ stress distribution obtained from the ANSYS solution. It is observed that as the shear modulus increases, the stress extends to a larger area in both the rigid block and the homogeneous layer.

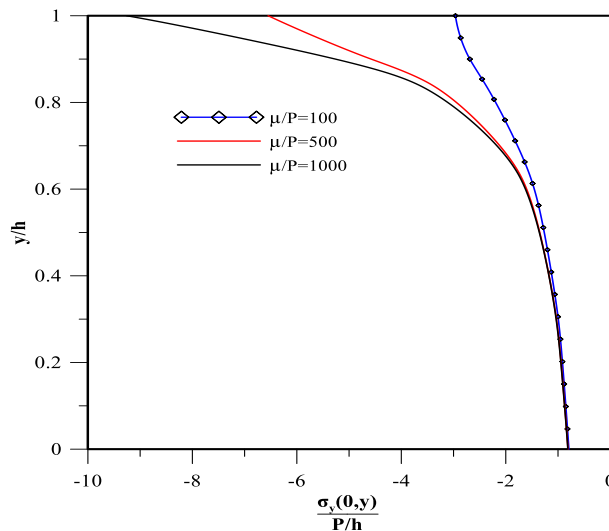


Figure 8. Analysis of the $\sigma_y(0,y)/P/h$ stress according to the variation of dimensionless load factor $\mu/P/h$ along the depth of the homogeneous layer

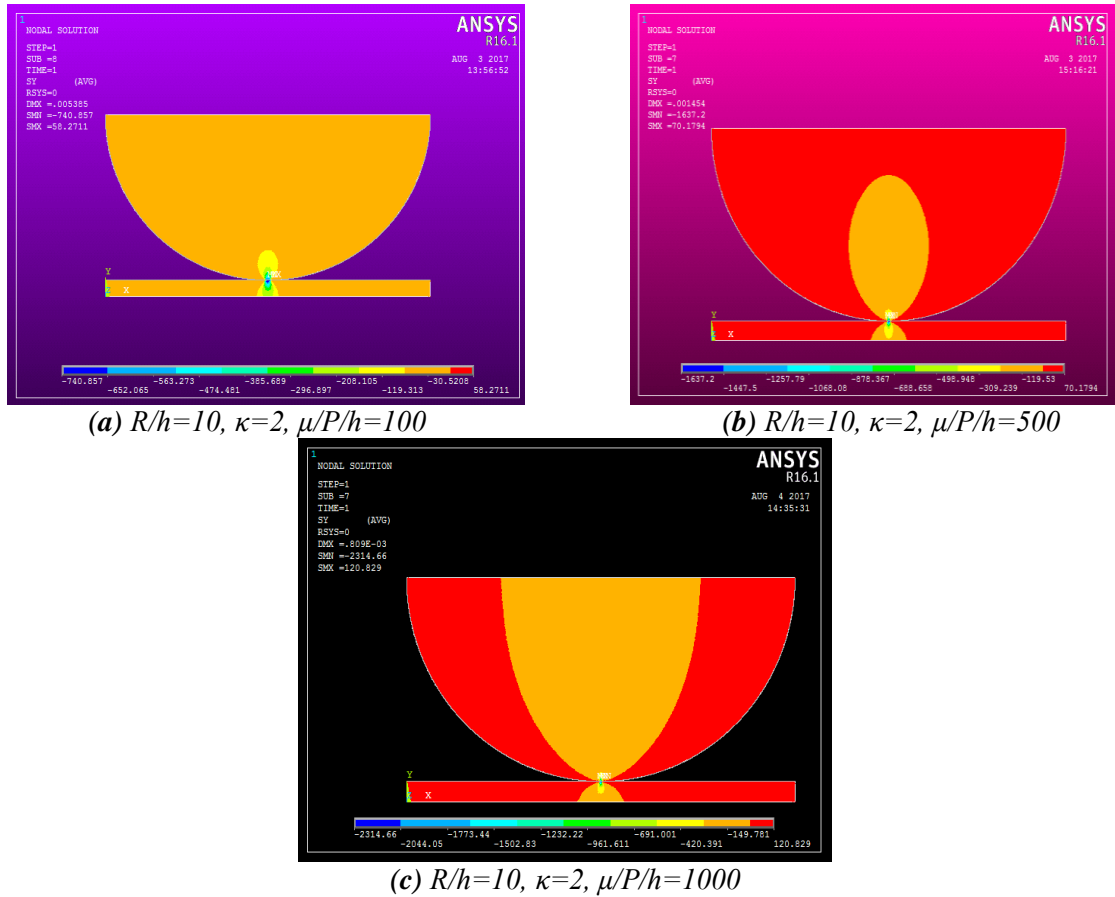


Figure 9 (a-c). $\sigma_y(0,y)/P/h$ stress distributions obtained by the FEM, depending on the change of the shear modulus

Figure (10-11) shows the analysis of the shear stress of $\tau_{xy}(1,y)/P/h$ and $\tau_{xy}(4,y)/P/h$ according to the shear modulus variation along the depth of the homogeneous layer. When the shape is examined, it is observed that the increase in shear modulus values had little effect on the

change of shear stress distributions. In Figure 12 (a-c), the dimensionless $\tau_{xy}/P/h$ stress distribution obtained from ANSYS solution is given. It is observed that as the shear modulus increases, the stress extends to a larger area in both the rigid block and the homogeneous layer.

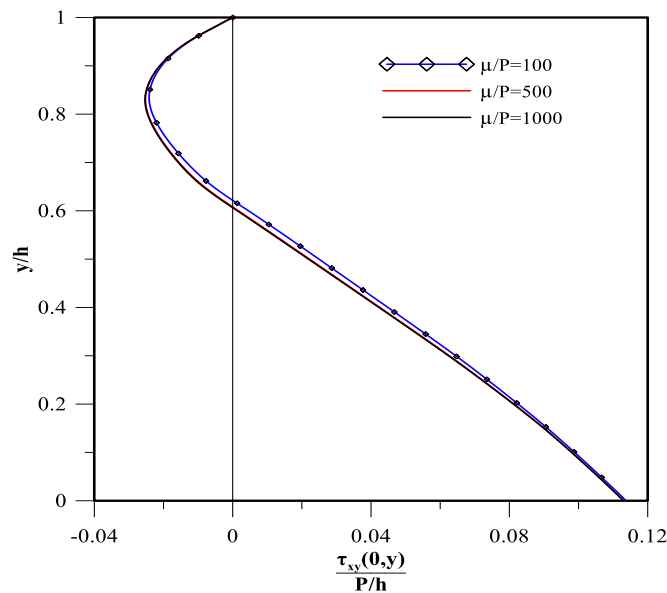


Figure 10. Analysis of the $\tau_{xy}(1,y)/P/h$ shear stress over the depth of the homogeneous layer versus the dimensionless load factor (μ/P)

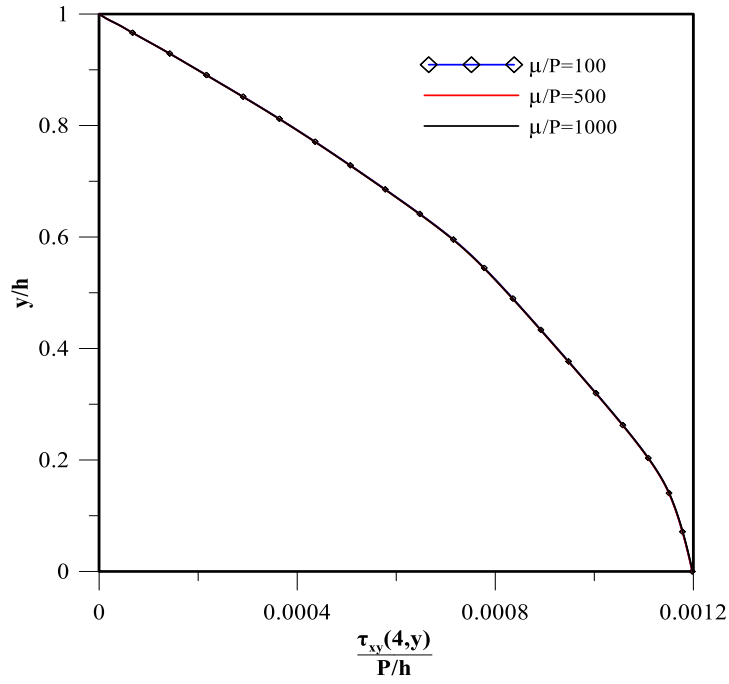
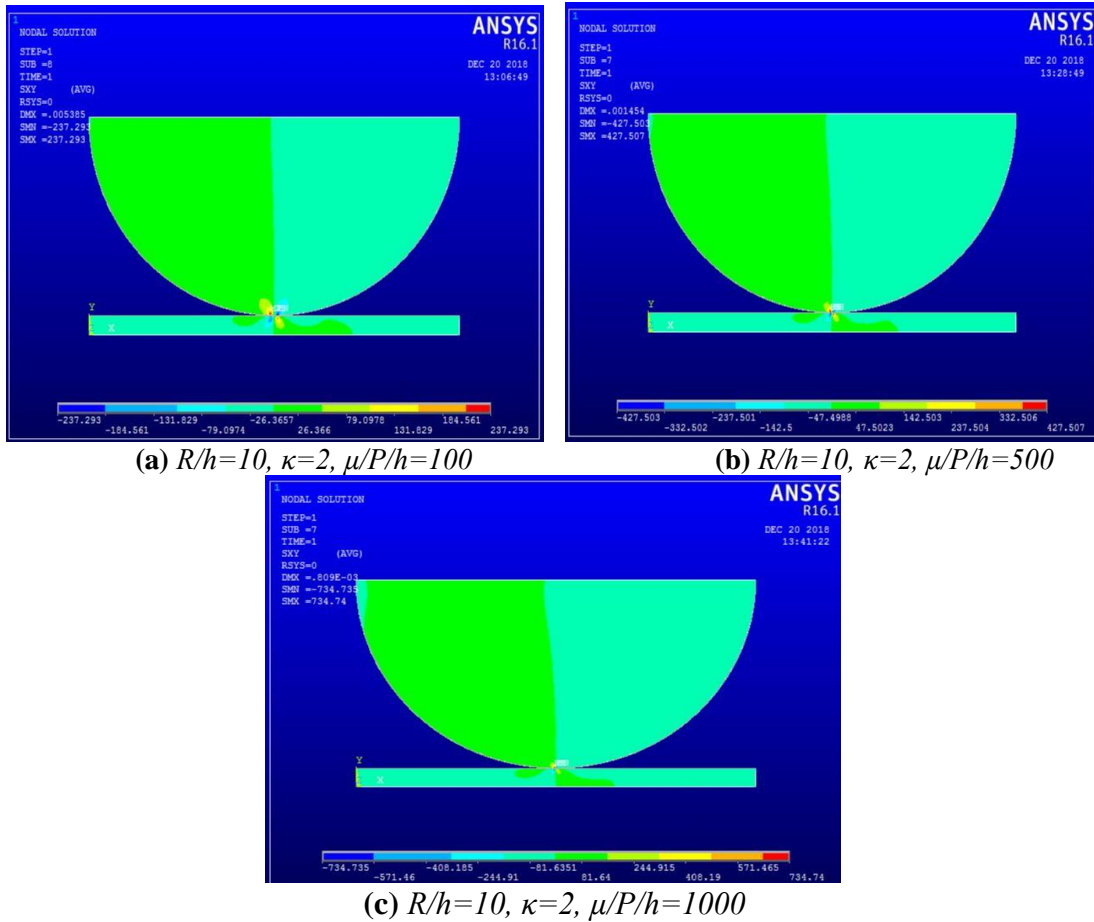


Figure 11. Analysis of the $\tau_{xy}(4,y)/P/h$ shear stress over the depth of the homogeneous layer versus the dimensionless load factor (μ/P)



(a) $R/h=10, \kappa=2, \mu/P/h=100$

(b) $R/h=10, \kappa=2, \mu/P/h=500$

(c) $R/h=10, \kappa=2, \mu/P/h=1000$

Figure 12 (a-c). $\tau_{xy}(0,y)/P/h$ shear stress distributions obtained by the FEM depending on the change of the shear modulus

5. Conclusions

In this paper, the frictionless contact problem between a rigid block and elastic layer supported by the top is solved by using the FEM. The finite element model of the study is performed by using the ANSYS program. The results are compared with the analytical solution according to the change of shear modulus and the Kolosov's constant. It is seen that the results are quite compatible with each other. Also, the results of analyzes that are not performed with analytical solution can be seen in a short time with this software. According to this, stress analysis along the depth of the layer, which is also not an analytical solution, is presented in this study. As the shear modulus increased along the depth of the layer, σ_x and σ_y normal stress values under the rigid block increased. but the shear stress values τ_{xy} did not change too much.

References

- Abhilash M. N. ve Murthy H., 2014. Finite Element Analysis of 2D Elastic Contacts Involving FGMs, *International Journal for Computational Methods in Engineering Science and Mechanics*, 15, 253-257
- Adiyaman, G., Oner E., Yaylaci M. ve Birinci, A., 2016. A Receding Contact Problem between A Functionally Graded Layer and Two Homogeneous Quarter Planes, *Acta Mechanica*, 227, 1753-1766
- ANSYS, 2016, Swanson Analysis Systems Inc., Houston PA, USA.
- Birinci A., Adiyaman G., Yaylaci M. ve Öner, E., 2015. Analysis of Continuous and Discontinuous Cases of A Contact Problem Using Analytical Method and FEM, *Latin American Journal of Solids and Structures*, 12, 1771-1789
- Bora P., 2016. İki Rijit Dikdörtgen Blok İle Yüklendiği Elastik Yarı Sonsuz Düzlem Üzerine Oturan İki Elastik Tabakanın Temas Problemi, Ph.D. Thesis, Karadeniz Technical University, Trabzon, Turkey
- Bussetta A., Marceau D. ve Ponthot J.P., 2012. The Adapted Augmented Lagrangian Method: A New Method for Resolution of The Mechanical Frictional Contact Problem, *Computational Mechanics*, 49(2), 259-275
- Chan S.K. ve Tuba I.S., 1971. A Finite Element Method for Contact Problems of Solid Bodies-Part I. Theory and Validation, *International Journal of Mechanical Sciences*, 13, 615-625
- Civelek M.B. ve Erdoğan F., 1974. The Axisymmetrical Double Contact Problem for A Frictionless Elastic Layer, *International Journal of Solids and Structures*, 10(6), 639-659
- Çömez İ., 2010. Frictional Contact Problem for A Rigid Cylindrical Stamp and An Elastic Layer Resting on A Half Plane, *International Journal of Solids and Structures*, 47(7-8), 1090-1097.
- Çömez İ., 2015. Contact Problem for A Functionally Graded Layer Indented by A Moving Punch, *International Journal of Mechanical Sciences*, 100, 339-344
- Elhaskawy A. A., 1999. Effect of Friction on Subsurface Stresses in Sliding Line Contact of Multilayered Elastic Solids, *International Journal of Solid and Structures*, 36, 2903-3915
- Franke D., Düster A., Nübel V. ve Rank E., 2010. A comparison of The H-, P-, Hp- and Rp Version of The FEM for The Solution of The 2D Hertzian Contact Problem, *Computational Mechanics*, 45,513-522
- Giannakopoulos A.E. ve Pallot P., 2000. Two-Dimensional Contact Analysis of Elastic Graded Materials, *Journal of The Mechanics and Physics of Solids*, 48,1597-1631
- Kahya V., 1997. Üst Tarafından Rijit Olarak Mesnetlenmiş Elastik Bir Tabaka İle Rijit Bir Blok Arasındaki Sürtünmesiz Değme Problem, Master Thesis, Karadeniz Technical University, Trabzon, Turkey
- Kaya Y., Polat A. ve Özşahin T.Ş., 2018. Comparison of FEM Solution with Analytical Solution of Continuous and Discontinuous Contact Problem, *Sigma Journal of Engineering and Natural Sciences*, 36(4), 977-992
- Nikbakht A., Arezoodar A.F., Sadighi M., Zucchelli A. ve Lari A.F., 2013. Frictionless Elastic Contact Analysis of A Functionally Graded Vitreous Enamelled Low Carbon Steel Plate and A Rigid Spherical Indenter, *Composite Structures*, 96,484-501
- Öner E., Yaylaci M. ve Birinci A., 2015. Analytical Solution of A Contact Problem and Comparison with The Results from FEM, *Structural Engineering and Mechanics*, 54(4), 607-622
- Özşahin T.Ş., Kahya, V. ve Çakıroğlu A., O. 2007. Contact Problem for An Elastic Layered Composite Resting on Rigid Flat Supports, *International Journal of Computational and Mathematical Sciences*, 1(2), 145-159
- Polat A., Kaya Y. ve Özşahin T.Ş., 2018. Analytical Solution to Continuous Contact Problem for A Functionally Graded Layer Loaded Through

Two Dissimilar Rigid Punches, Meccanica,
53(14), 3565-3577

Layer, International Journal of Solids and
Structures, 9, 921-936

Ratwani M. ve Erdoğan F., 1973. On The Plane
Contact Problem for A Frictionless Elastic

ANSYS CODE

```

/BATCH
/COM,ANSYS RELEASE Release 16.1    BUILD
16.1  UP20150325    11:14:25
/input,menust,tmp,"
/GRA,POWER
/GST,ON
/PLO,INFO,3
/GRO,CURL,ON
/CPLANE,1
/REPLOT,RESIZE
WPSTYLE,,,,,,,,,0
!*
/NOPR
KEYW,PR_SET,1
KEYW,PR_STRUC,1
KEYW,PR_THERM,0
KEYW,PR_FLUID,0
KEYW,PR_ELMAG,0
KEYW,MAGNOD,0
KEYW,MAGEDG,0
KEYW,MAGHFE,0
KEYW,MAGELC,0
KEYW,PR_MULTI,0
/GO
!*
/COM,
/COM,Preferences for GUI filtering have been set to
display:
/COM, Structural
!*
/PREP7
BLC4,0,0,20,1
CYL4,10,11,0,0,10,-180
!*
ET,1,PLANE183
!*
KEYOPT,1,1,0
KEYOPT,1,3,2
KEYOPT,1,6,0
!*
!*
MPTEMP,,,,,,,,
MPTEMP,1,0
MPDATA,EX,1,,562500
MPDATA,PRXY,1,,0.25
MPTEMP,,,,,,,,
MPTEMP,1,0
MPDATA,EX,2,,1e10
MPDATA,PRXY,2,,0.25
/UI,MESH,OFF
CM,_Y,AREA
ASEL, , , 2
CM,_Y1,AREA
CMSEL,S,_Y
!*
CMSEL,S,_Y1
    
```

```

AATT, 2, , 1, 0,
CMSEL,S,_Y
CMDELE,_Y
CMDELE,_Y1
!*
CM,_Y,AREA
ASEL, , , 1
CM,_Y1,AREA
CMSEL,S,_Y
!*
CMSEL,S,_Y1
AATT, 1, , 1, 0,
CMSEL,S,_Y
CMDELE,_Y
CMDELE,_Y1

FLST,5,5,4,ORDE,4
FITEM,5,1
FITEM,5,-2
FITEM,5,5
FITEM,5,-7
CM,_Y,LINE
LSEL, , ,P51X
CM,_Y1,LINE
CMSEL,_,_Y
!*
LESIZE,_Y1,0.1, , , , ,1
!*
FLST,5,1,4,ORDE,1
FITEM,5,3
CM,_Y,LINE
LSEL, , ,P51X
CM,_Y1,LINE
CMSEL,_,_Y
!*
LESIZE,_Y1,0.01, , , , ,1
!*
MSHAPE,1,2D
MSHKEY,0
!*
FLST,5,2,5,ORDE,2
FITEM,5,1
FITEM,5,-2
CM,_Y,AREA
ASEL, , ,P51X
CM,_Y1,AREA
CHKMSH,'AREA'
CMSEL,S,_Y
!*
AMESH,_Y1
!*
CMDELE,_Y
CMDELE,_Y1
CMDELE,_Y2
!*
/UI,MESH,OFF
FLST,4,401,1,ORDE,4
    
```

```

FITEM,4,90462
FITEM,4,-90463
FITEM,4,91093
FITEM,4,-91491
CP,1,UY,P51X
!*
!*
/COM, CONTACT PAIR CREATION - START
CM,_NODECM,NODE
CM,_ELEMCM,ELEM
CM,_KPCM,KP
CM,_LINECM,LINE
CM,_AREACM,AREA
CM,_VOLUCM,VOLU
/GSAV,cwz,gsav,,temp
MP,MU,1,
MAT,1
MP,EMIS,1,7.88860905221e-031
R,3
REAL,3
ET,2,169
ET,3,172
R,3,,,5.0,0.01,0,
RMORE,,,1.0E20,0.0,1.0,
RMORE,0.0,0,1.0,,1.0,0.5
RMORE,0,1.0,1.0,0.0,,1.0
KEYOPT,3,3,0
KEYOPT,3,4,0
KEYOPT,3,5,3
KEYOPT,3,7,0
KEYOPT,3,8,0
KEYOPT,3,9,1
KEYOPT,3,10,2
KEYOPT,3,11,0
KEYOPT,3,12,0
KEYOPT,3,2,0
! Generate the target surface
LSEL,S,,,5
CM,_TARGET,LINE
TYPE,2
NSLL,S,1
ESLN,S,0
ESURF
CMSEL,S,_ELEMCM
! Generate the contact surface
LSEL,S,,,3
CM,_CONTACT,LINE
TYPE,3
NSLL,S,1
ESLN,S,0
ESURF
ALLSEL
ESEL,ALL
ESEL,S,TYPE,,2
ESEL,A,TYPE,,3
ESEL,R,REAL,,3

/PSYMB,ESYS,1
/PNUM,TYPE,1
/NUM,1
EPLLOT
ESEL,ALL
ESEL,S,TYPE,,2
ESEL,A,TYPE,,3
ESEL,R,REAL,,3
CMSEL,A,_NODECM
CMDEL,_NODECM
CMSEL,A,_ELEMCM
CMDEL,_ELEMCM
CMSEL,S,_KPCM
CMDEL,_KPCM
CMSEL,S,_LINECM
CMDEL,_LINECM
CMSEL,S,_AREACM
CMDEL,_AREACM
CMSEL,S,_VOLUCM
CMDEL,_VOLUCM
/GRES,cwz,gsav
CMDEL,_TARGET
CMDEL,_CONTACT
/COM, CONTACT PAIR CREATION - END
/MREP,EPLLOT
FINISH
/SOL
ANTYPE,0
NLGEOM,1
NSUBST,20,0,0
FLST,2,6,4,ORDE,4
FITEM,2,1
FITEM,2,-2
FITEM,2,4
FITEM,2,-7
!*
/GO
DL,P51X, ,UX,
FLST,2,1,4,ORDE,1
FITEM,2,1
!*
/GO
DL,P51X, ,UY,
FLST,2,1,1,ORDE,1
FITEM,2,91292
!*
/GO
F,P51X,FY,-250
CMSEL,S,_Y
!*
AMESH,_Y1
!*
CMDELE,_Y
CMDELE,_Y1
CMDELE,_Y2
!*

```

Analysis of Inland Aquaculture Sector in Çankırı Province, Problems and Solution Suggestions

Çankırı İlinin Su Ürünleri Sektör Analizi, Sorunlar ve Çözüm Önerileri

Arda ÖZEN*

Department of Forest Engineering, University of Çankırı Karatekin, Çankırı, Turkey

• Geliş tarihi / Received: 03.04.2019 • Düzeltilek geliş tarihi / Received in revised form: 28.08.2019 • Kabul tarihi / Accepted: 13.09.2019

Abstract

The aim of this study was to assess the current status of inland aquaculture in Çankırı province by using the SWOT (Strengths, Weaknesses, Opportunities, and Threats) analysis technique and to provide recommendations for making aquaculture to be more effective in the future. SWOT analysis was based on the data that was obtained from interviews with the owners of the aquaculture facilities, literature data and observations from field studies. Establishing fisheries cooperatives, subsidizing the fish production costs of fish farms, preparing province scaled management and production plans for fisheries, monitoring water resources for securing the water quality, changing consumer`s preferences are necessary for improving the Çankırı aquaculture sector. The results further showed that, Çankırı province has a high potential for the inland aquaculture sector in the future if strengths and opportunities are used effectively and internal weaknesses are improved by reducing the impact of the external threats in planning.

Anahtar kelimeler: Aquaculture, Çankırı, Fish Production, Inland Waters

Öz

Bu çalışmanın amacı, Çankırı ili su ürünleri sektörünün mevcut durumunu, GZFT analizi (Güçlü ve Zayıf Yanlar, Fırsatlar ve Tehditler) ile değerlendirmek ve gelecekte sektörü daha etkin hale getirebilmek için çözüm önerileri sunmaktır. GZFT analizi su ürünleri tesislerinin sahipleri ile yapılan görüşmelere, literatür verisine ve arazide elde edilen gözlemlere dayanmaktadır. İlde sektördeki sorunların üstesinden gelebilmek için alınabilecek tedbirler: su ürünleri kooperatifleri kurmak, balık çiftlikleri için üretim maliyetlerini azaltacak özel indirimler sağlamak, Çankırı ili genelinde balık üretim planlamaları yapmak, su kaynaklarının kalitesinin sürekli izlenmesi, halkın gıda tüketim alışkanlıklarını değiştirmek. Sonuç olarak, eğer sektörün güçlü yanları ve fırsatlar etkili kullanılabilirse ve zayıf yanlar olası tehditleri de dikkate alarak geliştirilebilir ise Çankırı ili su ürünleri sektörü gelecekte gelişmek için büyük bir potansiyele sahiptir.

Keywords: Su Ürünleri Yetiştiriciliği, Çankırı, Balık Üretimi, İç Sular

*Arda ÖZEN, ardaozen@gmail.com, Phone: (0505) 607 26 13; orcid.org/0000-0001-5315-8424

1. Introduction

Fish is one of the oldest food sources of human. While production from capture fisheries is decreasing, the contribution of fish supply from aquaculture is increasing. The most important factors for the development of aquaculture in the world are the rapid growth of the population, the need, and demand for healthy food, employment, growing export and other socioeconomic factors (Akova, 2015).

However, although the importance of aquaculture increases, the waters have been polluted and used unconsciously without complying with the legal regulations. The importance of aquaculture in seas and inland waters is increasing rapidly since the beginning of the 21st century due to the degradation of natural water resources and the beginning of fishing in open seas with various technological developments (Yüngül et al., 2012). Thus, existing water resources should be used in optimum level in order to gain the maximum yield of aquaculture production (Akbulut et al., 2009).

In line with the development of aquaculture in Turkey, aquaculture studies started in the 1990s in Çankırı province. Unfortunately, despite to the great potential of the aquaculture, the sector in Çankırı did not show any progress in recent years. In the literature there were similar studies to assess the fisheries sector in Turkey (Akça et al., 2006; Çelik et al., 2012) and different provinces such as Burdur (Gümüş et al., 2009), Antalya (Gümüş and Yılmaz, 2011), Muğla (Özdemir and Dirican, 2006) by using SWOT analysis but there has not been any similar study for Çankırı province. The aim of this study is to analyse the current status of Çankırı's aquaculture sector by using SWOT analysis and make recommendations to improve this industry in the future.

2. Materials and Methods

Çankırı is a province of Turkey, which located in the north of Central Anatolia between Kızılırmak and West Black Sea watersheds, between 40° 16' and 41° 04' northern latitudes and between 32° 34' and 34° 08' east longitudes. The neighbors of the province are Bolu in the west, Karabük in the northwest, Kastamonu in the north, Çorum in the east and Ankara and Kırıkkale in the south. The altitude of province is 723 meters and it has an

area of 7.388 km². Çankırı has 12 districts (Central district, Atkaracalar, Bayramören, Çerkeş, Eldivan, Ilgaz, Kızılırmak, Korgun, Kurşunlu, Orta, Şabanözü and Yapraklı), (Çankırı İli Çevre Durum Raporu, 2018).

The province is situated in continental climate of Central Anatolia. It has an average temperature of 11.2 °C, maximum temperature of 17.9 °C, minimum temperature of 4.8 °C, and an annual total precipitation of 403 mm. The hottest months are July and August and the coldest months are January and February. Most of the precipitation occurs in May and minimum precipitation is observed in July (Cengil and Kuşvuran, 2012).

SWOT analysis, which is used in decision-making, is a useful strategic planning technique. SWOT stands for Strengths, Weaknesses, Opportunities, and Threats (Henricks, 1999; Houben et al., 1999). SWOT analysis describes the internal and external factors which have impacts on a specific topic (Pickton and Wright, 1998).

Therefore, SWOT allows one to see the sector's strengths and weaknesses with external opportunities and threats from a broad perspective (Duarte et al., 2006; Rothaermel, 2012).

In this study, Çankırı fishery industry was analysed by the SWOT analysis technique. Literature, statistical and field data were also used along with data from the SWOT analysis. Field observations were made in some manmade ponds, trout farms, and streams of Çankırı (Tatlıçay, Devrez, and Acıçay). Also, interviews were made with the owners of trout farms in the province. Locations of trout farms are shown in Figure 1. Using the results of SWOT, the current status of the sector was determined, and recommendations were done to increase the potential of the sector.

3. Results

Çankırı is rich in natural water resources. 6036 hectares is covered by water in Çankırı (DSİ, 2018). List of rivers and manmade ponds are given in Table 1 and Table 2, respectively. All manmade ponds are used for irrigation purposes. Alpsarı and Eldivan Karadere ponds are also used for recreation activities

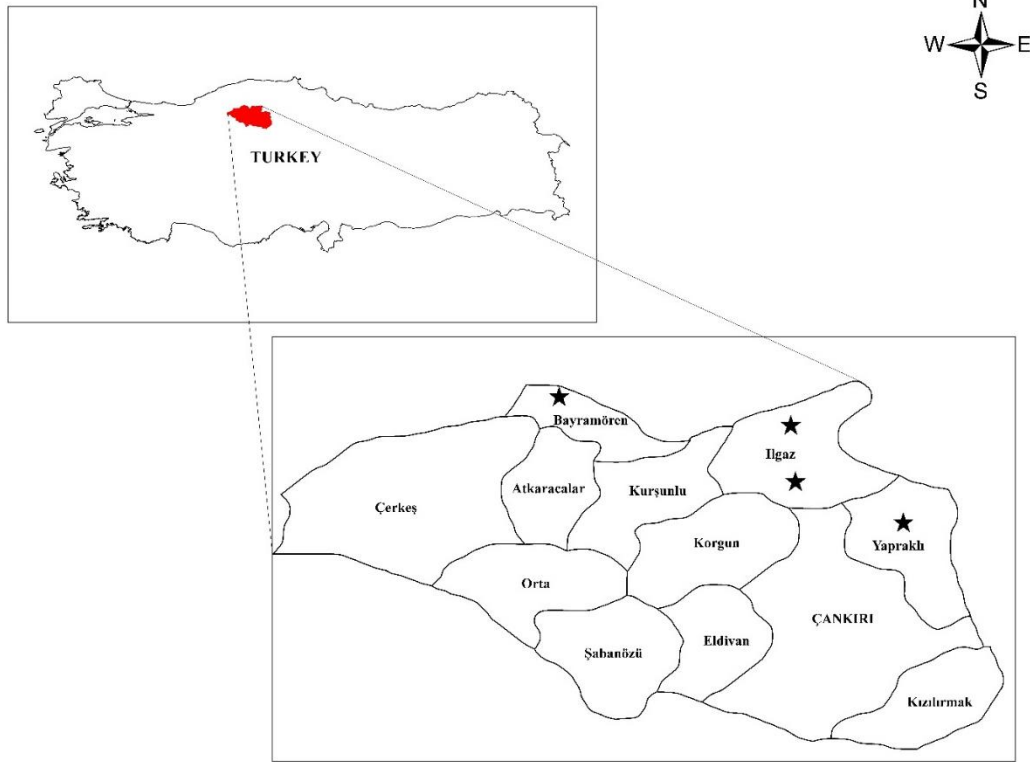


Figure 1. Locations of trout farms in Çankırı (marked with stars).

Table 1. Rivers of Çankırı province (DSİ, 2018)

Creek name	Total Length (km)	Length within provincial borders (km)	Flow (m ³ /sn)	Tributary of
Kızılırmak	1335	41	85	Kızılırmak
Acıçay	113	113	3.4	Kızılırmak
Devrez	160	85	8,9	Kızılırmak
Ulus	52	52	1.5	Gerede
Terme	37.8	37	2.9	Acıçay
Gerede +Melen	89.6	89.6	17.3	-

Table 2. Some properties of manmade ponds in Çankırı Province (DSİ, 2018)

Name of the pond	Pond area (ha)	Pond volume (m ³)
Eldivan Sarayköy 1	5.0	332000
Eldivan Karadere	3.7	400000
Eldivan Sarayköy 2	4.8	544000
Eldivan Seydiköy	8.1	688000
Şabanözü	9.2	885000
Şabanözü Karaören	13.0	908000
Şabanözü Mart	3.9	535000
Şabanözü Ödek	4.0	236000
Yapraklı	2.8	279000
Korgun Maruf	10.0	871000
Kurşunlu Demirciören	2.0	119000
Orta Dumanlı	4.0	885000
Kurşunlu Taşkaracalar	6.8	308000
Alanpınar	12.0	1726000
Yukarıöz	12.0	1955449
Alpsarı	34.0	2291340
Karacaözü	6.0	500000
Yakalı	7.0	210000
Ekinne	14.0	1865000
Yukarıöz	20.0	1955000

Natural lakes in Çankırı are small and temporary lakes. Most of them are saline and doline lakes. In Çankırı, there are 15 lakes namely Kamış, Hacılar, Uzun, Bozkara, Yayla, Hasır, Kürt, Pazar, Büyük, Dipsiz, Çöp, Bakkal, Gül, Suluk and Kadıgil (Çankırı İli Çevre Durum Raporu, 2018). Lake Bakkal ,a doline lake, has been declared as a

wetland area of local importance since 2017 (Çankırı İli Çevre Durum Raporu, 2018). These lakes are not proper for fishing activities and aquaculture production. The contribution of Çankırı to inland fisheries production is very low (Table 3).

Table 3. Inland fisheries production in Turkey and Çankırı between 2000 and 2017 years (TÜİK, 2018).

Year	Chub (tone/year)		Common carp (tone/year)	
	Turkey	Çankırı	Turkey	Çankırı
2000	698	2	14137	305
2001	710	2	12265	297
2002	659	2	12965	299
2003	738	3	13820	310
2004	820	2	13451	283
2005	830	2	13718	283
2006	948	2	12116	241
2007	927	1	12286	237
2008	1023	1	11625	221
2009	970	1	10964	126
2010	1512	1	12058	131
2011	1325.3	1	9998.1	95
2012	1138	1	9973	100
2013	1094.4	1.5	8276.6	70
2014	1192	2	8036	73
2015	1161	1	7223	65
2016	1136	1	4736	40
2017	1424	1	3543	25

Interviews were made with the trout farmers in 2017 to determine problems of the sector (Table 4). All the trout farms were family companies and not managed by professionals. All of them were working at full capacity except the Çayır trout farm. Total production was 35 ton/year in Çankırı.

High fish production cost, problems of marketing and lack of technical staff were the main common problems of the trout farms. They also complain about the inadequacy of governmental financial supports and inadequate access to available financial supports.

Table 4. Problems and capacity of trout farms in Çankırı (2017)

	Çayır Trout Farm (İlgaz)	Hayta Trout Farm (Bayramören)	Ehli Keyf Trout Farm (Yapraklı)	Erkocalar Trout Farm (İlgaz)
Capacity (Ton/year)	25	20	5	5
Production (Ton/year)	5	20	5	5
Pond type	Concrete	Concrete	Concrete	Concrete
Water resource	Creek water	Spring water	Spring water	Creek water
Extrude feed consumption	+	+	+	+
Number of Employee	4	5	10	5
Trout farms management types by	Private Property	Private Company	Private Property	Private Property

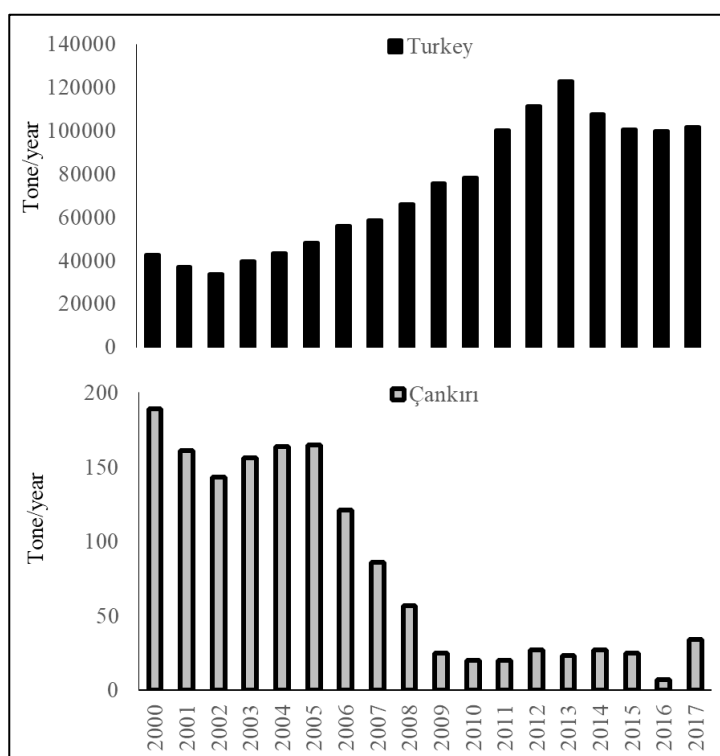
Table 4. continued

	Çayır Trout Farm (Ilgaz)	Hayta Trout Farm (Bayramören)	Ehli Keyf Trout Farm (Yapraklı)	Erkocalar Trout Farm (Ilgaz)
Road type to the farms	Asphalt	Stabilized	Asphalt	Stabilized
Trout farms according to financial resources	Own resources	Own resources and credit	Own resources and incentive	Own resources
Type of trout facilities	Production with hatcheries	Production with hatcheries	Production	Production with hatcheries
Lack of Technical staff	+	+	+	+
High Production Cost	+	+	+	+
Marketing problem	+	+	+	+
Lack of knowledge about governmental financial support.	+	-	-	+

Although the increased amount of Trout produced by aquaculture in Turkey was increased from 2000 to 2017, there was a decreasing trend in Çankırı between 2000 and 2017 (Figure 2), which may be attributed to the following points:

- Decreased market shares due to the increased trout facilities in the neighbouring provinces

- Decrease in Regional Investment Incentives in Aquaculture Production and increase in investment for beekeeping and cattle breeding
- Increased in production costs
- Bankrupt of the trout farm facility in Bayramören in 2013 and 2016 and interruption of production for a while (20000 ton/per year).



◀ **Figure 2.** Comparison of the amount of the trout produced by aquaculture in Turkey and Çankırı between 2000 and 2017 years (TÜİK, 2018)

Ilgaz and Yapraklı districts and Tatlıçay and Devrez tributaries were most suitable for trout farming according to the field observations. Location of present trout farms was chosen properly. Manmade lakes were suitable for sports fishing and potential for leisure and have potential tourism activities, especially those located in Eldivan, Korgun and Yapraklı districts.

Manmade lakes in Şabanözü district were not suitable for trout farming since their catchment surrounded by agricultural areas. Manmade lakes that were surrounded by forest were also proper for trout farming in Eldivan district. Results of The SWOT analysis Çankırı aquaculture sector were given in Table 5.

Table 5. Results of The SWOT analysis Çankırı aquaculture sector

	Positive	Negative
	<u>Strengths</u>	<u>Weaknesses</u>
	<ul style="list-style-type: none"> • Rich in clear inland water resources for aquaculture • Low transport costs to main metropolitan cities • Having advanced transportation networks (highway and railway) • Continuing the construction of new ponds and dams (13 ponds and 1 dam are under construction) • High leisure and tourism potential especially for sport fishing • The sector is still in its infancy and is still open to the development 	<ul style="list-style-type: none"> • Fish consumption of local people and fish market are still inadequate in the province • Unqualified employees and workers in the sector • Lack of technical staff and technical support • Lack of product marketing to near cities. • Full capacity production not possible due to the low marketing and promotion • The lack of aquaculture farming cooperatives • The lack of professional management of trout farms. non-professional family farming • The lack of comprehensive studies on the potentials of water resources on the aquaculture fisheries • The inability to utilize full capacity from existing water resources • Inadequate monitoring and data deficiencies of water resources • The prejudices of local consumers about on the culture trout that it will be less flavourful and healthy. • Aquaculture is not being defined as a professional sector in the province.
External	<u>Opportunities</u>	<u>Threats</u>
	<ul style="list-style-type: none"> • Availability of some economic incentives and supports from Government • Rural development investment programs • EU agriculture and rural development support assistance agency • National Investment Incentives for Aquaculture Production • Agricultural credit cooperatives • Increasing fishing demand with increasing population in Turkey 	<ul style="list-style-type: none"> • High fish bait price • The monopoly of fish bait company • Low-quality fish bait • High fish production cost • Instability in exchange rates • Water quality degradation in drought periods

4. Discussion

Aquaculture sector has a great potential to grow and still needs to be improved in Turkey (Çelik et al. 2012). The contribution of inland aquaculture production to the total fish production was increased from 1.1 % in 1990 to 16.5 % in 2017 (TÜİK, 2018), while trout production trend in Çankırı showed a decreasing trend in the same period. The main weaknesses of the sector were inadequate management of trout farming, lack of qualified staff and marketing related problems.

Marketing problems mainly arisen from low fish consumption in the city as well as in Turkey (Çelik et al., 2012). The trout consumption is relatively low in Çankırı due to preconceptions on the quality and healthiness of cultured trout and deficiencies in local fish marketing despite fish (trout) have a price advantage over red and white meat. Changing consumer's food preferences or reducing the biased thoughts on fish food will increase the fish consumption in the city. For example, even a half kg increase in per capita consumption of trout in the city will create an additional demand of 90 tons, which is threefold of current production. To increase fish consumption in the province:

- *The importance of fish consumption for human health should be advertised in public areas such as in schools and government offices to increase public awareness on fish consumption.
- *More fish sale points should be open in the province.
- * Fish meat consumption should be encouraged instead of red meat consumption by doctors and dietitians
- * Through sportive fishing, people should be encouraged to fish consumption.

High fish production cost (high fish bait, the monopoly of fish bait companies), low-quality fish baits were the main threats of fish production in the region. High bait prices are one of the leading financial and technical problems experienced by producers in both Çankırı and other regions of Turkey (Özdemir and Dirican, 2006). There is no fisheries cooperative in the city, which can be an effective instrument for solving marketing and high production. Members of a cooperative can increase product quality, bargaining & purchase power, market access, and ultimately profitability. Cooperatives can offer members education and training to improve productivity, as well as on how to improve product quality. Cooperatives can organize the

marketing issues (process, store, advertise, and sell its members' product). Members of a cooperative can gain access to new markets by pooling catch, can guarantee buyers they will have the needed volume of product. They can also organize purchasing issues (reducing costs of goods, supplies, and services by pooling their members' orders to improve their negotiating position with suppliers, buying cheaper fish baits, gear, and other necessities). Cooperatives can reduce each member's financial risk such as bankrupts of their members. Lack of qualified employees and workers in the sector was also the other weakness of the sector in Çankırı as well as in Turkey (Çelik et al., 2012).

Although having rich water resources was an opportunity for the province, there was not any study on production capacity of these resources. The SWOT results suggested that monitoring studies must be implemented for the evaluation of Water Quality of man-made lakes and Carrying Capacity for Trout Culture must be estimated according to these results. Production capacity might be improved by doing these studies. Constructing new plants in net cages built in ponds also might increase the trout production of Çankırı like in Gümüşhane (Aydın, 2014). Places, where cages will be placed in ponds, should be determined by scientific methods.

Specific steps should be taken to solve all these problems. The following measured may be taken in this regard: establishing fisheries cooperatives, subsidizing production costs of fish farms, planning of fisheries management and production plans at regional scale, implementing water resources monitoring studies, changing consumer food preferences.

To sum up, SWOT analysis of Çankırı revealed that the problems in the sector were very similar to that of Turkey such as insufficient qualified employees in sector, marketing problems and financial difficulties (Çelik et al., 2012). However, environmental pollution is not a potential threat in Çankırı in contrast to in Turkey. Most of the water resources in the province are in a good water quality due to low industrial activities. The recommendations of this study for aquaculture sector of Çankırı might be also applied in other provinces which have the similar problems and threats with Çankırı. In conclusion, Çankırı will have a great potential to improve the aquaculture and sport fishing sectors in the future if the external opportunities are used with strengths and

internal weaknesses are improved by considering the disadvantages of external threats.

Acknowledgments

The first version of this study was presented as an oral presentation at “International Limnofish Symposium” between 4-6 October 2017 in Isparta, Eğirdir, TURKEY and it has been expanded into manuscript form with updated data.

References

- Akbulut, B., Kurtoğlu, I.Z., Üstündağ, E. and Aksungur, M., 2009. Historical development and future projection of fish culture in Black Sea Region. *Journal of FisheriesSciences.com*, 3 (2), 76-85.
- Akca, H., Kayim, M., and Sayili, M., 2006, Swot Analysis of Fishery Sector in Turkey, *Journal of Applied Sciences*, 6(8), 1863-1867.
- Akova, B.S., 2015. Aquaculture and Its Distribution in Turkey. *Journal of Aquaculture Engineering and Fisheries Research*, 1 (4), 160-190.
- Aydın, H., 2014. Gümüşhane İli Su Kaynakları ve Su Ürünleri Sektörünün Mevcut Durumu. *Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 4 (2), 176-182.
- Cengil, B., Kuşvuran, Ş., 2012. Sürdürülebilir tarım açısından Çankırı ikliminin değerlendirilmesi. *Tarım Bilimleri Araştırma Dergisi* 5(1), 166-169.
- Çankırı İli Çevre Durum Raporu, 2018. Çankırı Valiliği. İl Çevre ve Şehircilik Müdürlüğü. 143s.
- Çelik, A., Metin, I. and Çelik, M., 2012. Taking a Photo of Turkish Fishery Sector: A Swot Analysis, *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 58, 1515-1524.
- DSİ (Devlet Su İşleri), 2018. 5. Bölge Müdürlüğü, 52. Şube Müdürlüğü, <http://bolge05.dsi.gov.tr/isletmedeki tesisler>
- Duarte, C., Etkin, L.P., Helms, M.M. and Anderson, M.S., 2006. The challenge of Venezuela: a SWOT analysis, *Competitiveness Review*, 16 (3/4), 233-247.
- Gümüş, E., Gülle, İ., and Yüksel, O., 2009. Aquaculture in Burdur Province and its potential. *E.U. Journal of Fisheries & Aquatic Sciences*, 26: 281-286.
- Gümüş, E., and Yılmaz, S. 2011. Marketing and Aquaculture Sector in Antalya Province. *The Journal of Graduate School of Natural and Applied Sciences of Mehmet Akif Ersoy University*, 3: 15-31.
- Henricks, M., 1999. Strength, weakness opportunity threat analysis. *Entrepreneur*, 27, 72-72.
- Houben, G., Lenie, K. and Vanhoof, K., 1999. A knowledge-based SWOT analysis as an instrument for strategic planning in small and medium-sized enterprises. *Decision Support Systems*, 26, 125-135.
- Özdemir, N. and S. Dirican, 2006. Muğla İlinde Kültür Balıkçılığı ve Sorunları. *Ege Üniversitesi Su Ürünleri Dergisi*, 23(1/2), 283-286.
- Pickton, D.W. and Wright, S. 1998. What's SWOT in the strategic analysis? *Strategic Change*, 7, 101-109.
- Rothaermel, F.T., 2012. *Strategic Management: Concepts and Cases*: London, McGraw-Hill Education-Europe, 960p.
- TÜİK (Türkiye İstatistik Kurumu), 2018. Su Ürünleri İstatistikleri, http://tuik.gov.tr/PreTablo.do?alt_id=1005
- Yüngül, M., Harlıoğlu A.G. and Bağcı, E., 2012. Elazığ'da Su Ürünleri Sektörünün Günümüzdeki Durumu. *Türk Bilimsel Derlemeler Dergisi*, 5(1), 91-94.

Doğu Anadolu Projesi Bölge Kalkınma İdaresinde Yer Alan Organize Sanayi Bölgelerinin Etkinlik Değerlendirmesi

Efficiency Evaluation of Organized Industrial Zones in East Anatolian Project Regional Development Administration

Mehtap DURSUN*

Galatasaray Üniversitesi, Mühendislik ve Teknoloji Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, İstanbul, Türkiye

• Geliş tarihi / Received: 30.11.2017 • Düzeltilerek geliş tarihi / Received in revised form: 27.05.2019 • Kabul tarihi / Accepted: 13.09.2019

Öz

Organize sanayi bölgeleri (OSB), sanayinin uygun alanlarda yapılandırılması, çevre sorunlarının önlenmesi ve kaynakların etkin kullanımı için planlı sanayileşme ve planlı kentleşme sağlamak amacıyla kurulan üretim alanlarıdır. OSB'ler, 1960'lardan beri Türk hükümeti tarafından kurulmaya ve desteklenmeye başlanmıştır. Günümüzde Türkiye'nin tüm şehirlerinde (Artvin hariç) bir veya daha fazla OSB bulunmaktadır. Bu OSB'lerin düşük doluluk oranları, OSB'lerin etkin çalışıp çalışmadığı sorusunu gündeme getirmektedir. Bu çalışma, Doğu Anadolu Projesi Bölge Kalkınma İdaresinde yer alan OSB'lerin etkinliklerini, karar verme birimlerinin göreceli etkinliklerini ölçmek için güçlü bir yöntem olan veri zarflama analizi (VZA) temelli modeller kullanarak değerlendirmeyi amaçlamaktadır.

Anahtar kelimeler: Çok ölçütlü karar verme, Karar destek sistemleri, Organize sanayi bölgeleri, Performans değerlendirme, VZA temelli modeller

Abstract

Organized industrial zones (OIZs) are the production areas of goods and services that are established to provide planned industrialization and planned urbanization by structuring the industry in suitable areas, to prevent environmental problems and to provide efficient use of resources. Organized Industrial Zones (OIZs) have been established in 1960s for planned industrialization and planned urbanization. Recently, there are one or more OIZs in all cities of Turkey (except Artvin). The low occupancy rates of these OIZs make the question of whether the OIZs work efficiently. This study aims to evaluate the efficiencies of OIZs in East Anatolian Project Regional Development Administration by using data envelopment analysis (DEA) based decision models, which are powerful methods to measure the relative efficiencies of decision making units.

Keywords: Multi-criteria decision-making, Decision support systems, Organized industrial zones, Performance evaluation, DEA based decision model

*Mehtap DURSUN; mdursun@gsu.edu.tr; Tel: (0505) 507 10 49; orcid.org/0000-0002-7684-0319

1. Giriş

Türkiye’de sanayileşme çabaları Cumhuriyetin kurulması ile birlikte artış göstermeye başlamış ve yeni kazanılan siyasi bağımsızlığın ve ekonomik kalkınmanın temeli olarak görülmüştür. Cumhuriyetin ilk yıllarında sanayileşme özel sektör girişimlerine bırakılmış ancak finansal güç ve tecrübe eksikliği gibi sebeplerle özel sektör bu görevi yeterince yerine getirememiş, devlet desteğine ihtiyaç duyulmuştur. Sanayileşme çabalarını takiben sanayileşme altyapı çalışmaları 1931’de oluşturulan “I. Beş Yıllık Kalkınma Planı” ile başlamıştır. 1960’da başlayan planlı kalkınma döneminde ise lokomotif sektör olarak görülmeye başlanan sanayiye yönelik hedefler artırılmıştır (URL 1, 2016).

1960’lı yıllarda planlı sanayileşme ve planlı kentleşmenin sağlanması amacıyla devlet tarafından Organize Sanayi Bölgeleri (OSB) ve Küçük Sanayi Siteleri kurulmaya başlanmış ve özellikle organize sanayi bölgelerinde yer alan yatırımcılara güçlü destek ve teşvikler sunulmuştur (Cansız, 2010).

Organize Sanayi Bölgeleri;

- Sanayinin uygun alanlarda yapılandırılması, çevre sorunlarının önlenmesi, kaynakların verimli kullanılması ile planlı sanayileşme ve planlı kentleşmeyi sağlamak üzere kurulan,
- Gerekli idari, sosyal ve teknik altyapı alanları ile küçük imalat, tamir, ticaret, eğitim ve sağlık alanları, teknoloji geliştirme bölgeleri ile donatılan,
- 4562 Sayılı Organize Sanayi Bölgeleri Kanunu’na göre işletilen mal ve hizmet üretim bölgeleridir (URL-2, 2016).

Türkiye’deki tüm OSB’lerin izleme ve değerlendirme çalışmaları Bilim, Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı tarafından yapılmaktadır. Bilim, Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı’nın 01.03.2017 tarihli verilerine göre toplamda 297 adet OSB’de 49.877 sanayi parselinde üretime geçilmiştir ve 1.658.835 kişiye istihdam sağlanmaktadır. Ancak mevcut OSB’lerde üretimdeki parseller dışında boş parseller de bulunmaktadır ve bazı OSB’lerde boş parsel oranı oldukça yüksektir.

Türkiye’deki OSB’lerin ortalama doluluk oranı (Tahsis Edilen Parsel Sayısı/Toplam Parsel Sayısı) %68’dir ve yüksek bir oran olduğu söylenemez. Diğer bir gösterge olan üretimdeki parsel oranına (Üretime Geçilmiş Parsel Sayısı/Toplam Parsel Sayısı) bakıldığında ise %43

olduğu görülmektedir ve daha düşük bir orandır. Bu oranlar göz önünde bulundurulduğunda OSB’lerin istenen etkinlik düzeyine ulaşip ulaşmadığı sorgulanması gereken bir konudur. Bölgesel farklılıklardan kaynaklanan etkileri en aza indirmek için etkinlik analizinin bölgesel bazda yapılması elde edilen sonuçların güvenilirliğini arttırmaktadır. Bu bağlamda, bu çalışmada Doğu Anadolu Projesi Bölge Kalkınma İdaresinde yer alan OSB’lerin karşılaştırmalı etkinlikleri değerlendirilecektir. Homojen birimlerin göreceli etkinliğini elde etmek için birimlerin ortak girdi ve çıktılarını kullanan veri zarflama analizi (VZA) temelli yaklaşımlar kullanılarak OSB’ler için etkinlik analizi yapılacak ve elde edilen sonuçlar irdelenecektir. VZA girdi ve çıktı ölçütlerinin aynı ölçüm birimlerinde olmalarını gerektirmez ve girdi ve çıktı ölçütleri için önceden belirlenmiş ağırlıklara ihtiyaç duymaz. Bu sebeple etkinlik değerlendirmede yaygın olarak kullanılan bir yöntemdir.

Çalışmanın 2. Bölümünde sanayi bölgeleri ve sanayi bölgelerinde faaliyet gösteren firmalarının etkinliğine dair yapılmış VZA çalışmalarından bahsedilmektedir. Bölüm 3’te VZA ve VZA temelli modeller açıklanmaktadır. Doğu Anadolu Projesi Bölge Kalkınma İdaresinde yer alan OSB’lerin etkinlik analizi Bölüm 4’te gösterilmekte ve son olarak çalışmanın sonuçları Bölüm 5’te paylaşılmaktadır.

2. Literatür Araştırması

Bir kurumun/kuruluşun ya da bir birimin etkinliği değerlendirilirken birçok ölçüt aynı anda ele alınmaktadır. Veri Zarflama Analizi (VZA) karar verme birimlerinin göreceli etkinliğini ölçmek için birimlerin ortak girdi ve çıktılarını ölçüt olarak kullanan bir matematiksel programlama yöntemidir. Çalışmanın bu bölümünde sanayi bölgeleri ve sanayi bölgelerinde faaliyet gösteren firmalarının etkinliğine dair yapılmış VZA çalışmalarından bahsedilmektedir.

Hu vd. (2010) bilim ve teknoloji sanayi parklarının (BTSP) performanslarını değerlendirmek amacıyla Fried vd. (1999) tarafından önerilen dört aşamalı VZA metodunu kullanmıştır. Çalışma için Çin’de yer alan BTSP’lerin 2004-2006 yılları arası verileri göz önünde bulundurulmuştur. BTSP’lerin etkinliklerinin sağlıklı bir şekilde ölçülebilmesi için girdi ve çıktı değişkenlerinin değerlendirildiği dört aşamalı VZA dışında çevresel faktörlerin değerlendirilmesi de çalışmaya dahil edilmiştir.

Yenilmez ve Girginer (2012) çıktı maksimizasyonunu amaçlayan VZA metodu uygulamasıyla Eskişehir Organize Sanayi Bölgesi'nde yer alan ihracatçı tekstil firmalarının etkinliklerini araştırmıştır. Firmaların görece etkinliğinin ölçülmesi için 5 ihracatçı firmanın 2008-2009 yılları girdi ve çıktı verileri kullanılmıştır.

Hu vd. (2009) 2004 ve 2006 yılları arasında Tayvan'daki 57 sanayi bölgesinin performansını analiz etmek için VZA yöntemini kullanmıştır. Çalışmada etkinlik değerleri karşılaştırılmış ve tüm sanayi bölgeleri bu değerlere göre sıralanmıştır.

Khodakarami vd. (2014) kademeli etkinlik iyileştirme VZA modeli geliştirmiş ve modeli 31 İran sanayi bölgesi verisine uygulamıştır. Bu çalışmada sanayi bölgelerinin sürdürülebilirlikleri analiz edilmeye çalışılmıştır. Çevresel performans öncü ve diğer sanayi bölgelerini belirlemek için kullanılmış ve etkinliği düşük olanlar öncülerin etkinliğine kademeli olarak yaklaştırılmaya çalışılmıştır.

Izadikhah ve Saen (2015) tüm etkin karar verme birimlerinin sıralanmasını sağlayacak olan yeni bir VZA modeli önermiştir. Geliştirilen yeni model İran'daki 17 sanayi parkına uygulanmıştır.

Liu vd. (2015) Çin'deki eko-sanayi parklarının çevresel performansını analiz etmek için VZA temelli bir ağırlıklılandırma yaklaşımını kullanmıştır. Önerilen yaklaşım Çin'deki 34 eko-sanayi bölgesinin 2007-2010 yılları verisine uygulanmıştır.

Chen vd. (2017) Çin'in Yangtze Nehri Ekonomik Bölgesinde yer alan 131 ülkenin çevresel etkinliğini süper etkin VZA modeli kullanarak değerlendirmiştir.

Fan vd. (2017) Çin'de yer alan 40 endüstriyel parkın çevresel etkinliğini VZA modelini kullanarak belirlemiştir.

3. Veri Zarflama Analizi Temelli Modeller

Charnes vd. (1978) tarafından geliştirilen veri zarflama analizi, homojen birimlerin karşılaştırmalı etkinliklerini elde etmek için ortak girdi ve çıktıları ölçüt olarak kullanan matematiksel bir programlama modelidir. Etkinlikleri değerlendirilen homojen birimler genellikle karar verme birimleri (KVB) olarak adlandırılır.

VZA, girdi ve çıktı değerlerini kullanarak etkinlik sınırları oluşturmaktadır. Bir KVB sınırlardan birinin üzerinde ise etkin, sınırların içindeyse etkin değildir. VZA, ağırlıklı çıktılarının toplamının ağırlıklı girdilerin toplamına oranını, etkinlik sınırının ötesinde herhangi bir KVB'nin etkin olamayacağı kısıtlaması altında maksimize etmeyi amaçlamaktadır (**Façanha ve Resende, 2004**).

Etkinlik analiz yöntemlerinin çoğu, ölçütler için aynı ölçüm birimlerine ve önceden belirlenmiş ağırlıklara ihtiyaç duymaktadır. Etkinlik analizinde bu zorlukların üstesinden gelebilen bu yöntem ilk önce kar amacı gütmeyen işletmelerin karşılaştırmalı etkinlikleri ölçmek için kullanılmış ve daha sonra kar odaklı üretim ve hizmet sektörlerinde ortak bir kullanım alanı bulmuştur (**Yolalan, 1993**).

Charnes vd. (1994) DEA'nın avantajlarını şu şekilde belirtmektedir.

- Çoklu girdiler ve çoklu çıktılar, farklı ölçüm birimlerine sahip olsalar bile değerlendirilebilir,
- Kategorik değişkenler içerebilir,
- Girdiler ve çıktılar için önceden ağırlık belirlemek gerekmez,
- Etkin olmayan KVB'leri etkin sınıra yükseltmek için değişiklikler önerilebilir,
- Pareto optimal sonuçlar üretir,
- Sonuç üretirken "merkezi eğilim" yerine "en iyiye" odaklanmaktadır.

Belirtilen avantajlardan dolayı metod sağlık, ulaşım, yazılım ve finans endüstrisi gibi pek çok alanda yaygın olarak kullanılmaktadır.

Charnes vd. (1978) tarafından önerilen, CCR modeli olarak da adlandırılan orijinal VZA modeli, her KVB için çıktının girdiye oranının bire eşit veya daha az olması koşuluyla, toplam ağırlıklı çıktının toplam ağırlıklı girdiye oranını maksimize ederek bir KVB'nin göreceli etkinliğini hesaplar. Geleneksel VZA formülasyonu aşağıdaki gibi gösterilmektedir (**Charnes vd., 1978**):

$$\max E_{j_0} = \frac{\sum_r u_r y_{rj_0}}{\sum_i v_i x_{ij_0}} \quad (1)$$

$$\frac{\sum_{r=1}^s u_r y_{rj}}{\sum_{i=1}^m v_i x_{ij}} \leq 1, \quad \forall j,$$

$$u_r, v_i \geq \varepsilon, \quad \forall r, i.$$

Gösterimde, sırasıyla, E_{j_0} E_{j_0} değerlendirilen KVB'nin etkinlik değerini, u_r r çıktısına atanan ağırlığı, v_i i girdisine atanan ağırlığı, y_{rj} y_{rj} üretilen çıktı miktarını, x_{ij} j ninci KVB tarafından tüketilen girdi miktarını ve ε küçük bir pozitif sayıyı göstermektedir.

Formülasyon (1) doğrusal ve konveks olmayan özelliklere sahiptir, ancak doğrusal programlama modeline dönüştürülebilir. Bir KVB'nin göreceli etkinliğini hesaplamak için doğrusal programlama modeli formülasyon (2)'de verilmektedir.

$$\begin{aligned} \max E_{j_0} &= \sum_r u_r y_{rj_0} \\ \sum_i v_i x_{ij_0} &= 1 \\ \sum_{r=1}^s u_r y_{rj} - \sum_{i=1}^m v_i x_{ij} &\leq 0, \quad \forall j, \\ u_r, v_i &\geq \varepsilon, \quad \forall r, i. \end{aligned} \tag{2}$$

Geleneksel VZA-CCR modelinin birçok olumlu yönü olmasına rağmen, bazı eksiklikleri de mevcuttur. Bu dezavantajların üstesinden gelmek için pek çok yeni yaklaşım önerilmiştir. Geleneksel VZA modelinin eksikliklerinden birisi, değerlendirilen KVB için yüksek etkinlik skoru üretmek için girdilere ve çıktılara gerçekçi olmayan ağırlıklar ataması ve dolayısıyla etkin KVB'lerin sayısının oldukça yüksek olabilmesidir. Minsum ve minimax etkinlik modelleri (Li ve Reeves, 1999), bu sorunun üstesinden gelmek için geliştirilen modellerdendir. Minsum etkinlik modeli, her bir KVB için etkinlikten sapmaların toplamını en aza indirmeyi amaçlamakta ve aşağıdaki gibi gösterilmektedir.

$$\begin{aligned} \min \sum_{j=1}^n d_j \\ \sum_{i=1}^m v_i x_{ij_0} &= 1, \\ \sum_{r=1}^s u_r y_{rj} - \sum_{i=1}^m v_i x_{ij} + d_j &= 0, \quad \forall j, \\ u_r, v_i, d_j &\geq 0, \quad \forall r, i, j. \end{aligned} \tag{3}$$

Bu gösterimde d_j j ninci KVB için sapma değişkenidir. KVB_0 'ın minsum etkin olması için,

etkinlikten sapmaların toplamını en aza indirgeyen çözüme tekabül eden d_0 (KVB_0 için sapma değişkeni) değerinin sıfır olması gerekmektedir. Bu, KVB_0 'ın yalnızca $d_0=0$ veya eşdeğer olarak $h_0=1$ (h_0 KVB_0 için etkinlik değeridir) olduğu durumlarda etkin olduğu anlamına gelir. KVB_0 etkin değilse etkinlik değeri $h_0=1-d_0$ olarak hesaplanır.

Minimax etkinlik modeli, etkinlikten en fazla sapmayı en aza indirmeyi amaçlamakta ve aşağıdaki gibi gösterilmektedir.

min M

$$\begin{aligned} \sum_{i=1}^m v_i x_{ij_0} &= 1, \\ \sum_{r=1}^s u_r y_{rj} - \sum_{i=1}^m v_i x_{ij} + d_j &= 0, \quad \forall j, \\ M - d_j &\geq 0, \quad \forall j, \\ u_r, v_i, d_j &\geq 0, \quad \forall r, i, j. \end{aligned} \tag{4}$$

Bu gösterimde, M etkinlikten en fazla sapmayı göstermektedir. Etkinlik değeri hesaplamaları minsum etkinlik modeli ile aynıdır.

Minimax ve minsum modellerinde KVB'ler geleneksel DEA modelindeki etkin ve etkin olmayan KVB'ler olarak sınıflandırılır ve etkin KVB'lerin sayısı azaltılmaya çalışılır, ancak genel olarak 1'e indirgenemez. Etkinlik sıralaması, etkin olmayan KVB'ler için elde edilirken, etkin olmayan KVB'ler için sıralama mümkün değildir. Dolayısıyla, modellerin ayır edici gücü düşüktür.

Bu modellerin bir diğer eksikliği de " n " kere hesaplama gerektirmesidir. Yani, veri setinde 100 KVB varsa, tüm KVB'ler için etkinlik değeri elde etmek için model 100 kez çözülmelidir.

Dahası, klasik VZA yönteminde her bir KVB için ayrı ayrı çözülen model, değerlendirilen KVB için etkinlik değerini en büyükleme için değişkenlere farklı ağırlıklar atamaktadır. Değişkenlere atanan farklı ağırlıklar ile belirlenen KVB etkinlik değerleri, elde edilen sonucun güvenilirliğini etkilemektedir ve KVB'lerin hepsini aynı temelde değerlendirmeyi güçleştirmektedir.

Bu modellerin yanısıra, değerlendirilen KVB etkinlik değerinin biden fazla çıkmasına olanak sağlayan super etkinlik modeli de etkin KVB'leri sıralamak için önerilmiştir. Bu model

Formülasyon (5)'teki gibi ifade edilebilir (Andersen ve Petersen, 1993).

$$\begin{aligned} \max \sum_{r=1}^s u_r y_{rk} \\ \sum_{i=1}^m v_i x_{ik} = 1, \\ \sum_{r=1}^s u_r y_{rj} - \sum_{i=1}^m v_i x_{ij} \leq 0, \quad \forall j, j \neq k \\ u_r, v_i \geq \varepsilon, \quad \forall r, i. \end{aligned} \quad (5)$$

Süper etkinlik modelinin dezavantajları KVB'lere düzgün olmayan ağırlıklandırma vermesi, belirli bir KVB'ye oldukça yüksek etkinlik değeri ataması ve olumlu olmayan sonuçlar belirleyerek KVB'leri sıralayamaması olarak özetlenebilir (Adler vd., 2002).

Bu eksiklikleri ortadan kaldırmak için "ortak ağırlık tabanlı VZA modeller" geliştirilmiştir. Bu modeller tüm KVB'lerin girdi ve çıktı değişkenleri için ortak ağırlık oluşturmakta ve daha az hesaplama gerektirmektedir. Sun vd. (2013) tarafından geliştirilen ortak ağırlık tabanlı VZA modeli aşağıdaki gibidir.

$$\begin{aligned} \min \sum_{j=1}^n d_j \\ \sum_{i=1}^m v_i x_{ij} - d_j = \sum_{r=1}^s u_r y_{rj}, \quad \forall j, \\ \sum_{i=1}^m v_i x_{i\min} = 1 \\ \sum_{r=1}^s u_r y_{r\max} = 1 \\ u_r, v_i \geq \varepsilon, \quad \forall r, i, \\ d_j \geq 0, \quad \forall j. \end{aligned} \quad (6)$$

Bu modelde,
 $x_{\min} = \min\{x_{ij} | j = 1, \dots, n\}$ ($i = 1, \dots, m$)

ve

$y_{\max} = \max\{y_{rj} | j = 1, \dots, n\}$ ($r = 1, \dots, s$)
 $y_{\max} = \max\{y_{rj} | j = 1, \dots, n\}$ ($r = 1, \dots, s$) olarak tanımlanmaktadır.

Formülasyon (6) ile hesaplanan optimal ağırlıklar genellikle tek olmadığı için Sun vd. (2013) aşağıda gösterilen doğrusal olmayan modeli geliştirmişlerdir.

$$\begin{aligned} \max \sum_{i=1}^m v_i^2 + \sum_{r=1}^s u_r^2 \\ \sum_{j=1}^n \left(\sum_{i=1}^m v_i x_{ij} - \sum_{r=1}^s u_r y_{rj} \right) = D^* \\ \sum_{i=1}^m v_i x_{ij} - \sum_{r=1}^s u_r y_{rj} \geq 0, \quad \forall j, \\ \sum_{i=1}^m v_i x_{i\min} = 1 \\ \sum_{r=1}^s u_r y_{r\max} = 1, \\ u_r, v_i \geq \varepsilon, \quad \forall r, i. \end{aligned} \quad (7)$$

Bu gösterimde D^* formülasyon (6)'nın optimal amaç fonksiyonu değeridir. Etkinlik değerlerini hesaplamak için, model tarafından belirlenen girdi ve çıktı ağırlıkları, ilgili girdi ve çıktı değerleri ile

çarpılır ve her KVB için $\frac{\sum_{r=1}^s u_r y_{rj}}{\sum_{i=1}^m v_i x_{ij}} = \frac{\sum_{r=1}^s u_r y_{rj}}{\sum_{i=1}^m v_i x_{ij}}$

formülasyonu kullanılır.

4. Vaka Analizi

Organize sanayi bölgeleri, firmalara toplu fırsatlar sağlayan yapılar olup sanayinin güçlenmesine katkıda bulunmayı amaçlamaktadır. Bu yapılar hükümet tarafından desteklenmekte ve yatırımcılar OSB'leri tercih etmeye teşvik edilmektedir. Bu noktada, birçok bakanlık OSB'leri, mevzuatlarında tanıdığı ayrıcalıklarla desteklemekte ve Türkiye'deki faaliyetlerini etkilemektedir. Ancak, her ilde kurulan ve devlet tarafından desteklenen OSB'lerin doluluk oranı istenilen düzeyde değildir. Bu durum, OSB'lerin etkinlik değerlendirmesi ihtiyacını ortaya çıkarmaktadır.

OSB'lerin hedeflerinden biri, bölgesel dengesizlikler yaratmaksızın geri kalmış bölgelerin teşvik edilmesi ve bu bölgelere sanayi yatırımlarının çekilmesidir. Bu nedenle, düşük gelişme seviyesine sahip bölgelerdeki OSB'lerin durumunun değerlendirilmesi önemlidir.

Bu çalışmada Doğu Anadolu Projesi Bölge Kalkınma İdaresinde yer alan OSB'lerin etkinliği VZA ve VZA temelli modeller uygulanarak analiz edilecektir. Çalışmada kullanılan veriler Bilim, Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı'nın sanayi bölgelerinden sorumlu birimi olan Endüstri Bölgeleri Genel Müdürlüğü ve Bilim, Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı'nın önemli bilgi sistemlerinden biri olan Kurumsal Bilgi Sisteminden elde edilmiştir. Bu bilgi sistemlerinde

OSB'lerle ilgili son veriler 2015 yılına aittir, bu nedenle çalışma 2015 için yapılmıştır. Çalışmada, "toplam sanayi parsel alanı" ve "toplam parsel sayısı" girdi olarak kabul edilirken "firma sayısı", "istihdam", "net satışlar" ve "İhracat hacmi" çıktı olarak ele alınmıştır. OSB'lere ilişkin girdi ve çıktı verileri Tablo 1'de verilmektedir.

Tablo 1. OSB'ler için girdi ve çıktı verileri

OSB	Toplam sanayi parsel alanı (Ha)	Toplam parsel sayısı	Firma sayısı	İstihdam	Net satışlar (TL)	İhracat hacmi (\$)
Bingöl	38.53	45	21	600	53670669	186901
Elazığ	304.10	219	114	2645	816716123	10954104
Erzincan	310.64	213	63	1430	1838069842	7465403
Erzurum-Merkez I	107.00	117	98	4177	3616575314	42515144
Iğdır	83.65	105	15	165	57472776	747874
Kars	103,79	93	52	530	499842564	21919
Malatya Merkez I	1.099.00	510	147	8850	2269074784	153413164
Malatya II	300.00	156	121	6588	1192030117	108473377
Van	85.20	137	86	1750	441521400	2914561

İlk olarak veriler doğrusal normalizasyon prosedürü kullanılarak normalize edilmiştir. Girdi verileri x_{ij}/x_i^* olarak, çıktı verileri ise y_{rj}/y_r^* şeklinde normalize edilmiştir. Bu gösterimlerde

$x_i^* = \max_j x_{ij}$, $\forall i$ ve $y_r^* = \max_j y_{rj}$, $\forall r$ olarak ifade edilmektedir. Normalize edilmiş veriler Tablo 2'de gösterilmektedir.

Tablo 2. OSB'ler için normalize edilmiş girdi ve çıktı verileri

OSB	Toplam sanayi parsel alanı (Ha)	Toplam parsel sayısı	Firma sayısı	İstihdam	Net satışlar (TL)	İhracat hacmi (\$)
Bingöl	0.035059145	0.088235294	0.142857143	0.06779661	0.014840	0.001218
Elazığ	0.276706096	0.429411765	0.775510204	0.298870056	0.225826	0.071403
Erzincan	0.282656961	0.417647059	0.428571429	0.161581921	0.508235	0.048662
Erzurum-Merkez I	0.097361237	0.229411765	0.666666667	0.471977401	1.000000	0.277128
Iğdır	0.07611465	0.205882353	0.102040816	0.018644068	0.015891	0.004875
Kars	0.0944404	0.182352941	0.353741497	0.059887006	0.138209	0.000143
Malatya-Merkez I	1	1	1	1	0.627410	1
Malatya II	0.272975432	0.305882353	0.823129252	0.74440678	0.329602	0.707067
Van	0.077525023	0.268627451	0.585034014	0.197740113	0.122083	0.018998

GAMS programlama dili kullanılarak VZA ve VZA temelli modeller çözülmüş ve Doğu

Anadolu Projesi Bölge Kalkınma İdaresinde yer alan OSB'ler için etkinlik değerleri Tablo 3'teki gibi elde edilmiştir.

alan OSB'ler için etkinlik değerleri Tablo 3'teki

Tablo 3. Doğu Anadolu Projesi Bölge Kalkınma İdaresinde yer alan OSB'ler için etkinlik değerleri

OSB	VZA-CCR modeli etkinlik değeri	VZA-CCR modeli sıralama	MinSum modeli etkinlik değeri	MinSum modeli sıralama	MiniMax modeli etkinlik değeri	MiniMax modeli sıralama	Süper etkinlik modeli etkinlik değeri	Süper etkinlik modeli sıralama	Ortak tabanlı model etkinlik değeri	ağırlık VZA etkinlik	Ortak ağırlık tabanlı VZA modeli sıralama
Bingöl	0.58642	6	0.516264	6	0.026316	8	0.586419	6	0.142857		6
Elazığ	0.621468	5	0.585227	5	0.128328	5	0.621469	5	0.159351		5
Erzincan	0.353118	8	0.333891	8	0.196626	4	0.353118	7	0.090543		7
Erzurum-Merkez I	1	1	1	1	1	1	5.959561	1	0.25641		1
Iğdır	0.189697	9	0.159246	9	0.018563	9	0.189698	9	0.043732		9
Kars	0.667542	4	0.617585	4	0.095619	6	0.667544	4	0.171165		4
Malatya-Merkez I	0.452887	7	0.380353	7	0.452888	3	0.452888	8	0.088235		8
Malatya II	1	1	1	1	1	1	1.913553	2	0.237441		2
Van	1	1	0.697687	3	0.083608	7	1.102087	3	0.192164		3

Etkinlik skorları ve sıralamalarda görüldüğü gibi, geleneksel VZA-CCR modeli, mimsum ve minimax etkinlik modellerinin sonuçlarına göre, Doğu Anadolu Projesi Bölge Kalkınma İdaresinde etkin birden fazla etkin OSB bulunmaktadır. Minimax etkinlik modeli, geleneksel VZA-CCR modeline ve minsum modeline göre elde edilen etkin OSB sayısını azaltmasına rağmen, bu sayı genel olarak bir taneye indirilememektedir. Dahası, modellerin KVB arasında ayırım yapma gücü düşüktür ve tüm etkin OSB'ler ilk sırada yer almaktadır. Öte yandan, süper etkinlik modeli ve ortak ağırlık tabanlı VZA modelinin sonuçlarına göre en etkin OSB bulunmaktadır. KVB'ler arasında ayırım gücünün yüksek olması ve değişkenler için ortak ağırlıklar kullanması nedeniyle, ortak ağırlık tabanlı VZA modelinin sonuçları referans olarak alınmaktadır. Sonuçlara göre, Doğu Anadolu Projesi Bölge Kalkınma İdaresinde yer alan en etkin 3 OSB Erzurum-Merkez I, Malatya II, Van olarak, etkinlik değeri en düşük olan 3 OSB ise Erzincan, Malatya Merkez I ve Iğdır olarak belirlenmiştir.

5. Sonuç

Endüstriyel gelişme ve dengeli bölgesel kalkınma sağlamayı, kentleşme ile sanayileşme arasındaki ilişkileri düzenleyerek çevre sorunlarını çözmeyi ve daha düşük maliyetli altyapı hizmetleri sunmayı amaçlayan OSB'ler, Türkiye'de planlı kalkınma döneminde kurulmaya başlanmıştır. Ancak, günümüzde OSB'lerin doluluk ve üretime geçiş oranlarının yeterli olmadığı görülmektedir.

Bu nedenle OSB'ler için etkinlik analizi yapılması ihtiyaç haline gelmiştir.

Literatürde var olan çalışmalar incelendiğinde OSB etkinlik analizi gerçekleştiren bir çalışmaya rastlanmamaktadır. Analizin ve elde edilen sonuçların güvenilirliğini arttırmak ve bölgesel farklılıklardan kaynaklanan etkileri en aza indirmek amacıyla OSB'lerin etkinlik analizinin bölgesel bazda yapılması gerekmektedir. Bu bağlamda, çalışmada, geleneksel VZA-CCR modeli, minsum ve minimax etkinlik modelleri ve ortak ağırlık tabanlı VZA modeli kullanılarak Doğu Anadolu Projesi Bölge Kalkınma İdaresinde yer alan OSB'ler için etkinlik analizi gerçekleştirilmiş ve elde edilen sonuçlar kıyaslanmıştır.

VZA-CCR modeline göre etkin çıkan OSB'ler Erzurum-Merkez I, Malatya II ve Van iken Minsum ve Minimax modellerine göre Erzurum-Merkez I ve Malatya II olarak belirlenmiştir. Geleneksel VZA-CCR modeli, minsum ve minimax etkinlik modelleri OSB'leri etkin ve etkin olmayan olarak iki gruba ayırmış ve tam bir sıralama belirleyememiştir. Bu modellerin sonuçlarına göre, Doğu Anadolu Projesi Bölge Kalkınma İdaresinde birden fazla etkin OSB bulunmaktadır. Bu modellerin KVB arasında ayırım yapma gücü düşüktür ve tüm etkin OSB'ler ilk sırada yer almaktadır. Bu nedenle çalışmada süper etkinlik modeli ve ortak ağırlık tabanlı VZA modeli de kullanılmış ve OSB'ler için tek bir sıralama elde edilmiştir. Buna göre, Erzurum-Merkez I, en etkin OSB olarak

belirlenmiş ve onu sırasıyla Malatya II ve Van takip etmiştir. Malatya-Merkez I ve Iğdır OSB'leri ise etkinlikleri en düşük OSB'ler olarak belirlenmiştir.

VZA, karar verme sürecinde yönetsel amaçlar için kullanılabilir önemli bilgiler sağlamaktadır. Bu çalışmada, "toplam sanayi parsel alanı" ve "toplam parsel sayısı" girdi olarak, "firma sayısı", "istihdam", "net satışlar" ve "İhracat hacmi" ise çıktı olarak ele alınmış ve Doğu Anadolu Projesi Bölge Kalkınma İdaresinde yer alan organize sanayi bölgelerinin etkinlikleri değerlendirilmiştir. Sonuçlara göre Erzurum-Merkez I, Malatya II ve Van en etkin faaliyet gösteren üç OSB olarak belirlenmiştir. Temel VZA nosyonuna göre, girdilerin en aza indirgenmesi ve aynı zamanda çıktılarının en büyüklenmesi hedeflenmektedir. Dolayısıyla, OSB'lerin verimli bir şekilde çalışması, toplam sanayi parsel alanının ve toplam parsel sayısının en aza indirilmesi ile gerçekleştirilmekte ve aynı zamanda üretimdeki firma sayısının, net satışların ve ihracat hacminin maksimize edilmesi, tüm ülkede üretim hacmini ve sürdürülebilirliğini arttırmaktadır. Öte yandan, önerilen model, "istihdam" düzeyini en üst seviyeye çıkarılacak bir çıktı olarak göz önünde bulundurarak istihdam fırsatlarını desteklemektedir. En etkin OSB'lerin verileri incelendiğinde toplam sanayi parsel alanı ve toplam parsel sayısı değerlerinin arzu edildiği gibi oldukça düşük olduğu, çıktı değerlerinin ise diğer OSB'lere göre yüksek olduğu görülmektedir. Etkinlik sıralamasında en son sırada yer alan Iğdır OSB için girdi değerleri düşük olmasına rağmen çıktı değerlerinin de oldukça düşük olması bu OSB'nin etkinlik değerinin düşük çıkmasına neden olmuştur. Malatya-Merkez I için ise çıktı değerlerinin yüksek olmasına rağmen girdi değerlerinin de oldukça yüksek olması bu OSB'nin etkin olmayan OSB'ler arasında yer almasına neden olmuştur.

Gelecek çalışmalarda, Türkiye'nin diğer coğrafi bölgelerinde kurulmuş olan OSB'ler için etkinlik analizleri gerçekleştirilebilir.

Kaynaklar

- Adler, N., Friedman, L. ve Sinuany-Stern, Z., 2002. Review of ranking methods in the data envelopment analysis context, *European Journal of Operational Research*, 140(2), 249-265.
- Andersen, P. ve Petersen, N.C., 1993. A procedure for ranking efficient units in data envelopment analysis, *Management Science*, 39, 1261-1264.
- Cansız, M., 2010, Türkiye'de Organize Sanayi Bölgeleri Politikaları ve Uygulamaları, Korza Basımevi, Ankara, 1-154s.
- Charnes, A., Cooper, W.W., Lewin, A.Y., Seiford, L.M., 1994, *Basic DEA models, Data Envelopment Analysis: Theory, Methodology, and Applications*, Springer, Netherlands, 23-47s.
- Charnes, A., Cooper, W.W. ve Rhodes, E., 1978. Measuring the efficiency of decision making units, *European Journal of Operational Research*, 2(6), 429-444.
- Chen, N., Xu, L. ve Chen, Z., 2017. Environmental efficiency analysis of the Yangtze River Economic Zone using super efficiency data envelopment analysis (SEDEA) and TOBIT models, *Energy*, 134, 659-671.
- Façanha, L.O. ve Resende, M., 2004. Price cap regulation, incentives and quality: The case of Brazilian telecommunications, *International Journal of Production Economics*, 92(2), 133-144.
- Fan, Y., Bai, B.B., Qiao, Q., Kang, P., Zhang, Y. ve Guo, J., 2017. Study on eco-efficiency of industrial parks in China based on data envelopment analysis, *Journal of Environmental Management*, 192, 107-115.
- Fried, H.O., Schmidt, S.S. ve Syaisawarng, S., 1999. Incorporating the Operating Environment into a Nonparametric Measure of Technical Efficiency, *Journal of Productivity Analysis*, 12(3), 249-267.
- Hu, J.L., Han, T.F., Yeh, F.Y. ve Lu, C.L., 2010. Efficiency of Science and Technology Industrial Parks in China, *Journal of Management Research*, 10(3), 151-166.
- Hu, J.L., Yeh, F.Y. ve Chang, I.T., 2009. Industrial park efficiency in Taiwan, *Journal of Information and Optimization Sciences*, 30(1), 63-86.
- Izadikhah, M. ve Saen, R.F., 2015. A new data envelopment analysis method for ranking decision making units: An application in industrial parks, *Expert Systems*, 32(5), 596-608.
- Khodakarami, M., Shabani, A. ve Saen, R.F., 2014. A new look at measuring sustainability of industrial parks: a two-stage data envelopment analysis approach, *Clean Techn Environ Policy*, 16(8), 1577-1596.
- Li, X.B. ve Reeves, G.R., 1999. A multiple criteria approach to data envelopment analysis,

- European Journal of Operational Research, 115(3), 507-517.
- Liu, W., Tian, J., Chen, L., Lu, W. ve Gao Y., 2015. Environmental Performance Analysis of Eco-Industrial Parks in China: A Data Envelopment Analysis Approach, *Journal of Industrial Ecology*, 19(6), 1070-1081.
- Yolalan, R., 1993, İşletmeler aras görelilik ölçümü, Milli Produktivite Merkezi Yayınları, Ankara, 483s.
- Sun, J., Wu, J. ve Guo, D., 2013, Performance ranking of units considering ideal and anti-ideal DMU with common weights, *Applied Mathematical Modelling*, 37(9), 6301-6310.
- URL-1, Bilim, Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı Sanayi Bölgeleri Genel Müdürlüğü web sitesi, <http://kss.sanayi.gov.tr/>. 3 Mart 2016.
- URL-2, Mevzuat Bilgi Sistemi, <http://www.mevzuat.gov.tr/Metin1.aspx?MevzuatKod=1.5.4562&MevzuatIliski=0&sourceXmlSearch=&Tur=1&Tertip=5&No=4562>. 19 Mayıs 2016.
- Yenilmez, F. ve Girginer, N., 2012. Assessing export performance of textile companies in Eskisehir Organized Industrial Zone by use of data envelopment analysis (DEA), *Tekstil ve Konfeksiyon*, 22(1), 12.

Yüksek Frekanslarda İnsan Derisinin Kablosuz Vücut Alan Ağlarına Etkisi

Human Skin Effects in Wireless Body Area Networks at High Frequencies

Mustafa Alper AKKAŞ^{1,a} Tunçer BAYKAŞ^{*2,b}

¹Abant İzzet Baysal Üniversitesi, Mühendislik Mimarlık Fakültesi, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, 14030, Bolu

²İstanbul Medipol Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, 34810, İstanbul

• Geliş tarihi / Received: 22.02.2019 • Düzeltilecek geliş tarihi / Received in revised form: 06.09.2019 • Kabul tarihi / Accepted: 16.09.2019

Öz

Mikro elektronik ve entegre devreleri, çip üzerinde sistem tasarımı, kablosuz haberleşme ve düşük güçlü akıllı sensörlerdeki son gelişmeler Kablosuz Vücut Alan Ağlarının (KVAA) gerçekleşmesini sağlamıştır. KVAA insan vücudu işlevlerini ve çevreleyen ortamı inceleyen düşük güçlü, minyatürize edilmiş, invaziv veya invaziv olmayan, hafif telsiz duyarga ağlarının toplamıdır. Bu çeşit ağlarda çeşitli duyarga ağları giysilere, vücuda ve hatta derinin altına yerleştirilmektedir. Ağın kablosuz oluşu ve duyarga ağlarının çeşitliliği birçok pratik ve yenilikçi uygulamalar sayesinde yaşam kalitesini ve sağlığını artırmaktadır. KVAA yardımı ile hasta çok daha geniş bir hareket özgürlüğüne kavuşacak ve hastanın hastane ortamında kalmasına gerek kalmayacaktır. Bu makalede Elektromanyetik (EM) dalgaların deri içerisinde yayılımına göre modellenmesi incelenmiştir. Yayılma özellikleri teorik olarak incelenmiştir. Makalede EM dalgalarının deri ortamında GHz bant aralığında teorik olarak yol kaybı incelenerek, Bit Hata Oranları (BHO) ve yol kaybı hesaplanmıştır. Teorik analizler ve benzetim sonuçları, deri ortamında 30 GHz – 300 GHz bant aralığında kablosuz haberleşmenin sağlanabileceğini göstermekte ve bu alandaki birkaç önemli hususu vurgulamaktadır.

Anahtar kelimeler: Deri Altı Duyarga Düğümü, Elektromanyetik Modelleme, Hasta Takip, Kablosuz Vücut Alan Ağları, Sağlık Hizmeti.

Abstract

Recent developments in intelligent low-power sensors, microelectronics, system-on-chip design, integrated circuits and wireless communication have allowed the realization of a Wireless Body Area Network (WBAN). A WBAN is a combination of miniaturized, low-power, invasive/non-invasive lightweight wireless sensor nodes that monitor the human body functions and the surrounding environment. In these networks various sensor nodes are attached on clothing or on the body or even implanted under the skin. The wireless network and the wide variety of sensors offer numerous new, practical and innovative applications to improve health care and the quality of life. With the help of WBAN the patient experiences a greater physical mobility and is no longer compelled to stay in the hospital. In this paper the skin communication channel is modelled considering the propagation of Electromagnetic (EM) waves in skin. The propagation characteristics are investigated using a theoretical approach. More specifically, the paper sets the theoretical background for examining the path loss of EM waves propagating in skin in the GHz range and determines the incurred path loss and Bit Error Rate (BER). The theoretical analysis and the simulation results prove the feasibility of wireless communication in the 30 GHz – 300 GHz band in skin and highlight several important aspects in this field.

Keywords: Subcutaneous Sensor, Electromagnetic Modelling, Patient Tracking, Wireless Body Area Network, Healthcare.

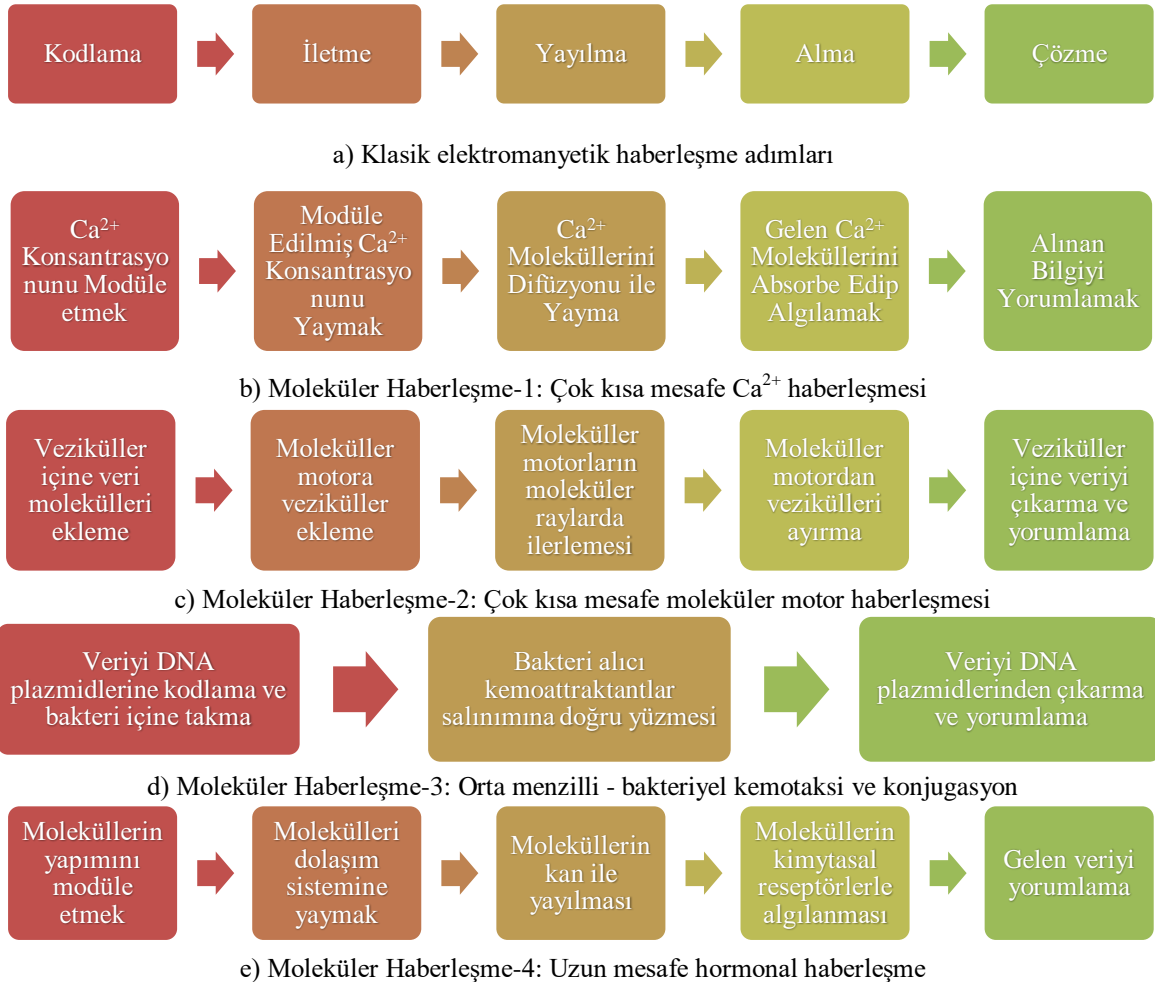
^aMustafa Alper Akkaş, alperakkas@ibu.edu.tr; orcid.org/ 0000-0003-0185-0464

^{*b}orcid.org/ 0000-0001-9535-2102

1. Giriş

Teknoloji gün geçtikçe sağlık sektöründe daha çok yer almaktadır. Derinin altına yerleştirilmiş bir duyarga düğümünün, bağlı olduğu mikroişlemci sayesinde gerekli bilgileri hastaya ya da doktoruna gönderdiği düşünülürse, vücuttaki farklılıklar önceden tespit edilecek ve erken müdahalenin önü açılmış olacaktır. Deri altına yerleştirilmiş ara yüz, aktif telsiz duyarga ağı gibi davranıp gerekirse vücudun içinde dolaşan diğer telsiz duyarga ağlarıyla bağlantıya geçip toplanan bilgiyi iletebilecektir. İkinci bir alternatif ise anlık kan ve hormon seviyelerini analiz ederek normal değerlerin dışına çıktığında hastayı ya da ilgili birimi uyaracaktır (Pieboron ve Akyildiz, 2010; Atakan, B. vd, 2012)

Haberleşme teknolojisinde en çok kullanılan haberleşme metotlarından biri, klasik haberleşme metodu olan elektromanyetik haberleşmedir. Elektromanyetik haberleşmede EM dalgalar, haberleşme ortamında ilerledikçe soğrulur. EM dalgaların soğrulması taşıyıcının kullandığı frekansa göre değişir. Bu çalışmada 30 GHz'den 300 GHz'e kadar olan EM dalgaların deri ortamında nasıl soğruldukları matematiksel olarak modellenecektir. 30 GHz – 300 GHz aralığı, küçük boyutta anten tasarlamak için oldukça ideal bir aralıktır. 100 GHz - 300 GHz (0.1 THz - 0.3 THz), nano boyutta anten tasarlamaya uygun bir frekans aralığıdır (Akyildiz, Ian F., v.d., 2012). Biyomedikal teknolojisinde sadece elektromanyetik haberleşme değil, farklı haberleşme metotlarının kullanılması da hedeflenmektedir. Bunlardan bir tanesi moleküler haberleşmedir.



Şekil 1. Biyomedikalde kullanılan haberleşme metotları

Moleküler haberleşme, günümüzde incelenen önemli bir konudur. Fakat çözülmesi gereken birçok problemi vardır. Örneğin, moleküler

sinyaller elektromanyetik sinyaller gibi yönünü tayin edemez. Moleküler haberleşmede bir nevi sinyal iletişimi rastgele olur. Bu yüzden yeni veri

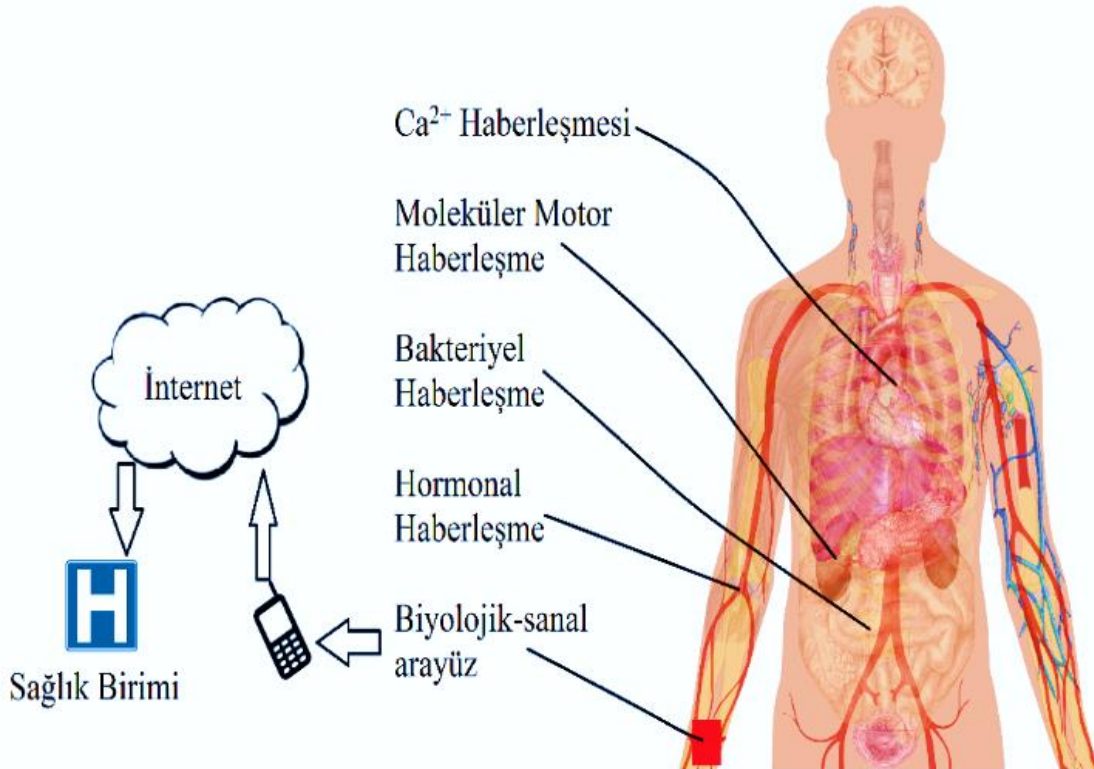
iletme ve ortak kanalı kullanma gibi yeni metotlar geliştirilmelidir.

Moleküler haberleşmedeki çözüm önerileri bakterilerde olduğu gibi, “kanal modelleme”, “analiz etme” ve “tekrar kullanma” dır (Nakano, T., v.d. 2012.; Dixon, R. A. ve Christopher J. L., 1990). Şekil 1, klasik haberleşme adımlarının moleküler haberleşme metotlarıyla mukayeselerini göstermektedir. Moleküler haberleşme adımları, temel olarak klasik haberleşme (Şekil 1a) adımıyla benzerlik gösterir. Moleküler haberleşmede haberleşme menziline göre haberleşme metodu farklılık gösterebilir. Kısa mesafelerde taşıyıcı olarak Ca^{2+} veya moleküllerle sağlanırken (Şekil 1b, Şekil 1c) orta menzilli haberleşmede bakteriler taşıyıcı olarak kullanılır (Şekil 1d). Vücut içi uzun menzilli haberleşmelerde ise hormonların taşıyıcı olarak kullanılması hedeflenmektedir (Şekil 1e) (Giné, L. ve Akyıldız I., 2009).

Moleküler haberleşmenin elde etmek istediği verileri, insan vücudu kendi sistemleri sayesinde algılayabilmektedir. Moleküler haberleşmenin amacı; vücudun kendi sistemine adapte olarak sıra dışı durumlarda sağlık birimini bilgilendirmektir. İnsan vücudunda ise haberci moleküller iki ana gruba ayrılmaktadır. Bunlar birincil ve ikincil

habercilerdir. Büyüme gibi hormonal olaylarla ilgilenen habercilere birincil haberciler denir. Birincil haberciler çok fazla çeşitlilik gösterirler ve hücrelerin birbirleri ile haberleşmelerini sağlarlar. İkincil haberciler ise birincil habercilerden farklı olarak hücre içi haberleşme ile ilgilenirler. İkincil haberciler molekülleri birinci haberci moleküllerinden aldıkları haberleri hücre içine yayarlar. Bu haberleşme adımları çok sayıda molekülün katıldığı karmaşık olaylar ve organizasyonlar içerir. Haberci moleküllerin taşınması farklı şekillerde olabilir. Haberin taşınacağı hücreler konumu birbirlerine bitişik, yakın ya da uzak olabilir. Bu durum sinir hücrelerinde farklılık gösterir. Sinir hücrelerinin gövdeleri birbirlerinden çok uzak olabilir ancak tıpkı bitişik hücrelerde olduğu gibi gövdeden çıkan uzantılar ile hücreler arasında temas sağlanmaktadır (Atakan, B. ve Akan. O.B., 2007; Çoşkun, A., 2011)

Biyomedikal haberleşmede moleküler ya da elektromanyetik olarak vücut içinden toplanan veriler bir şekilde kullanıcılara ulaştırılmalıdır. Bu mimarinin ara yüzü Şekil 2’de gösterilmiştir. Bu araştırmada ise, insanın deri altına yerleştirilen biyolojik-sanal ara yüzün, deri tarafından elektromanyetik dalga kullanıldığında frekanslara göre nasıl emildiğini incelenmektedir.



Şekil 2. Biyomedikal haberleşme ağ mimarisi

2. Materyal ve Metot

EM dalgalarının modellenmesinde başlangıç formülü Friis Denklemi'dir (Roh, W. 2014). Friis Denklemi Eş. 1'de gösterilmiştir. Eş. 1'de boşluk ortamında P_t verici antenin taşıma gücünü, d uzaklık, G_r ve G_t alıcı ve verici antenlerin kazancını göstermektedir.

$$\frac{P_r}{P_t} = G_t G_r \left(\frac{\lambda}{4\pi R} \right)^2 \quad (1)$$

$$P_r = P_t + G_t + G_r + 20 \log_{10} \left(\frac{\lambda}{4\pi R} \right)$$

Bu sistem, ayrıca Eş. 2'de gösterilmiş olan boş alan yol kaybından da etkilenmektedir. d uzaklığının birimi km ve frekans değeri GHz'dir.

$$\begin{aligned} \text{Boş Alan Yol Kaybı (dB)} &= 10 \log_{10} \left(\left(\frac{4\pi df}{c} \right)^2 \right) \\ &= 20 \log_{10}(d) + 20 \log_{10}(f) + 20 \log_{10} \left(\frac{4\pi}{c} \right) \\ &= 20 \log_{10}(d) + 20 \log_{10}(f) - 147.55 \end{aligned} \quad (2)$$

Fakat farklı ortam haberleşmesinde ortamdaki kaynaklanan kayıp ve gürültü kaybı olan sistem kaybı da eklenmelidir (Ghodgaonkar, D. K., v.d. 1989). Bu çalışmada deri ortamındaki kayıplar boş alan kaybına dahil edilmiştir. Bu kayıpların ve gürültü kaybının dBm şeklinde ifade edilmesi Eş. 3'te gösterilmektedir.

$$L_{NP} = 10 \log_{10} (1000 * k * T * B) (dBm) \quad (3)$$

Burada T 'nin birimi Kelvin, B 'nin ise birimi Hz cinsinden frekans bant genişliğidir. k ise Boltzmann sabiti olan yaklaşık 1.3801×10^{-23} j/K'ya eşittir. Bu çalışmada sıcaklık, ortam sıcaklığı olan 296 Kelvin alınmıştır. Deri ortamının zayıflama formülleri ise Eş. 4 ile başlar.

$$\begin{aligned} K_{DERI} &= K_{\beta} + K_{\alpha} \\ K_{\beta} &= 20 \log \left(\frac{\lambda_0}{\lambda} \right) = 154 - 20 \log(f) + 20 \log(\beta) \\ K_{\alpha} &= 8.69 \alpha d \end{aligned} \quad (4)$$

K_{β} , deri ortamında dalga boyunda ki zayıflama kaybıdır. K_{β} , deri ortamının dalga boyunu ifade eder ve açılımı $\beta = 2\pi / \lambda'$ 'dir. β faz kayma sabitidir. Bilindiği gibi $\lambda_0 = c/f$ boş alan yol kaybıdır ve boş

olan yol kaybının orantısı K_{β} 'ye eşittir. K_{α} ise deri ortamından kaynaklanan zayıflama kaybıdır. α , iletim kaybını simgeler.

Deri ortamın tüm kayıp ve kazançlarının toplanmış halde gösterimi Eş. 5'te gösterilmiştir.

$$K_{Deri} = 6.4 + 20 \log(d) + 20 \log(\beta) + 8.69 \alpha d \quad (5)$$

Eş. 5'te ki, α zayıflama sabitini gösterir birimi 1/m, β ise faz kayma sabitini gösterir birimi ise radyan/metre'dir (Akkaş, M.A. 2016). α ve β katsayılarının açılımı Eş. 6'da gösterilmiştir.

$$\begin{aligned} \alpha &= 2\pi f \sqrt{\frac{\mu \epsilon'}{2} \left[1 + \left(\frac{\epsilon''}{\epsilon'} \right)^2 - 1 \right]} \\ \beta &= 2\pi f \sqrt{\frac{\mu \epsilon'}{2} \left[1 + \left(\frac{\epsilon''}{\epsilon'} \right)^2 + 1 \right]} \end{aligned} \quad (6)$$

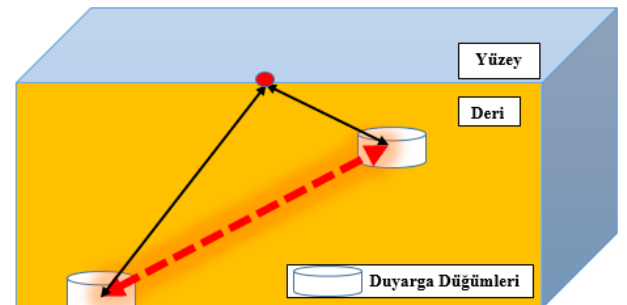
Eş. 6'da gösterilen ϵ' derinin bağıl dielektrik sabitinin gerçek, ϵ'' ise derinin bağıl dielektrik sabitinin hayali parçalarıdır. μ ise manyetik geçirgenliği sembolize eder. Bu çalışmada ϵ' ve ϵ'' değerleri (Gandhi, Om P. ve Abbas R. 1986)'e göre tablo 1'den alınmıştır.

Tablo 1. Derinin Frekanslara göre ϵ' ve ϵ'' değerleri

Frekans (GHz)	ϵ'	ϵ''
30	18.12	19.20
60	8.89	13.15
100	5.92	8.57
200	4.49	4.45
300	4.22	2.99

Eş. 7 ortam kaybı ve gürültü de eklenerek aşağıda gösterilmiştir:

$$\begin{aligned} P_r (dBm) &= P_t (dBm) + G_r (dB) + G_t (dB) \\ &\quad - L_0 (dB) - L_{Gürültü} (dBm) - L_{Ortam} (dB) \end{aligned} \quad (7)$$



Şekil 3. Deri ortamının tek kanallı modeli

Şekil 3'te deri ortamının EM dalga iletiminin tek kanallı gösterimi verilmektedir. Kalın kesik çizgi ile gösterilen sinyal, deri ortamında EM dalganın kat ettiği mesafeyi göstermektedir. Analizlerde tek kanallı model incelenmiştir çünkü deri ince bir tabakadır ve boyuna doğru çok sayıda duyarga düğümü koymak anlamsızdır. Uygulamalarda genellikle duyarga düğümü derinin altına yerleştirildiği için Şekil 5 ve Şekil 6 da mesafeye göre analiz sonuçları verilmektedir.

Sistemin BHO'sunu hesaplamak için İkili Faz Kaydırmalı Anahtarlama modülasyon türü seçilip, Eş. 8'de ki gibi sisteme uygulanmıştır. İkili Faz Kaydırmalı Anahtarlamanın seçilmesini amacı ise modülasyon türleri içerisinde ortamdan en az etkilenen ve en uzak mesafeye veri gönderebilen modülasyon türü olmasıdır.

$$BHO = 0.5 \operatorname{erfc}(\sqrt{SGO}) \quad (8)$$

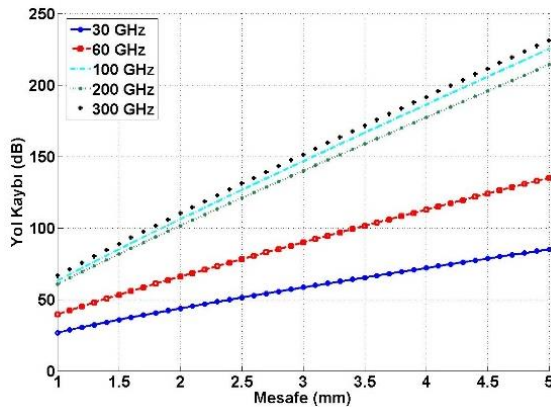
Eş.8'de $\operatorname{erfc}(\cdot)$ hata fonksiyonu simgeleri, SGO ise sinyal gürültü oranını gösterir.

$$SGO = P_t - P_r - P_n \quad (9)$$

Eş. 9'da P_t iletim gücü, P_r toplam yol kaybı gösterir, P_n ise gürültünün enerjisini sembolize eder. Yapılan hesaplarda, P_t iletim gücü -10 ila +10 dBm arasında değiştirilmiştir. P_n ise eş. 3'e göre hesaplanmıştır (Akkaş, M.A. 2016). P_r eş. 7'den elde edilmiştir. P_n ise eş. 3'e göre hesaplanmış grafiksel sonuçları ise Şekil 4'te verilmektedir.

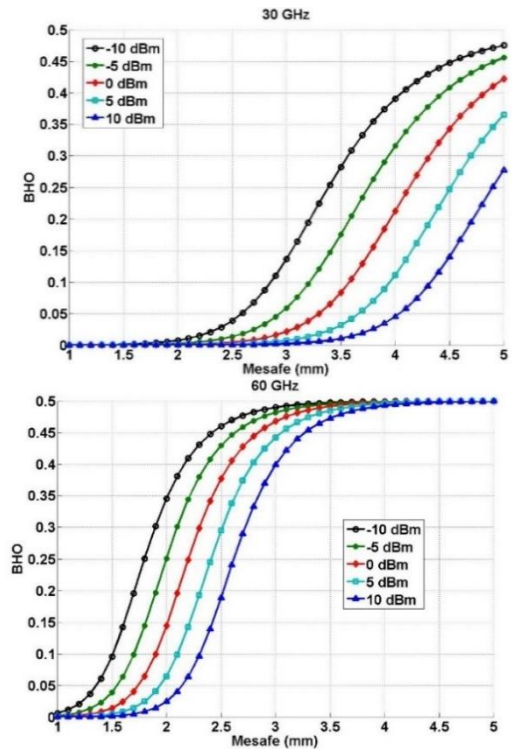
3. Bulgular

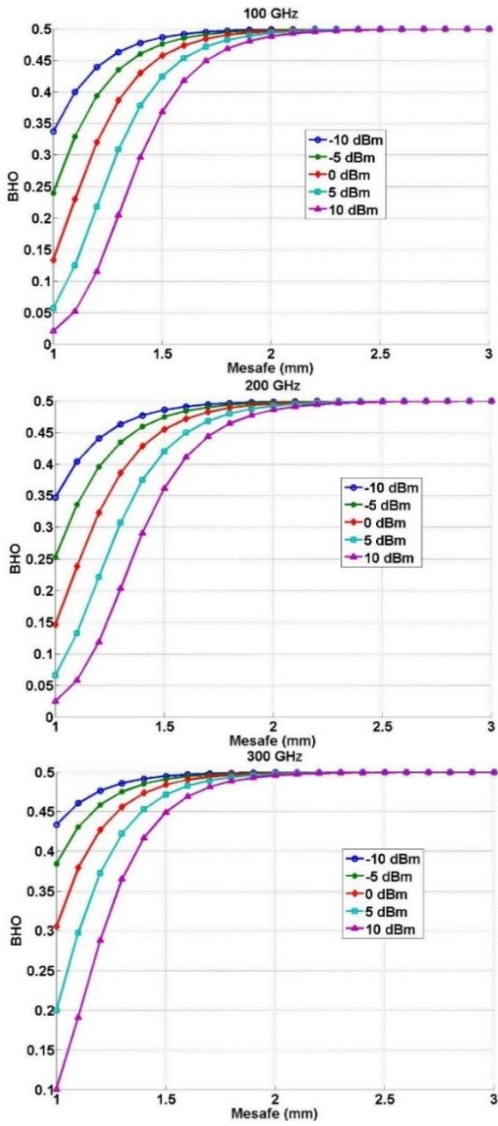
Şekil 5'te, 2. bölümde anlatılan matematiksel modele göre elde edilen grafik sonuçları yer almaktadır. Şekil 5, 30 GHz – 300 GHz arası frekansta mesafeye göre deri ortamın yol kaybını vermektedir.



Şekil 5 Deri ortamında mesafeye göre yol kaybı

Şekil 5, eş.7'den elde edilmiştir. Şekil 5 detaylı incelendiğinde, genel olarak frekans arttıkça yol kaybının da arttığı görülmektedir. 100 GHz-300 GHz (0.1 THz-0.3 THz) aralığında yol kaybı birbirine çok yakın çıkmaktadır. Bunun en büyük sebeplerinden biri THz ortamında farklılık arz eden eş. 6'da kullanılan Tablo 1'deki ϵ' ve ϵ'' değerleridir. THz ortamında ϵ' ve ϵ'' değerleri orantısal olarak değişmez. THz ortamında tıpkı farklı ortamlarda olduğu gibi deri ortamında da emilim sabiti orantısal olarak değil frekansa göre değişmektedir (Akkaş, M.A. 2016). Normal bir derinin erkeklerde 1.3 mm olduğu, bayanlarda ise 1.26 mm olduğu düşünülürse deri ortamında 60 GHz'e kadar 50 dB'nin altında bir kayıp söz konusudur (Wilkinson, P., Millington F. ve R. Skin, 2009). Kullanılan frekans azaltılarak yol kaybı azaltılabilir fakat bu sefer de anten boyutunun artması söz konusu olacaktır. Takdir edildiği gibi deri altına yerleştirilecek bir telsiz duyarga ağının küçük boyutlarda ve dolayısıyla küçük antenli olması istenir. 100 GHz - 300 GHz (0.1 THz-0.3 THz) aralığına çıkıldığında ise kayıp neredeyse 1.3 mm'de 70 dB'lere yaklaşmaktadır ki bu kaybın aşılması için oldukça yüksek iletim gücüne ihtiyaç vardır. THz ortamında yol kaybının artması nano düğümlerin kullanılmasını gerektirmektedir (Akyildiz, I.F. ve Josep M.J. 2010).





Şekil 6. 30 GHz – 300 GHz deri ortamında mesafeye göre -10 ila +10 dBm iletim gücü arası BHO'ları Şekil 6'da ise Şekil 5'teki büyüklükler de kullanılarak deri ortamında, mesafeye göre -10 ila +10 dBm iletim gücü arası BHO'lar, Eş. 8'den elde edilerek verilmiştir. Şekil 6 detaylı incelendiğinde, frekans arttıkça daha kısa mesafelerde daha çok BHO değerine ulaşıldığı görülmektedir. Örneğin Şekil 6a'da neredeyse 2 mm'ye kadar BHO sıfır iken bu değer 300 GHz'da 0,5'e kadar yükselmektedir. Şekil 6 da, -10 ila +10 dBm iletim gücüne göre değişen BHO verilmiştir. -10 ila +10 dBm iletim gücü nano ya da mikro boyutta düğümü çalıştıracak aralıktır. -10 ila +10 dBm iletim gücü dikkate alındığında, beklenildiği gibi iletim gücü arttıkça BHO azalmaktadır. 20 dBm'lik bir fark 30 GHz'da 1 mm'den fazla bir iletişim mesafesi sağlarken bu aralık frekans arttıkça azalmaktadır. 300 GHz'da ise 1 mm'de BHO -10 dBm'de 0.45 civarındayken, 10 dBm'de 0,1'den başlamaktadır. Bu sonuç, 1mm'nin bile önemli olduğu THz ortamında, iletim gücünün çok önemli olduğunu

göstermektedir. Sonuç olarak tasarlanmak istenen duyarga düğümleri için Şekil 5 ve Şekil 6 genel olarak bir kılavuz niteliğindedir. 30 GHz – 300 GHz arasında oldukça geniş bir frekans aralığında mesafeye göre yol kaybı ve BHO'ları verilmiştir. BHO'lar sadece mesafeye göre değil aynı zamanda iletim gücüne göre de gösterilmiştir.

4. Tartışma ve Sonuç

Moleküler haberleşme ve elektromanyetik haberleşme, biyomedikalde kullanılan haberleşme metodlarıdır. Her iki haberleşme metodu vücut içi haberleşmede çok önemlidir. Bu haberleşme metodu, nesnelere interneti teknolojilerini de kullanarak alışagelmış sağlık sektöründe çok farklı yenilikler getirecektir. KVAA içinde toplanan verilerin, bir ara yüz vasıtası ile ilgili birime iletilmesi gerekmektedir. Bu ara yüzün görevini deri altı düğümler gerçekleştirecektir. Bu çalışmada insan derisinin elektromanyetik haberleşmeyi ne derece etkilediği, 30 GHz -300 GHz gibi oldukça yüksek bir frekans aralığında ele alınmıştır. Yüksek frekanslarda analiz edilmesinin en önemli sebeplerinden biri, küçük boyutta antenlerin tasarlanmasına yardımcı olmak ve KVAA'da kullanılan nano düğümlerin tasarlanmasında uygun pencere geçişlerini ve kayıpları göstermektedir. Sonuç olarak; kullanılan matematiksel model ve elde edilen grafiksel sonuçlar, şimdiki ve gelecekte tasarlanacak olan deri altı telsiz duyarga ağlarının elektromanyetik haberleşmede derinin etkisini gösteren önemli bir kaynaktır. Bu çalışma göstermektedir ki EM dalgalar deri altından gönderildiğinde, düşük frekanslarda emilim azalmaktadır. Fakat bu sefer anten boyutunu büyütme gerekmektedir. Frekans değeri arttıkça ise anten boyutu küçülür fakat bu sefer emilim artar. Bu yüzden tasarımcılar kullanacak oldukları ara yüze göre en ideal frekans aralığını seçmek zorundadır. Bu çalışmada 30 GHz -300 GHz gibi oldukça geniş frekans aralığında deri ortamının elektromanyetik dalga emilimi, tasarımcılar için matematiksel olarak hesaplanıp grafiksel olarak da gösterilmiştir.

Kaynaklar

- Akkaş, M.A. 2016. Terahertz Channel Modelling of Wireless Ultra-Compact Sensor Networks Using Electromagnetic Waves." IET Communications
- Akyildiz, Ian F. ve Josep M. J. 2010. Electromagnetic wireless nanosensor networks." Nano Communication Networks, Cilt 1.1, 3-19.

- Akyildiz, Ian F., vd., 2012 "Monaco: fundamentals of molecular nano-communication networks." IEEE Wireless Communications, Cilt 19.5, 12-18
- Atakan, B. ve Akan. O.B., 2007 An information theoretical approach for molecular communication." BioInspired Models of Network, Information and Computing Systems, 2007. Bionetics 2007. 2nd. IEEE.
- Atakan, B., Akan, O. B., ve Sasitharan B., 2012. Body area nanonetworks with molecular communications in nanomedicine. IEEE Communications Magazine, Cilt 50.1, 28-34
- Çoşkun, A., 2011 Hücrelerarası İletişim ve Haberleşme", Bilim ve Teknik, Eylül.
- Dixon, Richard A. ve Christopher J. L., 1990, Molecular communication in interactions between plants and microbial pathogens." Annual review of plant biology, Cilt 41.1, 339-367
- Gandhi, Om P. ve Abbas R. 1986. Absorption of millimeter waves by human beings and its biological implications." IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques, Cilt 34.2, 228-235
- Giné, L. ve Akyildiz I., 2009. Molecular communication options for long range nanonetworks." Computer Networks, Cilt 53.16, 2753-2766.
- Ghodgaonkar, D. K., Vasundara V. ve Vijay K., 1989. A free-space method for measurement of dielectric constants and loss tangents at microwave frequencies. IEEE Transactions on Instrumentation and measurement, Cilt 38.3, 789-793.
- Nakano, T., vd. 2012. Molecular communication ve networking: Opportunities and challenges IEEE transactions on nanobioscience 11.2 135-148
- Pierobon, M. ve Akyildiz, I.F., 2010. A physical end-to-end model for molecular communication in nanonetworks. IEEE Journal on Selected Areas in Communications, Cilt 28.4, 602-611.
- Roh, W. 2014. Millimeter-wave beamforming as an enabling technology for 5G cellular communications: theoretical feasibility and prototype results." IEEE Communications Magazine, Cilt 52.2, 106-113
- Wilkinson, P., Millington F. ve R. Skin, 2009. Cambridge: Cambridge University Press. pp. 49-50. ISBN 978-0-521-10681-8.

1. KAPSAM ve GENEL BİLGİ

Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi (GUFBED), Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü'nün yayın organıdır. Dergi kapsamında bütün Fen, Teknoloji, Mühendislik, Tarım ve Mimarlık Alanlarında daha önce başka yerlerde yayınlanmamış, özgün, araştırma makaleleri, derlemeler ve editöre mektuplar yayınlanır (Anket çalışmaları dergimizin konu kapsamına uygun değildir). Dergi **bilimsel ve hakemli** bir dergi olup, Ocak, Nisan, Temmuz ve Ekim aylarında olmak üzere yılda dört kez çevrimiçi ortamda yayımlanır.

Derginin amacı araştırma ve geliştirme faaliyetlerinin bilimsel yayına dönüştürülmesi, ulusal ve uluslararası indekslere girerek evrensel bilime katkı sağlamaktır.

2. YAYIN DİLİ ve ANLATIM

Dergide yayınlanacak tüm yazılar için yayın dili 2018'den itibaren olmak üzere Türkçe ve İngilizce'dir. Anahtar kelimeler alfabetik sıralamaya uygun olarak verilir. İngilizce anahtar kelimeler (Keywords) ise yine bu sıralama dikkate alınarak yazılır.

Makale içerisinde yazar tarafından gerçekleştirilen çalışmalara yönelik (Deneysel çalışmalar, analizler vb) anlatımlarda **üçüncü şahıs kullanılmaya özen gösterilmelidir**.

3. ELEKTRONİK ORTAMDA BAŞVURU

Dergi ile ilgili **tüm yazışmalarda** DergiPark tarafından sağlanan arayüz kullanılmalıdır. Dergi **yazım kurallarına uygun olarak hazırlanmış** makaleler, basılı kopyaya gerek olmaksızın, Ulakbim Dergipark üzerinden <http://dergipark.ulakbim.gov.tr/gumusfenbil> adresi kullanılarak gönderilmelidir. Dergiye makale göndermek isteyen yazarların yazım kuralları ile birlikte "**Gönderi Kontrol Listesi**"ndeki her maddeyi de kontrol etmeleri gerekmektedir. Makaledeki bilgilerin doğruluğunun sorumluluğu yazar(lar)a aittir.

Yayınlanacak makalelerde, araştırma ve yayın etiğine uygunluk esastır. "**Makale Gönderimi ve Telif Hakkı Devir Formu**" doldurulup bütün yazarlar tarafından imzalanmalıdır. Yayın ile ilgili işlemler bu formun tesliminden sonra başlar. Bu formun farklı kopyaları başka şehirlerde yaşayan yazar(lar) tarafından ayrı ayrı imzalanıp gönderilebilir.

Hayvanların veya zararlı maddelerin kullanıldığı araştırmalarda "**Etik Kurul İzin Belgesi**"nin makaleye eklenmesi gerekir. İnsanların denek olarak kullanıldığı araştırma sonuçlarını içeren makalelerde yazar(lar), "insan denemeleri üzerinde yetkili kurul" etik standartlarına ve gözden geçirilmiş Helsinki bildirgesi 1983'e uygunluğunu belgelemeleri gerekir.

4. DEĞERLENDİRME SÜRECİ

Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi'ne iletilen yazılar öncelikle dergi baş editörünün yönlendireceği bölüm editörü tarafından konu başlığı ve anahtar kelimelere dayanarak biçimsel açıdan değerlendirilir. Bu ön kontrol aşamasında öncelikle intihal tespit yazılımları kullanılarak benzerlik raporları oluşturulur. Aday yayının benzerlik raporu toplamda %30, tek bir kaynaktan ise %5 oranından fazla olmamalıdır. Daha sonra incelenecek yayının dergi formatına uygun olup olmadığına karar verilir. "Makale Gönderimi ve Telif Hakkı Devir Formu" olmayan veya eksik olan aday yayınlar ile benzerlik oranı sınırlarını aşan aday yayınlar ön incelemeye alınmaz. Dergi yazım kurallarına uygun hazırlanmayan makaleler düzeltilmek üzere yazara geri gönderilir.

Formata uygun olarak hazırlanan yazılar dergi baş editörü tarafından inceleme sürecinin gerçekleştirilmesi için ilgili bölüm editörüne yönlendirilir.

Bölüm editörü bilimsel içerik bakımından değerlendirilmek üzere aday yayını, konusuna uygun olarak en az üç hakeme yönlendirir. Hakem seçiminde öncelikle konu ile ilgili dergi yayın danışma kurulu üyelerinden ya da alanında uzman başka bir bilim insanından yararlanılır. Hakemler değerlendirmeleri sonucunda, uygun, düzeltilerek yayınlanabilir, düzeltildikten sonra tekrar görmek isterim, istediğim düzeltmelerin kontrolünü derginin uzman bilimsel ekibi tarafından yapılması uygundur veya yayınlanamaz şeklinde kararları verebilirler.

Düzeltilme istenen yazılarla ilgili olarak yazar gerekli düzeltmeleri yapar. Ayrıca katılmadığı hususlarla ilgili olarak gerekçeli yazısını dergiye gönderir.

Hakem kurulu tarafından farklı türde değerlendirilen yazılar için bölüm editörü kendi görüşünü de ekleyerek değerlendirmenin sonuçlandırılması için baş editöre iletir. Değerlendirmede son karar baş editöre aittir. Baş editör gerekli görürse yeni bir hakem tayin eder veya yazı ile ilgili kararını sonuçlandırır.

Tüm değerlendirmeler sonucunda kabul ya da red kararı gerekçeleri ile birlikte DergiPark üzerinden yazışmadan sorumlu yazara iletilir.

Değerlendirme sonucu kabul edilen makaleler dergi sekreteryası tarafından esasa bağlı kalınarak yayına uygun formata dönüştürülür.

Dergide yayımlanan makaleler başka hiç bir yerde yayımlanamaz veya bildiri olarak sunulamaz. Kısmen veya tamamen yayımlanan makaleler kaynak gösterilmeden hiçbir yerde kullanılamaz. Dergiye gönderilen makalelerin içerikleri özgün, daha önce herhangi bir yerde yayımlanmamış veya yayımlanmak üzere gönderilmemiş olmalıdır. Değerlendirmeye sunulacak çalışmaların bir başka dergiye gönderilmediği veya basılmadığı ön yazı ile belirtilmelidir.

Makale basım için kabul edilmezse "Makale Gönderimi ve Telif Hakkı Devir Formu" nun yasal bir önemi kalmaz ve hükümsüz olarak kabul edilir. Bu Form'un imzalanması ile yazarlar, makalenin "GÜMÜŞHANE ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ DERGİSİ" dergisi ve web sayfasında yayınlamasına ilaveten makalenin tamamı veya bir kısmının yasal olarak çoğaltılması ve dağıtılması hakkını Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü'ne devrederek, kendi haklarından feragat etmektedirler.

5. MAKALE TÜRLERİ

Dergide yayınlanan farklı yayın formatları ile ilgili bilgiler ve yazı türlerine göre yazarların dikkat etmeleri gereken hususlar şu şekildedir:

5.1 Araştırma Makaleleri: Türkçe Başlık, İngilizce Başlık, Yazarlar, Adresler, Türkçe Öz, Türkçe Anahtar Kelimeler, İngilizce Öz, İngilizce Anahtar Kelimeler, Giriş, Amaç, Gereç ve Yöntem, Bulgular, Tartışma ve Sonuçlar, gerekli ise Etik konular, Katkı Belirtme ve Teşekkür, Kaynaklar, Şekil ve Tablolara ilgili açıklamalar içermelidir. Makale konunun uzmanları tarafından tekrarlanabilecek şekilde yeterli bilgiyi içermelidir. **Bu tür makalelerde ana metin 3500-4000 kelime arası olmalı, kaynak sayısı 40'ı aşmamalıdır.**

5.2 Derlemeler: Yazar(lar)ın uzmanlık alanında yapılmış eski araştırmaların derlenip eleştirel bir şekilde yorumlanıp ortaya yeni bir görüş ileri süren çalışmaları kapsmalıdır. **Bu tür makale öneren yazar(lar)ın en az 10 SCI-Expanded makalesi bulunmalı ve bunların en az 5 tanesi derleme yaptığı alanda olmalıdır.** Derlemeler, Türkçe Başlık, İngilizce Başlık, Yazarlar, Adresler, Türkçe Öz, Türkçe Anahtar Kelimeler, İngilizce Öz, İngilizce Anahtar Kelimeler, Giriş, Ana Bölümler, Alt Bölümler, Sonuç, Katkı Belirtme ve Teşekkür, Kaynaklar, Şekil ve Tablolara ilgili açıklamalar içermelidir. **Ana metin en fazla 5000 kelime olup kaynak sayısında bir kısıtlama yoktur.**

5.3 Editöre Mektup: Dergide yayınlanmış makaleler hakkında veya ilgili diğer konularda soru sormak, görüş bildirmek isteyenlerin yazıları bu türde değerlendirilir. Bu tür yazılarda kapsam ve etik kavramlar göz önünde bulundurulur. **Ana metin en fazla 1000 kelime olup kaynak sayısı 10'u geçmemelidir.**

6. MAKALENİN HAZIRLANMASI

• **Sayfa boyutu, sayısı ve kenar boşlukları:** A4 formatında, en fazla 15 sayfa olmalıdır. Tüm kenarlardan 2 cm boşluk bırakılmalıdır.

• **Sayfa numaraları:** Sayfa numaraları sayfa altında ve ortada verilmelidir. Sayfa numarası Times New Roman yazı tipinde ve 11 punto olmalıdır.

• **Satır numaraları:** Satır numaraları makalenin ilk sayfasından itibaren başlayarak ve “süreklili” olarak numaralandırılmalıdır (her sayfada yeniden başlat ve/veya her bölümde yeniden başlat özellikleri kullanılmamalıdır).

• **Satır boşlukları:** Bütün satır boşlukları Times New Roman karakterinde ve 11 punto olmalıdır.

• **Gövde Metni:** Ana metin “Times New Roman” karakterinde “11 punto” ile “iki yana yaslı” ve anahtar düzeyi “gövde metni” olarak ayarlanmalı, sağ ve sol satır girintisi olmamalı, metinden önceki ve sonraki aralık değerleri Onk olmalı ve satır aralık değeri tek (1) olarak yazılmalıdır. Noktalama işaretlerinden (nokta, virgül, noktalı virgül vb.) sonra bir karakter boşluk bırakılmalıdır. Her paragraf arasında bir satır boşluk bırakılmalı, paragraf başlarında içerden başlanmamalıdır (ilk satır girintisi veya Tab tuşu kullanılmamalıdır).

• **Makale başlığı (Türkçe ve İngilizce):** Sayfa başından 1 satır boşluk bırakıldıktan sonra, Türkçe başlık Times New Roman, 14 punto, koyu, tek satır aralıklı ve ortalı olarak yazılmalıdır. Türkçe başlıktan sonra 1 satır boşluk bırakılmalıdır. Daha sonra İngilizce başlık Times New Roman, 13 punto, italik, tek satır aralıklı ve ortalı olarak yazılmalıdır. Başlıklarda yer alan her kelimenin ilk harfi büyük olacak şekilde yazılmalı, otomatik başlık stilleri kullanılmamalıdır.

• **Yazar adı veya adları:** İngilizce başlıktan sonra 2 satır boşluk bırakılarak, unvan belirtilmeden, Adın ilk harfi büyük olacak şekilde tüm harfleri ve soyadın tamamı büyük harfle yazılmalıdır. Birden fazla yazarlarda aralarına virgül konularak, Times New Roman, 11 punto, kalın ve sayfaya ortalanarak yazılmalıdır. Sorumlu yazar isminde üst simge yıldız sembolü olmalıdır.

• **Yazarın/ların adresi/leri ve ORCID bilgisi:** Yazar adının hemen altına boşluk bırakılmadan, Times New Roman, 10 punto ve italik olarak yazılmalıdır. Adresleri aynı olan yazarlar için tek adres, farklı yazar adresleri alt alta boşluk bırakılmadan yazılmalıdır. Yayında yer alan tüm yazarların ORCID bilgileri mutlaka verilmelidir.

• **İletişim yazarının bilgileri:** Unvansız Ad soyad, e-mail adresi, telefon numarası (Tel: (xxx) xxx xx xx.) aralarına virgül konularak 1. sayfanın altına dipnot olarak, (*) sembolü ile belirtilmelidir, Times New Roman, 10 punto ile yazılmalıdır.

• **Türkçe Öz:** Adres/ler den 2 satır boşluk bırakıldıktan sonra, **Öz** kelimesi Times New Roman yazı karakterinde, 11 punto, **koyu** ve sola dayalı olarak yazılmalıdır. Özetin gövde metni ise Times New Roman yazı karakterinde, 11 punto, iki yana yaslı, tek satır aralıklı ve girinti olmadan yazılmalıdır. Özet metninin 250 kelimeyi geçmemesine özen gösterilmelidir. Öz başlığı ile özetin gövde metni arasında boşluk bırakılmamalıdır.

• **İngilizce Öz (Abstract):** Türkçe anahtar kelimelerin altına 2 satır boşluk bırakılarak, **Abstract**, kelimesi Times New Roman yazı karakterinde, 11 punto, **koyu, italik**, tek satır aralıklı ve sola dayalı olarak yazılmalıdır. Abstract gövde metni Times New Roman yazı karakterinde, 11 punto, tek satır aralıklı ve italik olarak yazılmalıdır. Abstract metninin 250 kelimeyi geçmemesine özen gösterilmelidir. Abstract kelimesi ile abstract metni arasında boşluk bırakılmamalıdır.

• **Anahtar kelimeler / Keywords:** “Anahtar kelimeler” Türkçe özetin altına bir satır boşluk bırakılarak Times New Roman, 11 punto ve tek satır aralıklı yazılmalıdır. En az 3 en fazla 6 adet anahtar kelime verilmeli, “Anahtar kelimeler” yazısı **koyu**, verilen diğer kelimeler ise koyu olmadan yazılmalıdır. Her kelimenin ilk harfi büyük ve aralarına virgül konularak verilmeli ve alfabetik sıralamaya uygun olarak sıralanmalıdır. “Keywords” kelimesi İngilizce özetin altına bir satır boşluk bırakılarak Times New Roman, 11 punto, tek satır aralıklı, italik ve **koyu** yazılmalıdır.

İngilizce anahtar kelimeler (Keywords), Türkçe anahtar kelimelerde verilen sıralama dikkate alınarak yazılmalı, kelimeler koyu olmamalıdır.

• **Ana başlıklar:** Ana Başlıklar sırasıyla numaralandırılmalıdır (1. Giriş 2. Amaç, Gereç ve Yöntem gibi). **Tüm başlıklar** sola dayalı Times New Roman, 11 punto **koyu** ve her kelimenin ilk harfi büyük yazılmalıdır. Ana başlıklardan önce ve sonra 1 satır boşluk bırakılmalıdır. **Alt başlıklar**, ana başlık numarasına uygun olarak numaralandırılmalıdır. **Tüm alt başlıklar** sola dayalı Times New Roman, 11 punto, **koyu** ve **italik** olarak her kelimenin ilk harfi büyük olacak şekilde yazılmalıdır (2.1. Malzeme 2.2. Deney Numunelerinin Hazırlanması, gibi). Alt başlıklardan önce ve sonra tek satır boşluk bırakılmalıdır. Başlıkları yazarken otomatik başlık stili, madde işaretleri, çok düzeyli liste gibi biçimler kullanılmamalı, düz metin şeklinde yazılmalıdır.

• **Şekiller, Resimler ve Fotoğraflar:** Sayfa sınırlarını aşmayacak şekilde ortalanarak, net ve okunaklı olmalıdır. Sıra ile numaralandırılmalıdır. Şekil no ve adları şeklin altında şeklin sol alt kenarına yaslanarak ve sadece ilk kelimenin ilk harfi büyük olarak verilmelidir. Şekiller ya bir çizim programı ile çizilmiş olmalı ya da en az 300 dpi çözünürlükte taranmış olmalıdır. Şekil olarak gösterilen grafik, resim ve metin kutularında yer alan yazı ve sayıların büyüklüğü makale içinde Times New Roman karakteri ile yazılmış 9 punto boyutundaki bir yazının büyüklüğünden az olmamalıdır. Şekilden önce, şekil adından önce ve sonra birer satır boşluk bırakılmalıdır. **Şekiller metin içine yerleştirilirken mutlaka şekilden önce atıfta bulunulmalıdır. Şekil yazılarında (metin içerisinde ve ilgili şekillerin altında) otomatik şekil yazısı stili kullanılmamalı, düz metin şeklinde yazılmalıdır.**

• **Tablolar:** Sayfa sınırlarını aşmayacak şekilde ortalanarak konulmalıdır. Sıra ile numaralandırılmalıdır. Tablo no ve adları, tablonun sol üstünde tek satır boşluk ile sadece ilk kelimenin ilk harfi büyük olacak şekilde yazılmalıdır. Tablo adı yazılırken üstte ve altta birer satır, tablodan sonra yine bir satır boşluk bırakılmalıdır. **Tablolara tablodan önce mutlaka metin içerisinde atıfta bulunulmalıdır.** Tablo satır ve sütunlarındaki rakam ve yazılar Times New Roman 11 punto ile yazılmalıdır. Ancak zorunlu kalınan durumlarda yazı boyutu yazı sınırlarını geçmeyecek şekilde en az 9 puntoya kadar düşürülebilir. **Tablo yazılarında (metin içerisinde ve ilgili tabloda) otomatik şekil yazısı stili kullanılmamalı, düz metin şeklinde yazılmalıdır.**

• **Denklemler:** Metin içerisine yazılacak denklemler, Word yazım programındaki denklem editörü veya MathType editörü ile sola dayalı olarak yazılmalı ve eşitliklere sağa dayalı olarak parantez içerisinde sıra ile numara verilmelidir.

• **Semboller:** Makale çok sayıda sembol içeriyor ya da makaledeki sembollerin açıklanması gerekiyorsa uluslararası standarda uygun olarak, semboller, kaynaklardan önce, Times New Roman 11 punto ile **italik** yazılmalıdır. Makalede ondalık gösterimde nokta kullanılmalı, binlikleri ayırırken virgül kullanılmalıdır.

• **Kaynaklar:** Kaynaklar tez içerisinde “**soyadı ve tarih sistemine**” göre yazılmalıdır. Her kaynak kendi orijinal dilinde verilmelidir. Kaynak eserin yazımının bir satırdan daha uzun olması halinde ikinci satır ve diğer satırlar, **değinilen ilk eserin yazar ilk adının baş harfi hizasından başlayarak yazılmalıdır (yazar soyadının uzun olması durumunda ikinci satır 1 cm içeriden başlamalıdır). Takip eden kaynaklar, ilk kaynağın ikinci satır hizasından başlamalıdır.** Dergi adları ise kısaltma yapılmadan ve altı çizili olarak yazılır. Kaynaklar aşağıda verilen yönergelere göre yazılmalıdır:

1- Metin içerisindeki referanslara atıfta bulunma

1.1. Cümle içerisinde atıf verilen yazar ismine değinildiği durumlarda yıl parantez içerisinde yazılmalıdır.

“Popüler bir çalışmada [Harvey \(1992\)](#) konu ile ilgili olarak”

“[David ve Clifford’a \(2003\)](#) göre ...”

“[Matthews ve Jones \(1997\)](#) yapmış oldukları çalışmalarda ...”

1.2. Cümle içerisinde atıf verilen ancak yazar ismine değinilmeyen durumlarda hem yazar ismi hem de yıl parantez içerisinde yazılmalıdır. Birden çok atıf verilmiş ise iki atıf arası noktalı virgül ile ayrılmalıdır.

“Daha yeni bir çalışma (Stevens, 1988) göstermiştir ...”

“Doğu Pontidler, ‘Kuzey Zon’ ve ‘Güney Zon’ olmak üzere iki bölüme ayrılarak tanımlanmıştır (Özsayar vd., 1981; Güven, 1993).”

1.3. İki ve daha fazla atıf verilmiş ise sıralama yıl temel alınarak geçmişten günümüze doğru yazılmalıdır.

“Eosen ve sonrası gelişmiş volkanik aktiviteler sonucu meydana gelmiştir (Adamia vd., 1977; Şengör ve Yılmaz, 1981; Akıncı, 1984; Arslan vd., 1997; Arslan ve Aslan, 2006; Aslan, 2010).”

1.4. Aynı yazarın birden fazla eserine atıf verilmiş ise, eserlerin yılı dikkate alınarak geçmişten günümüze doğru yazılmalıdır.

“Derinoba ve Kayadibi granitleri (Kaygusuz vd., 2012a,b, 2013), Özdil Granitoyidi, Soğuksu ve Seslikaya granitleri (Kaygusuz vd., 2013, 2016) oluşturmaktadır.”

“Birkaç yazar tarafından tartışıldığı gibi (Smith, 1993, 2003; Brown, 1995; Smith ve Jones, 1997; Green, 2004)...”

1.5. Metin içerisinde yazarı belli olmayan internet kaynaklarına atıf yapılırken, büyük harflerle URL-sıra numarası (,), yıl şeklinde yazılmalıdır.

Örneğin: (URL-4, 2003), (URL 1 ve 2, 2003)

1.6. Kaynakların yazılması sırasında literatürde yaygın olarak bilinen periyodik dergilerin adları açık olarak yazılmalıdır.

Örneğin: *Mineralogy and Petrology*, *Journal of Geology and Mining Research*, *Journal of Food Engineering*, *Gondwana Research*.

2- Kaynaklar (Referanslar) Bölümünün Hazırlanması

2.1. Ulusal ve Uluslararası Makaleler:

Gücer, M.A., Arslan, M., Sherlock, S. ve Heaman, L.M., 2016. Permo-Carboniferous granitoids with Jurassic high temperature metamorphism in Central Pontides, Northern Turkey. *Mineralogy and Petrology*, 110, 943-964.

Le Breton, N. ve Thompson, A.B., 1988. Fluid-absent (dehydration) melting of biotite in metapelites in the early stages of crustal anatexis. *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 99, 226-237.

Gücer, M.A., Aydınçakır, E., Yücel, C. ve Akaryalı, E., 2017. Tersiyer Yaşlı Altınpınar Hornblendli Andezitlerinin (Torul-Gümüşhane) Petrografisi, Mineral Kimyası ve P-T Kristalleşme Koşulları. *Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*. 7 (2), 236-267, doi: 10.17714/gumusfenbil.310263.

Kabul edilmiş ancak sayı almamış veya baskı aşamasındaki makaleler:

Çimen, O., Göncüoğlu, M.C., Simonetti, A. ve Sayıt, K., 2017. Whole rock geochemistry, Zircon U-Pb and Hf isotope systematics of the Çangaldağ Pluton: Evidences for Middle Jurassic Continental Arc Magmatism in the Central Pontides, Turkey. *Lithos*, doi: 10.1016/j.lithos.2017.06.020.

Hoffman, H.J. ve Masson, M., 1994. Archean stromatolites from Abitibi greenstone belt, Quebec, Canada. *Geological Society of America Bulletin*, 106 (baskıda).

2.2. Kitaplar:

Hem, J.D., 1989. Study and Interpretation of the Chemical Characteristics of Natural Waters: USGS Professional Paper, 2254, US Gov. Print. Office, 263p.

Postel, S., 2000. Son Vaha, Su Sıkıntısıyla Karşı Karşıya, (çev: F. Şebnem Sözer), TUBİTAK-TEMA VAKFI yayınları, ISBN 975-403-188-6, Ankara, 218s.

Twiss, R.J., ve Moores, E.M., 1992. Structural geology: New York, W.H. Freeman and Company, 532 p.

Burchfiel, B.C., Hodges, K.V. ve Royden, L.H., 1992. The South Tibetan detachment system, Himalayan orogen: Extension contemporaneous with and parallel to shortening in a collisional mountain belt: Geological Society of America, Special Paper, 269, 41p.

2.3. Tezler:

Dağ, S., 2007. Çayeli (Rize) ve Çevresinin İstatistiksel Yöntemlerle Heyelan Duyarlılık Analizi. Doktora Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Trabzon, 241s.

Tezcan, L., 1993. Karst Akifer Sistemlerinin Trityum İzotopu Yardımıyla Matematiksel Modellemesi, Doktora Tezi, Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Ankara, 125s.

2.4. Raporlar:

Aslaner, M., 1972. Çayeli-Madenköy Cu-Pb-Zn Aramaları Hakkında Kısa Not, MTA Maden Etüd Rap. No. 118.

Baran, I. ve Kasperek, M., 1989. Marine Turtles of Turkey; Status Survey 1988 and Recommendations for Conservation and Management: WWF Report, Heidelberg, 123p.

IAEA, 1992. Statistical Treatment of Data on Environmental Isotopes, Technical Reports Series No.331, IAEA Vienna, 781p.

Akartuna, M., 1953. Çaycuma-Devrek Yenice-Kozcağız Bölgesinin Jeolojisi Hakkında Rapor: MTA Rap. No. 2059 (yayımlanmamış), Ankara.

Altun, İ.E., Şengün, M., Keskin, H., Akçaören, F., Sevin, M., Deveciler, E. ve Akat, M.U., 1990. 1/100.000 Ölçekli Açınsama Nitelikli Türkiye Jeoloji Haritaları Serisi, Kastamonu-B17 Paftası: MTA Gen. Müd. Jeoloji Etütleri Dairesi, Ankara.

2.5. Editörlü Kitaplar:

Zuber, A., 1986. Mathematical models for the interpretation of environmental radioisotopes in groundwater systems. Handbook of Environmental Isotope Geochemistry. Fritz, P. and Fontes, J.Ch. (Eds.), Elsevier, Amsterdam. pp. 1-59.

Akıncı, Ö.T., 1984. The Eastern Pontide volcano-sedimentary belt and associated massive sulphide deposits, in: Dixon, J.E., Robertson, A.H.F. (Eds), The Geological Evolution of the Eastern Mediterranean: Geological Society, London, Special Publications 17(1), 415-428.

Aydın, M., Demir, O., Özçelik, Y., Terzioğlu, N. ve Satır, M., 1995. A geological revision of Inebolu, Devrekani, Ağlı and Küre areas: new observations in Paleotethys-Neotethys sedimentary successions, in: Eler, A., Ercan, T., Bingöl, E., Örcen, S. (Eds.), Geology of the Black Sea region. MTA, Ankara, Special Publication, pp. 33-38.

Boynton, W.V., 1984. Cosmochemistry of the rare earth elements; meteorite studies, in: Henderson, P. (Eds.), Rare earth element geochemistry. Elsevier Science Publishing Co., Amsterdam, pp. 63-114.

Hippolyte, J.C., Müller, C., Kaymakçı, N., Sangu, E., 2010. Dating of the Black Sea basin: New Nannoplankton ages from its inverted margin in the Central Pontides (Turkey), in: Stephenson, R.A., Kaymakci, N., Sosson, M., et al. (Eds). Sedimentary basin tectonics from the Black Sea and Caucasus to the Arabian Platform. Geological Society London Special Publications 340, 113-136.

2.6. Bildiriler Kitabı:

Sualtı Günleri-1999, Türkiye'de Sualtı Görüntüleme, Belgeleme ve Arşivleme Çalışmalarının Günümüzdeki Durumu, 26-27 Şubat 1999, Bildiriler Kitabı (editörler: B. Akinoğlu, M. Draman), Sualtı Araştırmaları Derneği, Ankara, 84s.

2.7. Bildiri Özeti:

Tezcan, L., Gunay, G., Hotzl, H., Reichert, B. ve Solomon, K., 1997. Hydrogeology of the Kirkgozler Springs, Antalya, Turkey. International Conference on Water Problems in the Mediterranean Countries, 17-21 November 1997, Near East Technical University, Nicosia, North Cyprus. p.76.

Bayarı, C.S., Kurttaş, T. ve Tezcan, L., 1998b. Köyceğiz Gölü Karışım Dinamiği: Çevresel İzotoplar ve Üç Boyutlu Yerde Yoğunluk Ölçümleri. MTA Cumhuriyetin 75. Yıldönümü Yerbilimleri ve Madencilik Kongresi Bildirileri, 2-6 Kasım 1998, Ankara, s.104-106.

Gücer, M.A. ve Aslan, Z., 2011. Evaluation of diagenesis and metamorphism relationship by using clay mineral indices in the Yoncaolu (Üzümlü, Erzincan) area. International European Clay Conference, Antalya, Book of abstracts, s. 281.

Akaryalı, E., Aydınçakır, E., Atay, U., Gücer, M.A. ve Türk, E., 2015. Mass change calculation of hydrothermal alteration in Kaletaş-Söğütağlı area (Gümüşhane, NE Turkey). The World Multidisciplinary Earth Sciences Symposium (WMESS), Prague, Abstracts, p. 232.

2.8. Tam Metni Basılı Bildiriler:

Hamarat, S., Ülkenli, H. ve Türe, G., 1998. Türkiye kıyıları Aydıncık-Taşucu Deniz Mağaraları Sualtı Araştırmaları, Sualtı Bilim ve Teknoloji Toplantısı, Aralık 1998, İstanbul, Türkiye, s.105-111.

2.9. Aktüel Dergi ve Gazete Haberi:

Corliss, Richard, 1993. Sept. 13, Pacific Overtures. Time 142(11), 68-70.

Feder, Barnaby J, 1993. December 18, For Job Seekers, a Toll-Free Gift of Expert Advice. New York Times 30 (late ed.).

2.10. İnternet Kaynakları:

Başaran, A., Yıldırım, N. ve Gülal, Z. (2000, 14 Ekim). Depreme karşı nasıl bir bina yapmalı?
Cumhuriyet Bilim Teknik, <http://bilimteknik.cumhuriyet.com.tr/~w/b08.-html>.

OCMIP, 2000., Ocean Carbon-Cycle Model Intercomparison Project, IGBP, Global, Analysis,
Interpretation And Modeling Task Force, <Http://www.lpsl.jussieu.-fr/OCMIP>.

URL-1, www.tdk.gov.tr/TR/Genel/BelgeGoster. 05 Ağustos 2011.



- KARAMAN K.;** A Comparative Analysis of Slope Height Using Simple Methods / *Basit Yöntemlerle Şev Yüksekliğinin Karşılaştırmalı Analizi*.....600-609
- SÜME V., YÜKSEK T., KAYA A.;** Trabzon ve Rize kıyılarındaki T-mahmuzların plaj olarak kullanılabilirliği üzerine alan çalışması / *A case study on the usability of T-head groins as beach at Trabzon and Rize coasts*.....610-619
- HAMZAOĞLU E., KOÇ M.;** Bazı *Dianthus* (Caryophyllaceae) Taksonlarının Türkiye'deki Varlığı Üzerine Bir Araştırma / *A Research on The Presence of Some Dianthus (Caryophyllaceae) Taxa in Turkey*.....620-627
- AKIZ H F.;** I-Dizisel Hausdorff Uzaylar / *I-Sequentially Hausdorff Spaces*.....628-632
- ŞİMŞEK E., ÖZYER B., TÜMÜKLÜ ÖZYER G.;** Fotokapan Görüntülerinde Yerel Öznitelikler ile Nesne Tespiti / *Object Detection on Camera-Trap Images with Local Features*.....633-644
- HACIALIOĞLU E., TAŞDEMİR V., GENÇ H., TOZLU İ.;** Synthesis and Some Reactions of Pyrazole-3-carboxylic acid Having Trifluoromethyl Unit / *Triflorometil Grubuna Sahip Pirazol-3-karboksilik Asit Sentezi ve Bazı Tepkimeleri*.....645-654
- BAŞIBÜYÜK Z., EKİNCİOĞLU G.;** Kırşehir (Akpınar) Bölgesi Lössitlerinin Kaplama Taşı Olarak Kullanılabilirliği / *Usability of Lössites of Kırşehir (Akpınar) Region as Covering Stone*.....655-663
- ÇELİK D., DEMİRTAŞ D.;** Kentsel Tarihi Çevrelerde Sokak Sağlıklaştırma Çalışmaları: Bartın Örneği / *Street Rehabilitation in Urban Historical Environments: The of Case Bartın*.....664-673
- ÜÇÜNCÜ O., BALTACI C., KARATAŞ Ş M., MUSLU A., BÜYÜKÇEKİÇ D., EJDERHA H., ÖZDEMİR E E.;** *Galanthus ikariae* Baker Bitkisinin Toprak Üstü Kısımlarının Uçucu Yağının Kimyasal Bileşimi ve Biyolojik Aktiviteleri / *Chemical Constituents and Biological Activities of Essential Oil from Aerial Parts of Galanthus ikariae Baker*.....674-680
- İSKENDER E.;** Asfalt Kaplama Kalınlığının Karışım Homojenitesi Üzerindeki Etkisi / *Effect of Asphalt Pavement Thickness on Mixture Homogeneity*.....681-690
- SERENCAM U.;** Küçük Hidrolik Santrallerde Kapasite Faktör Analizi ve Giresun Özelinde Bir Uygulama / *Capacity Factor Analysis in Small Scale Hydropower Plants and a Practice Specific to Giresun*.....691-698
- ERSOY TONYALOĞLU E.;** Assessment of Road-Induced Landscape Fragmentation and Implications for Landscape Planning: the case of İzmir Province / *Yollardan Kaynaklanan Peyzaj Parçalanmasının Belirlenmesi ve Peyzaj Planlama Açısından Değerlendirmeler: İzmir İli Örneği*.....699-709
- KINALIOĞLU K., AYDIN S., BİLGİN SÖKMEN B.;** Antimicrobial Potential of *Usnea longissima* Ach. Lichen Against Human Pathogens / *Usnea longissima* Ach. Likenin İnsan Patojenlerine Karşı Antimikrobiyal Potansiyeli.....710-715
- BİLENLER T., GÖKBULUT İ.;** Hastane Patojenlerinin Ticari Uçucu Yağlara Karşı Hassasiyetlerinin Belirlenmesi / *Determination of Sensitivity of Hospital Pathogens Against Commercial Essential Oil*.....716-723
- MUTLU A.;** Hava Kalitesi ve Meteoroloji: Korelasyon, Trend ve Epizot Analizleri / *Air Quality and Meteorology: Analysis of Correlations, Trends and Episodes*.....724-741
- KURT URHAN B., ÖZNLÜER ÖZER T., ÖZTÜRK DOĞAN H.;** PbO-Grafen Elektrot Yüzeyinde Askorbik Asit ile Dopaminin Eşzamanlı Elektrokimyasal Tespiti / *Simultaneous Electrochemical Detection of Ascorbic Acid and Dopamine on PbO-Graphene Electrode*.....742-750
- MİNARECİ O., SUNGUR Ö.;** Akgöl ve Gebekirse Göllerinde (Selçuk, İzmir, Türkiye) Bazı Fiziko-Kimyasal Parametrelerin Mevsimsel Değişimi / *The Seasonal Changes of Some Physico-Chemical Parameters in Akgöl and Gebekirse Lakes (Selçuk, İzmir, Turkey)*.....751-758
- ŞENAY V.;** Optical and Surface Properties of Nanostructured ZnO Semiconductor Thin Films Synthesized by RF Magnetron Sputtering / *RF Magnetron Sıçratma ile Sentezlenen Nano Yapılı ZnO Yarıiletken İnce Filmlerin Optik ve Yüzey Özellikleri*.....759-767
- GÜZEL M., AKPINAR Ö.;** Meyve ve Sebze Kabuklarının Fitokimyasal ve Antioksidan Özelliklerinin İncelenmesi / *Investigation of Phytochemical and Antioxidant Properties of Fruit and Vegetable Peels*.....768-780

GÜNAY AKDEMİR H. ; Beklentile Dayalı Riske Maruz Değer Kriterli Gazete Satıcısı Modeli / <i>News vendor Model with Expectile-based Value at Risk Criterion</i>	781-788
BAYRAKDAR M E. ; Yeraltı Kablosuz Algılayıcı Ağlar için Bulanık Mantık Tabanlı Toplayıcı İstasyon Karar Yaklaşımı / <i>Fuzzy Logic Based Collector Station Decision Approach for Underground Wireless Sensor Networks</i>	789-796
POLAT A. ; Investigation of the Frictionless Contact Problem in A Rigidly Supported Homogeneous Layer by Using FEM / <i>Rijit Olarak Mesnetlenmiş Homojen Tabakada Sürtünmesiz Temas Probleminin Sonlu Elemanlar Metodu ile İncelenmesi</i>	797-807
ÖZEN A. ; Analysis of Inland Aquaculture Sector in Çankırı Province, Problems and Solution Suggestions / <i>Çankırı İlinin Su Ürünleri Sektör Analizi, Sorunlar ve Çözüm Önerileri</i>	808-815
DURSUN M. ; Doğu Anadolu Projesi Bölge Kalkınma İdaresinde Yer Alan Organize Sanayi Bölgelerinin Etkinlik Değerlendirmesi / <i>Efficiency Evaluation of Organized Industrial Zones in East Anatolian Project Regional Development Administration</i>	816-824
AKKAŞ M A., BAYKAŞ T. ; Yüksek Frekanslarda İnsan Derisinin Kablosuz Vücut Alan Ağlarına Etkisi / <i>Human Skin Effects in Wireless Body Area Networks at High Frequencies</i>	825-831